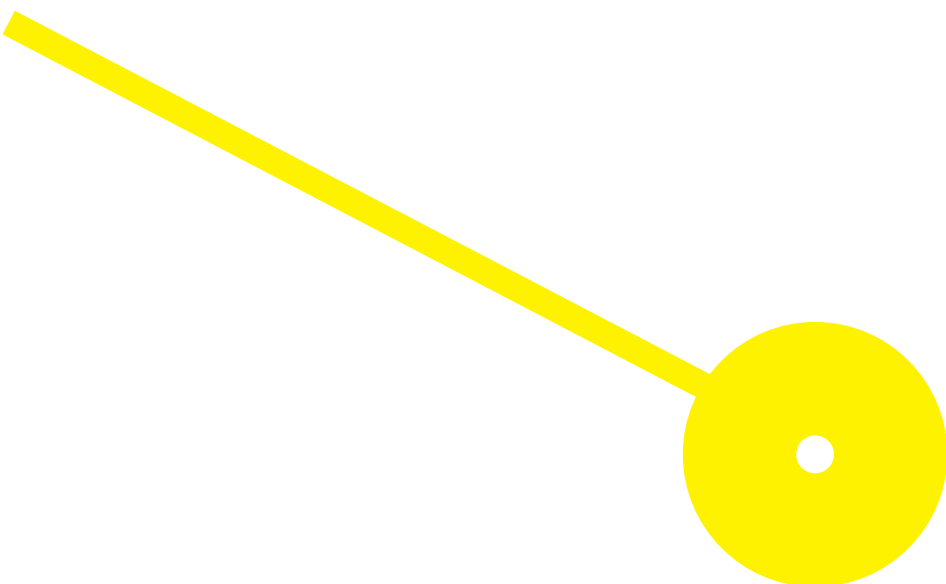




Efeitos do treino dos músculos inspiratórios em atletas de competição: Uma revisão sistemática

José Manuel Mendes Pereira dos Santos

06/2023





**ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE**

Efeitos do treino dos músculos inspiratórios em atletas de competição: Uma revisão sistemática

Autor

José Manuel Mendes Pereira dos Santos

Orientadores:

Professor Doutor Rui Antunes Viana, Professor Adjunto da Escola Superior de Saúde-Fernando

Pessoa

Professora Doutora Ana Silva Alexandrino, Escola Superior de Saúde- Instituto Politécnico do

Porto

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em **Fisioterapia – Opção Cardiorrespiratória pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.**

Agradecimentos

A elaboração de uma dissertação de mestrado é por si só, um processo longo cuja a trajetória é permeada de processos difíceis e sinuosos, com desafios constantes, momentos de incerteza, angústia, mas também momentos de alegrias e euforia. Apesar de maioritariamente ser um processo solitário, ele só é devidamente alicerçado em bases sólidas com a colaboração e contributo de várias pessoas

Em primeiro lugar, gostaria de dar um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Doutor Rui Antunes Viana e a co-orientadora, Professora Doutora Ana Silva Alexandrino pela ajuda inexcedível, pela confiança e disponibilidade no desenvolvimento da dissertação. Agradeço, a orientação e o rigor científico, os quais ajudaram a enriquecer todas as etapas na elaboração do trabalho.

Agradeço à minha mãe pelo apoio incondicional, incentivo e compreensão. Ao meu pai, onde estiver, estará sempre no meu coração.

À minha companheira Rita, agradeço por toda a ajuda, disponibilidade, compreensão e paciência em arranjar inúmeras soluções e conselhos que me encorajaram durante este período.

Por fim, o meu agradecimento especial a todas as pessoas que contribuíram para a concretização deste trabalho do qual me enche de orgulho.

Resumo

Introdução: O treino dos músculos inspiratórios (TMI) com um dispositivo *threshold* tem vindo assumir uma crescente importância para a performance desportiva e o planeamento de treino em atletas de competição. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do treino dos músculos inspiratórios com dispositivo *threshold* na força dos músculos respiratórios, função metabólica, função pulmonar, dispneia e *performance* desportiva em atletas de competição, assim como o objetivo específico de analisar que modalidades desportivas têm mais impacto com esta intervenção.

Metodologia: Esta revisão sistemática foi conduzida em três bases de dados computadorizadas (Pubmed, Web of Science e Scopus), realizada entre Outubro de 2022 e Janeiro de 2023, com a combinação das palavras-chave: *Athletic Performance, Sports, Respiratory Muscle Training, Breathing Exercises, Muscles Strength, Endurance Training, Respiratory Function Tests*, de acordo com as *guidelines* PRISMA e PROSPERO (CRD42023385470). A qualidade metodológica foi avaliada através da Escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) e o risco de avaliação de viés em estudos randomizados controlados através da ROBINS-II.

Resultados: Nove artigos foram elegíveis para inclusão, pontuando 5,5/10 na escala PEDro e incluíram cento e oitenta e três participantes. O TMI melhorou significativamente a força dos músculos respiratórios, a função metabólica e pulmonar e a *performance* desportiva em atletas de competição com efeitos significativos para as modalidades de ciclismo e natação.

Conclusão: A evidência científica sugere que o TMI com *threshold* parece ser uma intervenção relevante em atletas de competição com maior relevância para modalidades como ciclismo e natação.

Palavras-chave: Atletas de competição; Dispositivo *threshold*; Fisioterapia respiratória; *Performance* desportiva; Treino dos músculos inspiratórios.

Abstract

Background: Inspiratory muscles training (IMT) with a threshold device has become increasingly important for sports performance and training planning in competition athletes. **Objective:** To evaluate the effects of IMT with a threshold device on respiratory muscle strength, metabolic function, lung function, dyspnea and sports performance in competition athletes, as well as to analyze which sports have more impact with this intervention.

Methodology: This systematic review was conducted in three computerized databases (Pubmed, Web of Science and Scopus), carried out between October 2022 and January 2023, with the combination of keywords: Athletic Performance, Sports, Respiratory Muscle Training, Breathing Exercises, Muscles Strength, Endurance Training, Respiratory Function Tests, according to PRISMA and PROSPERO guidelines (CRD42023385470). The methodological quality was assessed using the Physiotherapy Evidence Database Scale (PEDro) and the risk of bias assessment in randomized controlled trials using the ROBINS-II.

Results: Nine articles were eligible for inclusion, scoring 5.5/10 on the PEDro scale and one hundred and eighty-three participants were included. IMT significantly improved respiratory muscle strength, metabolic and lung function, and sport performance in competitive athletes with significant effects for cycling and swimming.

Conclusion: Scientific evidence suggests that threshold IMT appears to be a relevant intervention in competition athletes with relevance for modalities such as cycling and swimming.

Keywords: Competition athletes; Inspiratory muscle training; Respiratory Physiotherapy; Sports performance; Threshold device.

Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Metodologia	3
2.1.	Protocolo e registo.....	3
2.2.	Critérios de elegibilidade.....	3
2.3.	Estratégia de pesquisa.....	5
2.4.	Seleção dos estudos	5
2.5.	Extração de dados.....	5
2.6.	Qualidade metodológica e risco de viés.....	6
2.7.	Metodologia e instrumentos.....	7
3.	Resultados.....	8
3.1.	Seleção dos estudos	8
3.2.	Descrição dos estudos incluídos.....	9
3.3.	Qualidade metodológica e risco de viés dos estudos incluídos.....	16
4.	Discussão.....	18
4.1.	Limitações	26
5.	Conclusão.....	27
6.	Referências bibliográficas.....	28
7.	Anexos	34
7.1.	Checklist Prisma	34
7.2.	Escala de PEDro	36
7.3.	Congresso nacional biomecânica 2023- Resumo	37
7.4.	Congresso nacional biomecânica 2023- Poster.....	39

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SINAIS

% - Percentagem;
A. N.MI - Alterações neuromusculares dos membros inferiores;
A. N.MS - Alterações neuromusculares dos membros superiores;
CL - Concentração de lactato;
CO₂ - Dióxido de carbono;
CR - Contra-relógio;
CVF - Capacidade ventilatória forçada;
CVL - capacidade vital expiratória lenta;
DEMI- débito expiratório máximo instantâneo;
Fc - Frequência cardíaca;
FR- Frequência respiratória;
GE - Grupo experimental;
GS - Grupo *sham*;
LA - Limiar anaeróbio;
MeSH - *Medical Subject Headings*;
MI - Membro inferior;
MS - Membro superior;
OCEBM - *Oxford Scale Evidence-Based-Medicine*;
PE_{máx} - Pressão expiratória máxima;
PICO - *Population, Intervention, Comparison, Outcome*;
PI_{máx} - Pressão inspiratória máxima;
PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews*;
PROSPERO - *International Prospective Register of Systematic Reviews*;
RCT- Artigo randomizado controlado;
RER - Relação troca respiratória;
S-Index- força inspiratória dinâmica;
T_{exp} - Tempo expiratório;
T_{insp} - Tempo inspiratório;
TMI - Treino dos músculos inspiratórios;
TMR - Treino músculos respiratórios;
TMR-E -Treino músculos respiratórios- *Endurance*;
TMR-R - Treino músculos respiratórios- Resistência;
TP - Teste de *performance*;
TP-CR - Teste *performance*-contra-relógio;
VCO₂ - Consumo de dióxido carbono;
V_E - Ventilação;
VEMS - volume expiratório máximo instantâneo;
VMV - Ventilação máxima voluntária;
VO₂ - Consumo de oxigénio;
VO_{2máx} -Consumo máximo oxigénio (mL/kg min);
V_T -Volume tidal;
W_{Lim} - T_{Lim}- Relação trabalho limite/tempo limite;

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Critérios de elegibilidade (estratégia PICO).....	4
Tabela 2- Características da população.....	11
Tabela 3- Parâmetros avaliados nos artigos randomizados.....	12
Tabela 4- Sumário da intervenção e resultados de cada estudo.....	13
Tabela 5- Qualidade metodológica dos estudos segundo a escala de PEDro.....	16
Tabela 6- Risco de viés de artigos randomizados controlados (ROBINS-II).....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma da seleção dos estudos.....	8
---	---

1. Introdução

O sistema cardiorrespiratório é um importante sistema de suporte ao movimento humano. É aquele cujo os limites são mais testados, condicionando por isso a capacidade de *performance* ao exercício devido ao aumento ventilatório e consequente fadiga dos músculos respiratórios (Cunha et al., 2019).

A fadiga dos músculos respiratórios inibe os atletas de competição de alcançarem o máximo das suas competências, conduzindo à ativação do metaboreflexo, à diminuição da ativação do sistema simpático e à vasoconstrição progressiva, refletindo-se em processos biológicos como a diminuição do transporte de oxigénio para os grupos musculares periféricos, a menor perfusão capilar ao nível locomotor e a redução da força dos músculos respiratórios na pressão inspiratória máxima ($PI_{m\acute{a}x}$) (McConnell, 2011).

A diminuição da força dos músculos respiratórios durante a atividade física vigorosa e prolongada faz com que a resistência muscular do músculo liso das vias respiratórias diminua em resposta ao aumento do trabalho respiratório e à dispneia (Fernández-Lázaro et al., 2021). No entanto, Romer et al. (2001) mencionaram que o planeamento do treino dos músculos inspiratórios (TMI) em atletas de competição faz com que a extensão da fadiga após uma prova seja menor nos atletas que executam este tipo de protocolo.

O planeamento de treino em atletas de competição adota estratégias nas quais o TMI ocupa um lugar importante, tendo esta intervenção como objetivo aumentar a tolerância ao exercício, promovendo uma redução da fadiga ventilatória através de mecanismos como o aumento da hipertrofia do diafragma, o aumento do fluxo sanguíneo para os músculos periféricos, a diminuição da dispneia, a otimização do controlo neuromotor nos músculos respiratórios mantendo a produção de $PI_{m\acute{a}x}$ com um menor impulso e o incremento da eficiência e *endurance* respiratória (Fernández-Lazaro et al., 2021).

O treino de *performance* sugere ainda a importância do TMI coadjuvado com um *threshold* de pressão inspiratória, com o mesmo a induzir alterações que resultam numa melhoria a nível de

transporte de oxigénio quando os atletas são submetidos a exercício moderado a vigoroso (HajGhanbari et al., 2013).

A associação destes dispositivos de TMI como acessórios de treino de *performance* e em protocolos de intervenção em atletas de competição, parece que se tem tornado um fator significativo na sua *performance*, sendo debatida pela comunidade científica (Fernández-Lázaro et al., 2021).

O estudo randomizado controlado de Chang et al. (2021) que reporta uma alteração significativa num programa de quatro semanas com atletas de atletismo, vem também reforçar o impacto significativo que o uso do *threshold* promove no aumento de força dos músculos inspiratórios, refletindo ter um efeito positivo na hiperpneia e taquipneia dos atletas durante a sua *performance* desportiva, aumentando a tolerância ao esforço e uma menor fadiga.

Apesar de existir evidência sobre o TMI, a mesma revela lacunas quando se analisa a influência que o mesmo tem no treino de resistência, especificando a relação existente entre o $VO_{2máx}$ (consumo máximo oxigénio), a força dos músculos respiratórios, a *performance* desportiva e a dispneia, confirmando existir uma falta de consistência em artigos publicados em atletas de competição (Fernández-Lázaro et al., 2021). Ainda de acordo com Fernández-Lázaro et al. (2021), é também importante uniformizar metodologia de TMI adequada a cada modalidade, bem como perceber que parâmetros da função pulmonar afetariam significativamente a sua *performance* desportiva.

Nesse sentido, torna-se importante entender que fatores podem promover significativo efeito na sua *performance*, compreender que tipo de modalidade irá beneficiar mais deste tipo de intervenção.

Esta revisão sistemática tem como objetivo avaliar os efeitos do TMI com dispositivo *threshold* na força dos músculos respiratórios, função metabólica, função pulmonar, *performance* desportiva e dispneia em atletas de competição, assim como o objetivo específico de analisar que modalidades desportivas sofrem mais impacto com esta intervenção.

2. Metodologia

2.1. Protocolo e registo

Esta revisão sistemática foi elaborada com as recomendações da *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews* (PRISMA), apresentando um fluxograma de três etapas e vinte e sete itens devidamente discriminados e preenchidos com o número de página e identificação da linha onde se pode encontrar a informação para cada item da *checklist* (Page et al., 2020). (Anexo I)

Esta revisão foi submetida no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO) com o título “Efeitos do treino dos músculos inspiratórios em atletas de competição: Uma revisão sistemática” e com o número de registo **CRD42023385470**.

2.2. Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade foram determinados pela equipa de investigação.

Antes de formular a pesquisa, especificou-se a questão de investigação de acordo com o modelo predefinido pelo acrónimo PICO: *Population, Intervention, Comparison e Outcome* (Donato e Donato, 2019). A escolha dos artigos não teve limite temporal e obedece a critérios de elegibilidade de acordo com o PRISMA (Page et al., 2020).

Na tabela 1 são especificados os critérios de elegibilidade.

Tabela 1. Critérios de elegibilidade (estratégia PICO- Population; Intervention; Comparison; Outcome)

Critérios de elegibilidade		
Características	Critérios de inclusão	Critérios de Exclusão
População	<ul style="list-style-type: none"> • Atletas de competição; • Atletas com modalidade definida; 	<ul style="list-style-type: none"> • Indivíduos saudáveis, não atletas; • Indivíduos com doenças respiratórias comorbilidades ou fisicamente inaptos; • Indivíduos com diagnóstico patologia pulmonar, cardíaca, músculo-esquelética, deficiência cognitiva; • Indivíduos já inscritos em programas de TMI
Intervenção	<ul style="list-style-type: none"> • Exercício de intensidade moderada a vigorosa (> 65% $VO_{2máx}$); • Intervenção TMI com <i>threshold</i> em coadjuvação com treino alta <i>performance</i>; 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervenções que associem ou comparem a fisioterapia com terapias farmacológicas; • Intervenções com terapia farmacológica intravenosa;
Comparação	<ul style="list-style-type: none"> • Entre grupos de intervenção de protocolos de treino dos músculos respiratórios em atletas e grupos de <i>sham</i> ou controlo (submetidos a intervenção fisioterapia ou sem qualquer intervenção). 	N.A
Outcome	<ul style="list-style-type: none"> • Força dos músculos respiratórios; Função metabólica; Função pulmonar; Performance desportiva e Dispneia. 	N.A
Desenho de estudo	<ul style="list-style-type: none"> • RCT. 	<ul style="list-style-type: none"> • Outro tipo de estudos.
Outras características	<ul style="list-style-type: none"> • Artigos em inglês. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artigos de outros idiomas.

N.A- Não aplicável; **RCT-** Artigo randomizado controlado; **TMI-** Treino dos músculos inspiratórios; **$VO_{2máx}$ -** Consumo máximo oxigénio (mL/kg.min)

2.3. Estratégia de pesquisa

Foi efetuada posteriormente uma pesquisa computadorizada, realizada entre Outubro de 2022 a Janeiro de 2023 nas bases de dados Pubmed, Web of Science e Scopus, de forma a identificar estudos randomizados controlados (RCT) que referissem os efeitos dos músculos respiratórios em atletas de competição, conduzida por dois investigadores (J.S e R.V).

A pesquisa teve em consideração os termos controlados e descritos como *Medical Subject Headings* (MeSH) (Donato e Donato, 2019), organizados hierarquicamente por categorias de assunto chegando às seguintes palavras-chaves: *Athletic Performance, Sports, Respiratory Muscle Training, Breathing Exercises, Muscles Strength, Endurance Training, Respiratory Function Tests*, usando os operadores de lógica (AND, OR). Na realização da pesquisa foi utilizada a seguinte combinação: *(Athletic Performance OR Sports) AND (Respiratory Muscle Training OR Breathing Exercises) AND Muscle Strength AND Endurance Training AND Respiratory Function Test*.

2.4. Seleção dos estudos

Todos os artigos identificados nas bases de dados foram incluídos no processo de triagem e os duplicados removidos. Os dois investigadores (J.S e R.V) analisaram os títulos e resumos dos artigos quanto à sua relevância e averiguaram artigo completo quando o título e o resumo não forneciam informação suficiente. Uma vez identificados os estudos potencialmente relevantes, os artigos com texto completo foram avaliados para elegibilidade de acordo com os critérios de inclusão previamente estabelecidos.




2.5. Extração de dados

As informações de cada artigo foram extraídas pelos dois investigadores (J.S e R.V). Para cada estudo foram apresentadas as características dos estudos incluídos (Tabela 2), os parâmetros avaliados em cada estudo (Tabela 3) e intervenção e resultados obtidos em cada estudo (Tabela 4).

2.6. Qualidade metodológica e risco de viés

A qualidade metodológica de cada um dos artigos incluídos foi avaliada pelos dois investigadores independentes usando a escala de pontuação *Physiotherapy Evidence Database Scale* (Escala de PEDro) (Tabela 5) (Anexo II).

A escala de PEDro avalia e quantifica a qualidade metodológica de artigos RCT. Esta escala é composta por onze critérios, sendo que o primeiro critério diz respeito à validade externa (generalização ou aplicação do estudo clínico), não entrando no cálculo do *score* final da escala de PEDro, tendo uma pontuação final que está determinada pelo *score* de dez critérios avaliativos. Os artigos que obtiverem um maior *score* apresentam uma maior qualidade metodológica (De Morton, 2009).

O risco de avaliação de viés em estudos individuais foi analisado utilizando a segunda versão da *Cochrane Tool for assessing risk of bias in randomised controlled trials* (ROBINS-II). Esta ferramenta está estruturada em cinco domínios de possíveis viés, entre eles: possível viés no processo de randomização (D1), possível viés no processo de intervenção (D2), possível viés devido a resultados ausentes (D3), o possível viés na avaliação dos resultados (D4) e possível viés na interpretação dos resultados obtidos (D5). O risco geral de viés é classificado em três categorias: Risco baixo , alguma preocupação  e risco elevado  (Eldridge et al., 2021). A classificação final encontra-se na Tabela 6.

Foram também descritas informações relativas ao nível de evidência do *Oxford Scale Evidence-Based-Medicine* (OCEBM), bem como o nível de recomendação (Burns et al., 2011). (Tabela 2). Os níveis de evidência para estudos RCT estão hierarquizados tipo de estudo: RCT com tamanho amostral grande e resultados claros (I); RCT com tamanho amostral pequeno e de resultados pouco claros (II); Estudos coorte e caso-controlo (III); estudos de series sem grupo controlo (IV). A força de recomendação é quantificada por recomendação A- forte recomendação com nível evidência nível I; B- evidências consistentes; C- evidências são inconsistentes; D- pouca ou nenhuma evidência (Burns et al., 2011).

Discordâncias na pontuação foram resolvidas pelos investigadores em discussão oral. Um consenso foi alcançado em todos os estudos na primeira reunião.

2.7. Metodologia e instrumentos

O TMI é considerado um método de treino onde é aplicada carga externa durante a inspiração e expiração. O *threshold* de pressão inspiratória é um dispositivo utilizado como método de treino que permite a entrada de fluxo de ar através de uma inspiração ou expiração a uma determinada pressão, que pode ser ajustável através da $PI_{máx}$ e da pressão expiratória máxima ($PE_{máx}$) de um atleta (Fernández-Lázaro et al., 2021). O utilizador ventila através de um dispositivo que contém uma válvula inspiratória e uma mola carregada que gera pressão inspiratória. De forma a haver pressão negativa, o utilizador deve exercer uma pressão que ultrapasse a resistência exercida no *threshold* (McConnell, 2011). É utilizado como acessório para o treino diário de atletas que têm o objetivo de estabelecer ajustes que possam ser um diferencial na *performance* em competição (Fernández-Lázaro et al., 2021).

Os atletas foram classificados como de competição ou elite de acordo com o quadro de classificação e performance em atletas (McKay et al., 2022). Foi atribuído nível 3 a atletas de competição, altamente treinados e que estão inseridos a nível de uma competição nacional e nível 4 a atletas de elite competindo em provas a nível internacional.

3. Resultados

3.1. Seleção dos estudos

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma da revisão sistemática. Foram pesquisados um total de cento e setenta e três artigos nas bases de dados, tendo este número sido reduzido para cento e dois com a remoção de artigos duplicados. De seguida, foram retirados trinta e oito artigos por não serem randomizados controlados e cinquenta e quatro artigos por não responderem aos critérios de inclusão. Após aplicação de critérios de elegibilidade por leitura do título, resumo e texto completo foram selecionados nove artigos controlados randomizados alvos de análise nesta revisão sistemática.

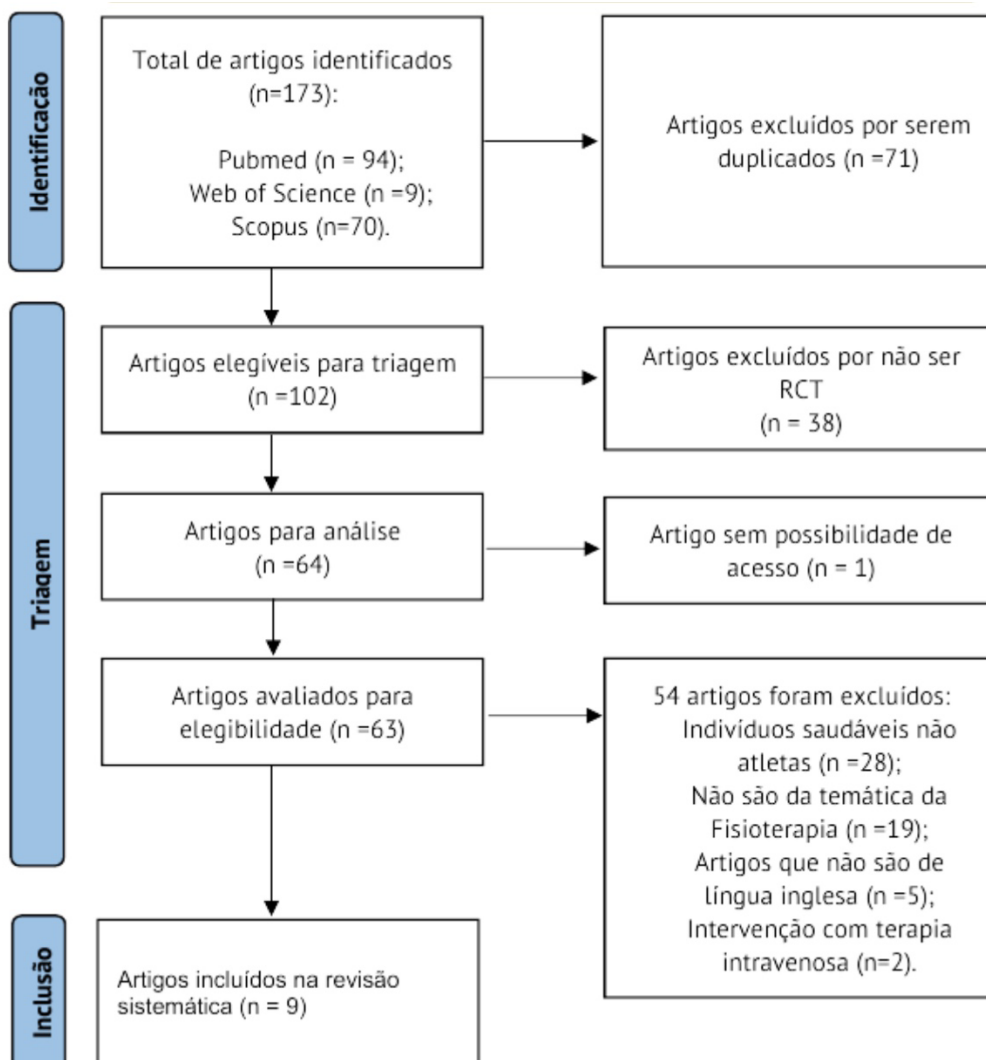


Figura 1. Fluxograma da seleção de literatura de acordo com os critérios para revisões sistemáticas e meta-análise (*PRISMA*) (Page et al., 2020)

3.2. Descrição dos estudos incluídos

Na totalidade dos artigos incluídos, participaram um total 183 participantes (a amostra mínima usada foi de 16 e a máxima de 30 indivíduos), com uma média de idade de 23,87 anos e uma variedade de modalidades desportivas: ciclismo (três artigos), natação (dois artigos), remo (dois artigos), rugby (um artigo) e futebol (um artigo). Os nove artigos avaliaram a força dos músculos respiratórios, função pulmonar e *performance* desportiva, quatro a função metabólica e três a dispneia em atletas de competição.

Força dos músculos respiratórios

Através dos estudos incluídos, sete investigações revelaram alterações significativas no $PI_{máx}$ em diversas modalidades como: ciclismo (Sonetti et al., 2001; Johnson et al., 2007), remo (Riganas et al., 2008; Forbes et al., 2011), natação (Wylegala et al., 2006), rugby (Júnior et al., 2017), futebol (Mackala et al., 2019). Três artigos encontraram alterações significativas na $PE_{máx}$ no final do protocolo de intervenção na modalidade de futebol (Mackala et al., 2019), rugby (Júnior et al., 2017) e remo (Forbes et al., 2011). Um artigo encontrou resultados significativo na pressão inspiratória (P_{insp}) e na força inspiratória dinâmica (S-Index) (Yañez-Sepulveda et al., 2021) na modalidade de natação.

Função metabólica

A investigação de Johnson et al. (2007) revelou existir modificação no limiar anaeróbio (LA) em atletas após o TMI na modalidade de ciclismo. No que diz respeito à concentração lactato (CL) as investigações de Sonetti et al. (2001) e Riganas et al. (2008) não apresentaram alterações significativas e não existiram alterações significativas na investigação de Forbes et al. (2011), em relação a variações neuromuscular membro superior (A.N.MS) e neuromuscular membro inferior (A.N.MI).

Função pulmonar

No que diz respeito à função pulmonar após o protocolo de intervenção, quatro investigações descreveram alterações significativas na capacidade ventilatória forçada (CVF) em modalidade como natação (Wylegala et al., 2006; Yañez-Sepulveda et al., 2021), ciclismo (Sonetti et al., 2001) e futebol (Mackala et al., 2019), quatro investigações relataram variações significativas na ventilação máxima voluntária (VMV) em natação (Wylegala et al., 2006; Yañez-

Sepulveda et al., 2021), rugby (Júnior et al., 2017) e remo (Riganas et al., 2008), três investigações referem alterações significativas na frequência respiratória (FR) em ciclismo (Sonetti et al., 2001; Gonzalez-Montesinos et al., 2021) e natação (Wylegala et al., 2006), três artigos descrevem alterações no volume expiratório máximo instantâneo (VEMS) em modalidades desportivas como natação (Wylegala et al., 2006; Yañez-Sepulveda et al., 2021) e futebol (Mackala et al., 2019). Dois artigos relataram alterações significativas no consumo dióxido carbono na modalidade de ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021; Johnson et al., 2007), na ventilação (V_E) em ciclismo (Sonetti et al., 2001; Gonzalez-Montesinos et al., 2021) e volume tidal (V_T) no ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021) e natação (Wylegala et al., 2006). Os artigos incluídos nesta revisão sistemática ainda descrevem alterações significativas em parâmetros cardiorrespiratórios como frequência cardíaca em ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021) e pulmonares como a capacidade vital expiratória lenta (CVL) na natação (Wylegala et al., 2006), equivalente respiratório oxigénio em ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021), débito expiratório máximo entre 25% e 75% do ar expirado na modalidade de natação (Yañez-Sepulveda et al., 2021), relação troca respiratória (RER), débito expiratório máximo instantâneo (DEMI), tempo inspiratório (T_{insp}), tempo expiratório (T_{exp}) e consumo de oxigénio (VO_2) em ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021).










Performance desportiva

Em cinco artigos foi demonstrado alterações significativas na pico de *performance* (PP) dos atletas durante a atividade desportiva nas modalidades de natação (Wylegala et al., 2006; Yañez-Sepulveda et al., 2021), futebol (Mackala et al., 2019), ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021) e rugby (Júnior et al., 2017). Quatro investigações indicaram ter melhorado o tempo de contra-relógio (CR) durante a prova de teste nas modalidades de ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021; Johnson et al., 2007) e natação (Wylegala et al., 2006; Yañez-Sepulveda et al., 2021). Em relação ao $VO_{2máx}$ os artigos de Gonzalez-Montesinos et al. (2021) em ciclismo e Wylegala et al. (2006) em natação, apresentaram um *score* significativo em relação à *baseline*.

Dispneia

No que diz respeito à sensação subjetiva de esforço, três investigações referiram não ter encontrado alterações significativas em relação à sensação de dispneia (Sonetti et al., 2001; Riganas et al., 2008; Forbes et al., 2011).

Tabela 2. Características da população

Autores, ano	Características dos atletas							
	NE (OCEBM)	FR (OCEBM)	País	Género	Frequência de intervenção	População/ Valores antropométricos (média ± DP)	Modalidade desportiva	Nível competitivo
Sonetti et al., 2001	II	B		17 ♂	5 sem (5 dias/sem; 30-35 min/sessão; 25 sessões)	n=17; GE: 9; GS: 8; Id: 24.2±4.9; Alt: 179.2±3.8; P: 74.1±6.8; VO _{2máx} : 54,9±3.8;	Ciclismo	Elite
Mackala et al., 2019	II	B		16 ♂	8 sem (4 dias/sem; 2h/sessão, 32 sessões)	n=16; GE: 8; GC:8; Id: 17.63±0.48; Alt: 182±0.05; P: 68,9±4.48; VO _{2máx} : 55,1±1.88;	Futebol	Competição (Nacional)
Gonzalez-Motesinos et al., 2021	II	B		18 ♂	9 sem (144h total sessões);	n=18; GE: 10; GC: 8; Id: 36±10; Alt: 175±0.1; P: 71.7±6.7; VO _{2máx} : 53,45±5.05	Ciclismo	Elite
Johnson et al., 2007	II	B		18 ♂	6 sem (7 dias/sem; 2x/dia; 84 sessões); GS (5 dias/sem; 15 min/sessão; 30 sessões)	n=18; GE: 9; GS: 9; Id: 30.8 ±8.2; Alt: 179.1±6.3; P: 74.7±7.1;	Ciclismo	Competição
Wylegala et al., 2006	II	B		30 ♂	8 sem, 2 fases: Prior-PI: 4 sem (3x/sem); PI:4 sem (5 dias/sem; 30 min/sessão; 20 sessões)	n= 30; GE: (TMR-R:10 + TMR-E: 10); GS: 10 ; id: 23.4±4.3; Alt: 180.1±6.4; P: 82.4±10.4;	Natação	Competição (Nacional)
Júnior et al., 2017	II	B		25 ♂	12 sem (3 dias/sem; 2h/sessão; 36 sessões)	n=20 (n _{inicial} =25); GE: 10; GC: 10; Id: 22.5 ±2; Alt:178.5±3.5; P: 86.5±6; VO _{2máx} : 17,2; ±35.5	Rugby	Competição (Nacional)
Yañez-Sepulveda et al., 2021	II	B		19 ♂	4 sem (7 dias/sem; 28 sessões)	n= 15 (n _{inicial} = 19); GE:10; GS: 9; Id: 15.1±1.1; Alt: 173.5±6.7; P: 62.1±6.9	Natação	Elite
Riganas et al., 2008	II	B		12 ♂; 7 ♀	6 sem (5 dias/ sem; 50 min/sessão) 30 sessões	n=19; GE: 11; GC: 8; Id: 21.7±5.5; Alt: 179.1±7.5; P: 78; VO _{2máx} : 51,8;	Remo	Competição
Forbes et al., 2011	II	B		9 ♂; 12 ♀	10 sem; TF: 1 dia/sem e TE: 2 dias/sem	n=21; GE: 12 (H:6 e M:6) e GS: 9(H:3 e M:6); Id: 22.5 ±10; Alt: 170.4 ±6.9; P: 72.4±8.6;	Remo	Competição (Nacional)

♂ - Masculino; ♀ - Feminino; Alt- Altura (cm); DP- Desvio padrão; FR- Força de recomendação; GC- Grupo controlo; GE- Grupo experimental; GS- Grupo sham; Id-Idade (anos); n- Número da amostra; NE- Nível de evidência; OCEBM- *Oxford Scale Evidence-Based-Medicine*; P- Peso (Kg); TMR-E- Treino dos músculos respiratórios-endurance; TMR-R- Treino músculos respiratórios-resistência; VO_{2máx} - Consumo máximo de oxigénio (ml/kg/min); Sem- Semanas; TE- Treino endurance; TF- Treino de força

Tabela 3. Parâmetros avaliados nos artigos randomizados.

		Parâmetros								
		Sonetti et al., 2001	Mackala et al., 2019	Gonzalez-Motesinos et al., 2021	Johnson et al., 2007	Wylegala et al., 2006	Júnior et al., 2017	Yañez-Sepulveda et al., 2021	Riganas et al., 2008	Forbes et al., 2011
Força dos músculos respiratórios	PI _{máx}	↑•	↑•	→	↑•	↑•/→	↑•	↑•	↑•	↑•
	PE _{máx}	↑	↑•	→	→	↑	→	↑•	↑	↑
	P _{Insp}	↑				↑		↑•		↑
	S-Index									
Função metabólica	CL	→							→	
	LA				↑•					
	A.N.MS									↑
	A.N.MI									↑
Função Pulmonar	C _{Insp}								↑	
	CV	↑	↑			↑			→	
	Fc	→	↓	↑•	→	→				
	CVF	↑•	↑•			↑•	↑	↑•	↑	→
	CVL					↑•			↑	
	EqO ₂			↑•						
	DEM _{25%-75%}							↑•		
	FR	↑•		↑•		↑•				→
	DEMI		↑			↑		↑•		→
	RER		↑	↑•	→					
	T _{insp}			↑•		↑•				
	T _{exp}	↑		↑•		↑•				
	VCO ₂	→		↑•	↑•	↑•				
	V _E	↑•	↑	↑•	→	→	→	↑•	→	→
	VEMS	↓	↑•			↑•	↓	↑•		→
	VEMS/CVF	→				↑•	→	↓	↑•	→
	VMV	→				↑•	↑•	↑•	↑•	→
VO ₂	→	↑	↑•	→	→				→	
V _T	↓		↑•		↑•				→	
Performance Desportiva	PP	↑	↑•	↑•	↑	↑•	↑•	↑•	→	→
	t	↑		↑•	↑•	↑•		↑•	↑	→
	VO _{2máx}	↑	↑	↑•	→	↑•			→	→
Dispneia	PSE	→						↓	→	

↑- GE > GC ou GS; ↓- GS ou GC > GE; → -Inalterado; "•" - Estatisticamente significativo; **A.N.MI**- Alteração neuromuscular membro inferior; **A.N.MS**- Alteração neuromuscular membro superior; **CI**- Capacidade inspiratória; **CL**- Concentração sanguínea lactato; **CV**- Capacidade vital; **CVF**- Capacidade ventilatória forçada; **CVL**- capacidade vital expiratória lenta; **DEM_{25%-75%}**- débito expiratório máximo entre 25% e 75% do ar expirado; **DEMI**- débito expiratório máximo instantâneo; **EqO₂**- Equivalente respiratório oxigênio; **Fc**- Frequência cardíaca; **FR**- Frequência respiratória; **LA**- Limiar anaeróbico; ; **PE_{máx}**- Pressão expiatória máxima; **PI_{máx}**- Pressão inspiratória máxima; **P_{Insp}**- Pressão inspiratória; **PP**- Pico performance; **PSE**-Percepção subjetiva de esforço; **RER**- Relação troca respiratória; **S- Index**- Força inspiratória dinâmica; **t** - tempo (minutos); **T_{exp}**- Tempo expiratório; **T_{Insp}**- Tempo inspiratório; **VCO₂**- Consumo de dióxido carbono; **V_E**- Ventilação; **VEMS**- volume expiratório máximo instantâneo; **VEMS/CVF**- Índice *Tiffeneau*; **VMV**- Ventilação máxima voluntária; **VO₂**- Consumo oxigênio; **VO_{2máx}**- Consumo máximo oxigênio (mL/kg-min); **V_T**- Volume tidal.

Tabela 4. Sumário da intervenção e resultados de cada estudo

Autores, ano	Intervenção	Resultados
Sonetti et al., 2001	<p><i>Baseline:</i> Teste FP, FMR; TP ($VO_{2máx}$, carga fixa e CR 8km)-cicloergómetro; CL (medido TP ciclismo com carga fixa); $PI_{máx}$ medido antes de cada teste (<i>threshold</i> \neq GE e GS); PI: GE TMR-R hiperpneia (30 min W_R dinâmico) com \uparrow de 50-60% VMV; FR 50-60/1min30) medido por metrômetro digital+50% $PI_{máx}$ (POWERbreathe®) até falha, \uparrow/sem; GS: = <i>Threshold</i> que GE sem carga (cascalho de aquário).</p>	<p>Alt sig na carga de TMR (>inspirações/sessão de treino e na P_{insp} acumulada) ($p<0,05$), \uparrow sig de FR e V_E no GE ($p<0,05$); $PI_{máx}$ sig após PI no GE ($p<0,05$); GE e GS com \uparrow sig no t de desempenho do TP resistência de ritmo de trabalho fixo (16%) e PT alcançado durante a prova incremental de $VO_{2máx}$ (6%); GE com desempenho sig na prova CR ($p<0,01$) sem diferenças na resposta ventilatória após PI no GE e GS; CL sem alt sig no GE e GS (medido durante TP e 9 min após término da prova).</p>
Mackala et al., 2019	<p><i>Baseline:</i> Teste FP dinâmica e endurance aeróbica (teste <i>Cooper</i>- avaliação indireta do $VO_{2máx}$); <i>Threshold</i> (Philips®) carga individual de acordo com o $PI_{máx}$; GE: <i>Threshold</i> (5 reps-1ª sem com 40% $PI_{máx}$); 1-2ª sem (45% $PI_{máx}$); >75% $PI_{máx}$ (até 8ª sem); TEI: corrida constante com 10 a 15 reps x 0,1km (65%-70% $VO_{2máx}$ (1 dia/semana); > 4ª sem, 2 km corrida com TI submáximo (3 series 5 reps/0,2 km a 75%-80% $VO_{2máx}$; 5-8ª sem 45s/0,2km (5ª sem) e 38s/0,2km (>5ª sem).</p>	<p>Diferenças sig no $PI_{máx}$ ($p=0,0026$) e $PE_{máx}$ ($p=0,0046$) após 8ª sem; Alt sig $PI_{máx}$ (62,8%) e $PE_{máx}$ (100%) no GE relativamente à <i>baseline</i>; Alt sig de CVF GE e VEMS GE+GC; O GE 5,06% na DP (teste <i>Cooper</i>) de 0,150km ($p=0,001$) (maior desempenho na TP sem alt sig da Fc); GC teste <i>Cooper</i> com alt sig de 2,1% (+0,078km); $VO_{2máx}$ alt sig em GE (6% $p=0,0001$) e GC (2,5% $p=0,0002$) no pré-pós teste <i>Cooper</i>.</p>
Gonzalez-Motesinos et al., 2021	<p><i>Baseline:</i> Teste FP; eletrocardiograma; FMR; TP (cicloergómetro incremental 30 watts/min com rotação 80-85 rpm/min); GE: TMR+ <i>Threshold</i> (4mm- 1ª/ 2ª sem, 5mm- até 4ª sem; 6mm- >7ª sem); intensidade de treino-GE+GC (<75% L.A; 75%-90% LA; 95%-100% LA; 100%-105%; 105%-$F_{Cmáx}$).</p>	<p>GE obteve menor <i>score</i> no pós-pré PI em parâmetros como: V_E, FR, VCO_2, EqO_2, Fc, RER e PT; (diferenças intra-grupo); Entre grupos houve diferenças no $VO_{2máx}$ ($p<0,05$); Sem diferenças sig entre grupos no $PI_{máx}$ e PSE.</p>
Johnson et al., 2007	<p><i>Baseline:</i> Teste FP; TP (CR 25km) e 3 testes submáximos (potência constante) PI: GE utilizou <i>threshold</i> POWERbreathe® (2x/dia, 30 reps inspiraões 50% $PI_{máx}$, \uparrow (%carga) durante sem que permitisse realizar 30 reps; GS: treino hipóxico- <i>threshold</i> sem % carga 15 min, 5 dias/sem.</p>	<p>GE observou-se alt sig do $PI_{máx}$ nas 2ª sem ($p<0,05$), 4ª sem ($p<0,01$) e 6ª sem ($p<0,01$); No GE, CR diminuiu tempo(min) ($p<0,05$) e sem alt sig no GS; Melhorias sig no desempenho no tempo CR ($p<0,05$) e parciais de 5 km essencialmente a 15, 20 e 25 km com diminuição de VCO_2 e sem resposta sig fisiológica no V_E, VO_2, RER, Fc; Na relação $W_{Lim} - T_{lim}$ houve alt sig no LA do GE ($p<0,05$); Alt do $PI_{máx}$ no TP (10-20km) com redução na $PI_{máx}$ a 3 min e a 15 min pós-teste quando comparados com <i>scores</i> pré-teste houve reduções induzido pelo exercício no $PI_{máx}$ no GE e GS.</p>
Wylegala et al., 2006	<p>Prior PI: GE+GC: TB 4 sem (3x/sem)-TI (10min- IN/ 10 min- Out com $F_{Cmáx} >80\%$); <i>Baseline:</i> Teste FP; FMR; $VO_{2máx}$; Endurance nado (> 75% $F_{Cmáx}$ até exaustão); PI: GE: TMR-E+TMR-R, realizavam treino com peça bucal com saco plástico conectado (monitorização PP e FR); GS: PI+válvula respiratória (sem bolsa): realizavam 10 seg de apneia CVT/ 90 seg- 30 min (1ª sem). Sendo reduzido 10 seg/semana; TMR-R- P_{insp} versus pressão abertura 50 cmH2O (fase insp: CVT+fase exp: até VR (a cada 30 seg durante 30 min- 60 reps/sessão- Feedback visual e auditivo);</p>	<p>O $VO_{2máx}$ \uparrow sig (cerca de 17%) em todos os participantes durante NS (prior-PI) ($p<0,001$); Alt sig no $PI_{máx}$ (10.8%) e $PE_{máx}$ (15.2%); No grupo TMR-R a resistência respiratória \uparrow sig em 30,7%; No grupo TMR-E houve pequenas \uparrow na VMV (7,4%), CVL (2,6%), CVF (2,6%) e VEMS (3,1%), sem alt do $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$. A endurance muscular respiratória \uparrow 216,7% no pós-treino (Sig); Endurance nado: o $t_{médio}$ de nado sig no TMR-R (33,2%) e TMR-E (38,1%);</p>

	TMR-E: vol saco plástico inicial (55% CVL do participante e FR 60% VMV); FR calculada/sessão solicitada ao participante para \uparrow 1-2 ventilações/min > 20 min de treino Quando a FR >50 ventilações era \uparrow em 0,1L/vol.	NP: o $t_{\text{médio}}$ sig TMR-R (66%) e TMR-E (26%), observando 89% total participantes TMR-R e 39% TMR-E (pré-pós RMT); VO_2 subaquático e resposta Fc sem alt.
Júnior et al., 2017	<i>Baseline</i> : Teste FP, FMR e TP (teste <i>Yoyo</i>); PI: GE 10 min alongamento MS e MI+10 de aquecimento (10 reps/min com <i>threshold</i> (BreatherPlus®)+TMI (30 reps 80% $PI_{\text{máx}}$, progredindo a carga a partir 4ª sem;GC: o mesmo protocolo que o GE, no entanto sem carga no <i>threshold</i> .	Valores da função pulmonar como CVF, VEMS, VEMS/CVF não apresentaram alt sig; VMV: 22% ($p=0,03$); $PI_{\text{máx}}$: 38% (0,04); $PE_{\text{máx}}$: 32% (0,02) e DP: 13% ($p=0,04$) apresentaram alt sig.
Yañez-Sepulveda et al., 2021	<i>Baseline</i> : Teste FP, FMR- S-Index (POWERbreathe®; 30 inalações até capacidade máxima); TP: 3 prova estilo livre de 0,05, 0,1 e 0,2 km (1x/dia durante 3 dias consecutivos); GE+GS continuaram o seu treino regular de treino aeróbio (Microciclo de impacto- R ₁ ; 3 microciclos de carga aeróbia- R ₂) vol total de 108,3 km; TF: (3x/sem; 1h30/ sessão) a 60%-70% 1RM nos MS e MI+estabilização do CORE; TMI: realizado GE diariamente em 4 microciclos (4 sem; 2 sessões/dia) 50% $PI_{\text{máx}}$ progredindo 5%/semana; GS: TMI com carga (15% $PI_{\text{máx}}$ durante PI).	O GE obteve um \uparrow sig no S-Index ($p=0,003$); P_{insp} (0,0008); VEMS ($p=0,007$); CVF ($p=0,0004$); DEMI ($p=0,01$); $DEM_{25\%-75\%}$ ($p=0,03$) e VMV ($p=0,0001$); Houve alt sig no t (min) da performance nado a 0,05km ($p=0,0001$); 0.1km ($p=0,0001$) e 0.2km ($p=0,0001$).
Riganas et al., 2008	<i>Baseline</i> : determinação do $VO_{2\text{máx}}$; Teste FP- (Antes e Após término $VO_{2\text{máx}}$ - 1º min após); Avaliação da FMR (MicroMedical® medido antes e após o teste $VO_{2\text{máx}}$); TP (CR 2km no remo- telemetria); PSE a cada 0.5km do TP; CL (5 min após prova de $VO_{2\text{máx}}$ e TP-CR); PI: GE (5-7 series de 4-5 min de inspiração com carga no <i>Threshold</i> / tempo de descanso: 1-2 min/serie Intensidade individual em 30% do $PI_{\text{máx}}$ e resistência do <i>threshold</i> \uparrow 5%/ sem (>2ª sem de PI); >4ª sem 80% $PI_{\text{máx}}$, ajustando a cada semana; GC: Treino remo regular.	Sem alt nos valores pré-pós intervenção nos parâmetros pulmonares (CVL; CI; CVF; VEMS) em repouso e após teste do $VO_{2\text{máx}}$; O VMV em repouso e após $VO_{2\text{máx}}$ \uparrow sig para o GE quando comparado com GC após 6ª sem; Após 6 sem de TMI o GE teve \uparrow sig do $PI_{\text{máx}}$ em repouso e após teste $VO_{2\text{máx}}$ ($p<0,05$) quando comparado ao valor GC ($p<0,001$).

Prior-Randomização: Participantes foram colocados em pares numa TP- CR 2km, classificando por gênero, emparelhando os tempos mais próximos, em seguida aleatoriamente randomizados para GE+GS;

Baseline: 1º dia medições: Prova $VO_{2máx}$ (medição LA, troca gasosas e Fc); 2º dia: TP- CR 2km em remo (tempo de desempenho)+FMR(PowerLung®)- medido em repouso, 1, 5, 10 e 15 min (após fim TP); PSE (medido a cada 0.5km da prova TP); 3º dia:TF- 1 RM através $RM_{teórico}$ para MI e MS+Teste FP;

PI: $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ (PowerLung®): GE (3 series de 8 a 10 reps- 2 a 3 min/serie descanso- 1x/dia (1ª - 4ª sem), 2x/dia (5ª- 10ª sem)- Resistência ao fluxo medida a cada 2 sem até atleta aguentar 8 a 10 reps/serie); GS: PowerLung® 10% a 15% (3 series/8 a 10 reps- a mesmo % durante PI); TE e TF (3x/sem) (GE+GS);

TE: (1km aquecimento e 1km *cool-down*); 3 sessões ≠ 1 sessão/sem: 5km: PT < 10% da LA e potência de teste $VO_{2máx}$ (↑ 1km a cada 2 sem até 9km); 2 sessão/sem: Treino incremental- 2x 2.5km com 3 min de recuperação em intensidade equivalente ao LA (↑ 0.5km até completar (1x3km+2x2km)); 3 sessão/sem: 4 séries de 0.5km em PT médio alcançado durante prova de TP intercalada com 0.5km de intensidade moderada (↑ a cada 2 sem de 0.25km e maior intensidade); TF: durante PI 2 a 10 reps/2 a 6 series entre 72% (MS- supino, remada, flexão braço) até 84% 1RM (MI- *leg-press*, extensão e flexão joelho e flexão plantar)+treino *CORE*: vol ↑ a cada 2 sem.

GE e GS com homogeneidade nos teste da *baseline*; GE e GS sem alt sig nos parâmetros pulmonares de CVF e VEMS e DEMI ($p<0,05$) alt sig no GE e GS; GE: alt do $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ ($p<0,05$); FR, V_E e V_t sig em GE e GS; Medidas performance: TF com alt sig em MS (supino) e MI (leg press) em ambos os grupos e tempo TP com alt sig em ambos grupos; $PI_{máx}$ sig maior no GE na medição 10 e 15 min pós-TP($p<0,05$); $PE_{máx}$ com alt sig durante o *cool-down*.

↑- Aumento; **Alt**- Alterações; **CI**- Capacidade inspiratória; **CL**- Concentração sanguínea lactato; **CR**- Contra-relógio; **CVF**- Capacidade ventilatória forçada; **CVL**- capacidade vital expiratória lenta; **CVT**- Capacidade ventilatória total; **DEM_{25%-75%}**- débito expiratório máximo entre 25% e 75% do ar expirado; **DEMI**- débito expiratório máximo instantâneo; **DP**- Distância percorrida (metros); **EqO₂**- Equivalente respiratório oxigênio; **Fc**- Frequência cardíaca; **FMR**- Força muscular respiratória; **FP**- Função pulmonar (Espirometria); **FR**- Frequência respiratória; **GC**- Grupo controle; **GE**- Grupo experimental; **GS**- Grupo sham; **LA**- Limiar anaeróbico; **MI**- Membros inferiores; **Min**- Minutos; **MS**- Membros superiores; **NP**- Natação profundidade; **NS**- Natação snorkel; **PE_{máx}**- Pressão expiratória máxima; **PI**- Protocolo intervenção; **PI_{máx}**- Pressão inspiratória máxima; **P_{insp}**- Pressão inspiratória; **PP**- Pico performance; **PSE**-Percepção subjetiva de esforço; **PT**- Pico de trabalho (watts); **Reps**- Repetições; **RER**- Relação troca respiratória; **RM**- Repetição máxima; **S- Index**- Força inspiratória dinâmica; **Sem**- Semanas; **Sig**- Significativa (s); **TB**- Treino barbatanas; **TEI**- Treino endurance incremental; **TE**- Treino endurance; **TF**- Treino de força **TI**- Treino intervalado; **TMI**- Treino músculos inspiratórios; **TMR**- Treino músculos respiratórios; **TMR-E**- Treino músculos respiratórios-endurance; **TMR-R**- Treino músculos respiratórios-resistência; **TP**- Teste performance; **Vol**- Volume; **VCO₂**- Consumo de dióxido carbono; **V_E**- Ventilação; **VEMS**- Volume expiratório máximo instantâneo; **VEMS/CVF**- Índice Tiffeneau; **VMV**- Ventilação máxima voluntária; **VO₂**- Consumo oxigênio; **VO_{2máx}**- Consumo máximo oxigênio (mL/kg-min); **VR**- Volume residual; **V_T**- Volume tidal; **W_{lim}**- **T_{lim}**- Relação trabalho limite/tempo limite; **W_R**- Trabalho respiratório

3.3. Qualidade metodológica e risco de viés dos estudos incluídos

Tabela 5. Qualidade metodológica dos estudos incluídos segundo a escala PEDro

Referências	E ^a	Escala de PEDro										Total
		02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
Sonetti et al., 2001	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	5/10
Mackala et al., 2019	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	7/10
Gonzalez-Motesinos et al., 2021	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8/10
Johnson et al., 2007	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	4/10
Wylegala et al., 2006	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	5/10
Júnior et al., 2017	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	6/10
Yañez-Sepulveda et al., 2021	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	6/10
Riganas et al., 2008	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	5/10
Forbes et al., 2011	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	4/10

E^a: Critérios de elegibilidade (este item não é usado para calcular a pontuação total); 2: alocação aleatória; 3: alocação oculta; 4: comparabilidade da linha de base; 5: cegamento do participante; 6: Terapeuta cego; 7: Ofuscamento do avaliador; 8: Abandono <15%; 9: Análise de intenção de tratar; 10: Comparações estatísticas entre grupos; 11: Estimativa pontual e medidas estatísticas de variabilidade;

A pontuação média da escala de PEDro dos estudos incluídos nesta revisão foi de 5,5 (intervalo: 4-8) pontos. Não houve um alto grau de variação na qualidade metodológica entre os estudos, no entanto duas investigações não foram capazes de satisfazer os critérios de alocação (Questão três), sete artigos não conseguiram cumprir os critérios de cegueira dos participantes (Questão cinco), nenhum estudo foi capaz de satisfazer os critérios de cegueira do terapeuta (Questão seis), apenas o artigo de Gonzalez-Montesinos et al. (2021) cumpriu os critérios de cegueira dos avaliadores (Questão sete), cinco artigos não conseguiram cumprir os critérios da questão nove, quatro investigações foram incapazes de cumprir a análise de intenção de tratar (questão dez) e quatro artigos não cumpriram os critérios da estimativa pontual e medidas estatísticas de variabilidade (questão onze). Os restantes critérios foram pontuados positivamente. Desse modo, o viés de desempenho esteve presente durante as intervenções, no que diz respeito à cegueira do terapeuta (100%), avaliador (88,8%) e pacientes (77,7%).

Tabela 6. Risco de viés de artigos randomizados controlados (ROBINS-II)

	D1	D2	D3	D4	D5	Total
Sonetti et al., 2001						
Mackala et al., 2019						
Gonzalez-Motesinos et al., 2021						
Johnson et al., 2007						
Wylegala et al., 2006						
Júnior et al., 2017						
Yañez-Sepulveda et al., 2021						
Riganas et al., 2008						
Forbes et al., 2011						

Risco baixo		Alguma preocupação		Risco elevado	
-------------	--	--------------------	--	---------------	--

Relativamente ao risco de viés medido pela ferramenta ROBINS-II, seis investigações foram classificadas com o risco “alguma preocupação” , o artigo Wylegala et al. (2006) foi atribuído o “risco baixo” e as investigações de Mackala et al. (2019) e Júnior et al. (2017) apresentaram “risco elevado” no domínio 4 referente ao possível viés na avaliação dos resultados. Conforme estipulado pelas regras na análise de viés desta ferramenta estas duas investigações acabaram por ser atribuído como classificação final de risco elevado de viés (Eldridge et al., 2021).

De uma forma geral, 66,6% das investigações apresentam um risco moderado de viés, 22,2% um risco elevado e 11,1% nenhum risco de viés.

4. Discussão

Esta revisão sistemática forneceu uma ampla descrição de metodologias de intervenção de TMI em atletas de competição e evidenciou os resultados dos efeitos do TMI nesses atletas. Os nove estudos incluídos nesta revisão sistemática foram publicados entre 2001 e 2021 parecem apontar para os efeitos benéficos do TMI na força dos músculos respiratórios, função metabólica e pulmonar e *performance* desportiva em atletas de competição.

Verificamos que as modalidades que mais beneficiaram da especificidade de treino TMI acabaram por ser ciclismo (Gonzalez-Montesinos et al., 2021, Johnson et al., 2007) e natação (Wylegala et al., 2006, Yañez-Sepulveda et al., 2021), uma vez que apresentaram alterações significativas na *performance* desportiva dos atletas em parâmetros como CR, $VO_{2máx}$ e PP.

Os resultados de Sonetti et al. (2001) são coincidentes com os de Johnson et al. (2007), onde atletas de ciclismo beneficiaram com alterações significativas no $PI_{máx}$ e obtiveram uma melhoria significativa na sua *performance* no CR em relação ao tempo/km, sem que houvesse uma resposta fisiológica de padrões pulmonares como V_E , VO_2 , RER, Fc. Os investigadores relataram não existir diferença significativa no $VO_{2máx}$ em relação ao *score* obtido na *baseline*. Este resultado pode ter sido subestimado, uma vez que um dos testes foi realizado com carga fixa. Adicionalmente, Poole et al. (2008) efetuam a avaliação desta prova na sua investigação, também apresentaram resultados subvalorizados, uma vez que analisou apenas o desempenho da *performance* avaliando as rotações dos pedais e constatou que grande parte dos atletas tem uma cadência de ciclismo preferida.

Os efeitos do grupo *sham* (GS) nos parâmetros pulmonares após o protocolo de intervenção acabaram por não alcançar um *score* significativo, uma vez que não se obteve qualquer efeito em relação à resistência ao fluxo que realizavam. A evidência científica sugere que a carga inspiratória moderada de 15% $PI_{máx}$ durante o protocolo de intervenção é insuficiente para provocar mudanças significativas na força muscular inspiratória de atletas de competição (McEntire et al., 2016). Por conseguinte, não era expectável que o GS sofresse qualquer alteração neuromuscular durante a intervenção. Esta forma de conduzir a investigação correlaciona-se com a de outros artigos referidos nesta revisão sistemática, como Johnson et al. (2007), Wylegala et al. (2006), Yañez-Sepulveda et al. (2021) e ainda Forbes et al. (2011), nos quais a resistência do

GS tinha um efeito não adaptativo durante a intervenção, apesar de os participantes deste grupo considerarem que esta intervenção iria aumentar a sua *performance* desportiva.

O estudo de Mackala et al. (2019) revelou que as mudanças do desempenho de *performance* do GE em cerca de 5% são compatíveis com resultados obtidos em outros estudos com atletas de competição, tal como os de Júnior et al. (2017), no qual o protocolo de TMI acabou por permitir aos atletas obterem uma maior distância percorrida (aumento de 13%), tendo sido medido também por teste de campo, como o Teste de *Yoyo*. Através do treino endurance incremental com intensidades >85% da $F_{c_{máxima}}$, o GE acabou por obter uma melhoria de 2,2% no Teste de *Cooper*, o que representa uma melhoria de 3% em relação à *baseline* ($p < 0,05$), atingindo um $VO_{2máx}$ superior ao GS. Relativamente ao TP (Teste de *Cooper*), foi relatado pelos investigadores que a melhoria da distância percorrida no final da intervenção por parte do GE foi realizada apresentando uma F_c menor em relação aos resultados recolhidos no pré-intervenção, o que revela que existiu uma melhor economia metabólica por parte dos participantes. Estes resultados são também relatados pelo artigo de Júnior et al. (2017). Após interpretação dos resultados obtidos, observou-se que existe uma baixa fiabilidade nos resultados na obtenção do $VO_{2máx}$ a partir de um teste de campo, o qual é sujeito a viés e é considerado menos fiável que um teste laboratorial apontando, por isso para um risco de viés elevado nos métodos de medição segundo a escala de ROBINS-II, convergindo com o estudo Júnior et al. (2017)

Na investigação de Gonzalez-Motesinos et al. (2021), o GE obteve um valor superior relativamente ao $VO_{2máx}$ e V_T após intervenção, corroborando os resultados de Wylegala et al. (2006), onde um dos GE alcançou um aumento significativo do $VO_{2máx}$ de 17% ($p < 0,001$), com uma diminuição significativa do VO_2 durante a TP. O *score* obtido no V_T vem reforçar, segundo os investigadores, a importância do TMI coadjuvado com *threshold* na modalidade de ciclismo, uma vez que o mesmo potencia a capacidade de otimizar o padrão ventilatório, tendo uma associação com a *performance* desportiva. Isso pôde ser comprovado com o GE, o qual obteve na TP-CR uma diminuição do tempo de 14,3% após protocolo de intervenção. Esses ganhos também foram verificados no CR, sem que houvesse um aumento na VO_2 , o que, segundo os investigadores, expressa-se numa melhoria na eficiência ventilatória que estes atletas adquirem com o TMI. Estes reportaram ganhos no GE em diversos parâmetros pulmonares como V_E , FR, consumo de dióxido carbono e RER e ainda um aumento significativo do t_{insp} e t_{exp} . Gonzalez-Motesinos et al.

(2021) descreve ainda uma redução de V_E (15%), o que prova que existe eficácia do TMI, uma vez que estes atletas conseguiram na prova incremental de $VO_{2m\acute{a}x}$ obter ventilações mais controladas e profundas, promovendo a uma menor hiperinsuflação dinâmica e uma maior eficiência ventilatória com um VO_2 semelhante e uma FR menor, em comparação com os valores obtidos na pré-intervenção (Lomax & Massey, 2017).

Na investigação de Wylegala et al. (2006), a *baseline* demonstrou que antes do protocolo de intervenção, no teste de endurance de nado, o $VO_{2m\acute{a}x}$ permaneceu inalterado durante a prova, ao passo que o V_E obteve uma subida exponencial a partir do décimo quinto minuto de prova, o que é reportado pelos investigadores como compatível compensação respiratória de acidose metabólica, uma vez que a presença de lactato muscular respiratório e locomotor é sugerido como indicador de fadiga muscular respiratória. A investigação científica revela que a produção metabólica excessiva de dióxido de carbono (CO_2) é diminuída pelo aumento da ventilação. Sabe-se que se a força ou resistência muscular respiratória ficar aquém do aumento da demanda ventilatória, o CO_2 tecidual e sanguíneo irá aumentar e provocar acidose metabólica com consequências na bomba ventilatória, havendo a falha da músculo-esquelética e respiratória. Estas alterações correlacionaram-se com um aumento de vasoconstrição dos MIs e diminuição do fluxo sanguíneo, aumentando o trabalho respiratório e potenciando o fenómeno de metaboreflexo (Jurić et al., 2019). Os investigadores afirmam ainda que a modalidade de mergulho em profundidade tem um efeito significativo ($p < 0,001$). As diferenças de pressão de gás no pulmão criam pressão negativa ou carga pulmonar estática negativa, o que nesta modalidade desportiva pode ter duas vantagens na redução da tendência à fadiga dos músculos respiratórios. A primeira é o facto de ser realizada sempre numa posição biomecânica mais vantajosa relativamente à curva comprimento/tensão do músculo. A segunda é que o aumento do volume pulmonar médio reduz a resistência ao fluxo pulmonar (Jurić et al., 2019). Por conseguinte, observou-se que o grupo TMR-R obteve melhores resultados na capacidade de manter o tónus inspiratório relaxado a nível submerso, ficando numa posição mais vantajosa que o grupo TMR-E.

Relativamente aos parâmetros pulmonares, o grupo TMR-R aumentou a $PI_{m\acute{a}x}$ e $PE_{m\acute{a}x}$, com melhoria verificável também na endurance respiratória, e o grupo TMR-E melhorou parâmetros pulmonares como VMV, CVL, CVF e ainda VEMS. Avaliando a *performance*, o grupo

TMR-R observou o tempo de nado em superfície melhorar 35% e o tempo de natação subaquático melhorar 66%. No grupo TMR-E, os tempos de nado em superfície e subaquático progrediram 38% e 26%, respectivamente. Os resultados deste estudo sugerem que as mudanças no desempenho da *performance* desportiva dos atletas do GE melhoraram significativamente a resistência ao exercício, quer na modalidade à superfície quer em profundidade, o que vai ao encontro dos resultados de Yañez-Sepulveda et al. (2021) realçando a importância do TMI na modalidade de natação. Essas alterações foram associadas a um aumento do volume corrente, enquanto o V_E e a FR foram reduzidos e a ventilação alveolar mantida, refletindo a importância da especificidade do treino. O protocolo do grupo TMR-E de hiperpneia isocápnica voluntária acaba por replicar de perto a demanda ventilatória do exercício, demonstrando melhores resultados que o grupo TMR-R. Segundo os investigadores, ventilar debaixo de água requer uma maior geração de força dos músculos inspiratórios e expiratórios. Os resultados obtidos no TMR-R ajudam assim a explicar de forma mais clara o nível de resistência superior do nado subaquático (66%) em oposição ao verificado no TMR-E (26%).

Na investigação de Riganas et al. (2008), durante a intervenção existiu um protocolo de exercícios que incidiu na *performance* dos músculos respiratórios, o que revelou um grande desempenho metabólico. Além disso, a evidência refere que os músculos respiratórios, bem como grandes músculos periféricos, adaptam-se, de forma eficaz, ao treino específico respiratório, aumentando a força e a resistência (Aaron et al., 1992 *cit. in* Riganas et al., 2008).

O protocolo de intervenção do TMI acabou por não contribuir para a melhoria do $VO_{2m\acute{a}x}$. Os investigadores relataram que para existir um aumento significativo deste valor seria necessário haver um aumento do VO_2 conseqüente do aumento do débito cardíaco. Referem ainda que para haver alterações e adaptações o trabalho de força muscular teria que ter provocado adaptações neuromusculares significativas nos grandes grupos musculares periféricos a nível dos MS e MI, conforme foi relatado no estudo de Forbes et al. (2011). Curiosamente, estes resultados não são coincidentes com os de Riganas et al. (2008), uma vez que os investigadores alegaram que os participantes eram atletas de competição, altamente treinados e desenvolvidos a nível de força muscular, pelo que esse aumento foi dificultado pelo excelente perfil físico que apresentavam. Outro ponto importante referido pela investigação é relativo às medidas de obtenção do efeito da intervenção no desempenho da *performance*. Mais

ainda, este estudo reportou que os protocolos laboratoriais utilizam de forma mais comum o tempo de exercício até à exaustão como forma de medir o desempenho de *performance*. Segundo os investigadores, esse resultado não pode ser extrapolado como verdade absoluta em relação ao desempenho de atletas de competição, justificando que este tipo de teste máximo não simula situações competitivas reais e como a investigação compromete-se a investigar se o protocolo de intervenção tem efeito na *performance* desportiva dos atletas, o resultado final pode ser designado como pouco variável, corroborando com os resultados do estudo de Sonetti et al. (2001).

No que diz respeito a sensação de dispneia, Riganas et al. (2008) referem que não encontraram diferenças significativas após a intervenção, sendo estes resultados convergentes com os de Forbes et al. (2011) e Sonetti et al. (2001), os quais descrevem que não melhorou a perceção de esforço respiratório como a dispneia, nem fornece um efeito benéfico adicional em tempo do CR além do observado pelo GS. A evidência científica relata que a perceção de esforço permanece inalterada em diversos protocolos de intervenção com atletas de competição. Justificam que essa estabilidade é consequência de um aumento do $PI_{máx}$, reduzindo a quantidade de tensão máxima por ciclos ventilatórios nos músculos respiratórios, que se traduz numa não alteração na perceção subjetiva de esforço (Sperlich et al., 2009). Foi também avaliado se a concentração de lactato seria influenciada pelo TMI. Conforme o artigo de Sonetti et al. (2001), também não foram encontradas diferenças significativas no GE e GS posteriormente à intervenção, quer na medição após término TP e quer nove minutos depois do mesmo.

Na investigação de Yañez-Sepulveda. (2021), os autores indicam que os resultados obtidos foram significativos e benéficos para a diminuição da influência que a compensação de acidose metabólica promove durante o treino. Contrariamente aos resultados de outros estudos descritos nesta revisão, mediu de forma diferente a força dos músculos respiratórios. A mesma foi feita através do S-Index dinâmico (POWERbreathe®), ao contrário da medição apenas do $PI_{máx}$ estático, com o objetivo de ser prescrita a carga necessária para os atletas realizarem a intervenção. Os resultados demonstraram uma alteração significativa do S-Index depois do TMI em jovens nadadores, afirmando que essas alterações foram associadas ao desempenho significativo da *performance* do tempo a 50m e 100m. Assim, o TMI foi capaz de ativar inspirações mais rápidas, com uma maior capacidade de encurtamento da musculatura

respiratória e aumento durante a *performance* de nado, associando desta forma a uma maior sincronização com a técnica de nado, limitando o aparecimento mais rápido da fadiga (Mickleborough et al., 2008). Foi possível apurar que este protocolo conferiu uma maior capacidade de fluabilidade aos atletas devido aos TMI, com maior ganho do V_T e com ganho nos parâmetros CVF e VMV. Estes achados verificaram-se no GE e não no GS, indo ao encontro dos resultados de Wylegala et al. (2006), onde é também relatado que TMI promoveu uma eficácia na biomecânica respiratória e redução da tendência à fadiga dos músculos respiratórios nos atletas de natação.

A investigação de Júnior et al. (2017) revela que, por mais eficiente que seja o sistema cardiovascular em fornecer quantidades adequadas de sangue aos tecidos, a capacidade física estará comprometida se o sistema respiratório não for capaz de fornecer oxigénio suficiente para satisfazer a demanda ventilatória provocando fadiga respiratória. Segundo a investigação, os mecanismos fisiopatológicos que induzem o aparecimento de fadiga muscular inspiratória, aos dias de hoje, não geram consenso. No entanto, os investigadores apontam a hipótese que diz respeito a lesões celulares diafragmáticas (Romer & Polkey, 2008), a exigências ventilatórias impostas pela intensidade e duração do exercício (Johnson et al., 1993) e a incapacidade em provocar alterações neuromusculares nos músculos inspiratórios (Harms et al., 1998). Compreendeu-se que o protocolo de intervenção faz retardar o aparecimento de fadiga muscular diafragmática, refletindo-se no aumento da sua *performance* desportiva (HajGhanbari et al., 2013; Nicks et al., 2009). A carga colocada de 80% do $PI_{máx}$, que se manteve durante toda a intervenção sem que nenhum atleta do GE tenha reportado desconforto físico, demonstrou que quando o estímulo é bem aplicado, ou seja quando existem alterações significativas no $PI_{máx}$ ou VMV, acaba por haver uma associação positiva entre uma maximização da capacidade física e intensidade do atleta. Estes resultados suportam a hipótese que os benefícios do TMI a 80% $PI_{máx}$ atenuam a resposta do metaboreflexo reduzindo a acumulação metabólica (acidose respiratória), a fadiga muscular e um menor fluxo sanguíneo nos MIs durante essa atividade, corroborando os resultados de Wylegala et al. (2006), no que diz respeito aos fenómenos fisiopatológicos inerentes à fadiga muscular respiratória. Alguns destes estudos revelam que o TMI indica que o treino coadjuvado com a utilização de carga inspiratória diminui a resposta do metaboreflexo e conseqüentemente a fadiga muscular periférica influenciado positivamente a

performance do atleta (Katayama et al., 2015; Corrêa et al., 2015), também reforçado pelos resultados de Johnson et al. (2007).

Na investigação de Johnson et al. (2007), houve um aumento significativo de 17,1% de $PI_{máx}$ ($p < 0,01$) após as seis semanas de intervenção. Determinados investigadores afirmam que existe necessidade de adaptações fisiológicas nas várias alterações que são promovidas durante o protocolo nos atletas e que segundo os investigadores existiu nos participantes (Astrand et al., 2003). Apesar dessas adaptações neuromusculares, os atletas do GE obtiveram um aumento espontâneo de $PI_{máx}$ de 8,4% após duas semanas de intervenção, comprovado através da observação do diafragma em relação à espessura e tamanho das fibras tipo IIB dos intercostais externos, aumentando 8%-12% e 21%, respetivamente, após quatro a cinco semanas de intervenção.

Em relação ao CR observou-se uma melhoria de 2,66% no desempenho em ciclismo após TMI, o que excedeu metade dos desempenhos individuais considerados como significativos. O uso de um *threshold* sem qualquer tipo de carga resistiva, tal como foi usado no artigo Sonetti et al. (2001), Wylegala et al. (2006) e Forbes et al. (2011), acabou por ser importante para a investigação, de forma a criar no GS a sensação que o protocolo era benéfico para *performance*, realizando a intervenção de forma eficaz sem haver desistências de qualquer atleta durante a intervenção. Segundo Sonetti et al. (2001), a investigação que utilize um GS acaba por ter um benefício superior a estudos que coloquem um grupo placebo ou controlo, uma vez que muitas vezes a intervenção desses grupos tem efeito reduzido. Sugerem, por isso, que o efeito dos TMI no GE foi genuíno em relação aos resultados obtidos no desempenho do CR em ciclistas.

Já no que diz respeito às respostas fisiológicas e parâmetros pulmonares como o V_E , VO_2 e F_c durante o CR, estes permaneceram inalterados apesar desse aumento do desempenho, onde existiu maior produção de energia. Estes achados convergem com os de outros estudos desta revisão sistemática, tal como Sonetti et. (2001), Gonzalez-Motesinos et al. (2021) e Wylegala et al. (2006), onde há a demonstração que as respostas metabólicas e a F_c permanecem sem variações face ao aumento de energia produzida durante a prova de *performance*, após o protocolo de TMI.

Quanto à relação trabalho limite/ tempo limite ($W_{Lim} - T_{lim}$), a melhoria produzida pelo TMI no CR foi associada a um aumento do LA de 12% no GE. Os investigadores afirmam existir associação entre um aumento na resistência de ciclismo e a capacidade de realizar exercício de alta intensidade de grande componente anaeróbica. Esta capacidade, por sua vez, está relacionada com a redução da acumulação de metabolitos indutores de fadiga, sem existir, no entanto, uma correlação entre o aumento do LA e o aumento de desempenho no CR. Ora como o TMI atenua o efeito metaboreflexo (McConnell & Lomax, 2006), o aumento anaeróbio é explicado por uma melhor perfusão e transporte de oxigénio para os músculos periféricos e locomotores e uma redução subsequente na acumulação de metabolitos intramusculares indicadores de fadiga. No que diz respeito à qualidade metodológica apresentada pela escala de PEDro, o estudo de Johnson et al. (2007) converge com Forbes et al. (2011) por não terem sido capazes de cumprir os critérios de alocação dos participantes, falta de cegueira dos participantes, terapeutas e avaliadores apresentando um *score* de 4/10 que revela ser de baixa qualidade metodológica. O que segundo investigadores, dada a dificuldade em cumprir os critérios de cegueira tendo em conta a natureza das intervenções realizadas, não é de estranhar que existam dificuldades na sua aplicabilidade.

No estudo de Forbes et al. (2011), relativamente ao $VO_{2máx}$, os investigadores admitem que esperavam alterações significativas. A evidência científica afirma que os efeitos determinantes para o aumento do $VO_{2máx}$ prendem-se com fatores centrais (débito cardíaco) e periféricos (na diferença arterial-venosa de oxigénio) (Skattebo et al., 2020). Por conseguinte, os resultados deste estudo corroboram descobertas anteriores em que os participantes obtiveram melhorias na força dos músculos respiratórios e que não contribuíram para o aumento do $VO_{2máx}$ em atletas de competição desportiva, conforme indica a investigação de Riganas et al. (2008) e Sonetti et al. (2001). Este achado pode sugerir que a força respiratória não é fator limitante para atingir o consumo máximo de oxigénio em remadores treinados (Poole et al., 2008; McEntire et al., 2016). No entanto, os custos metabólicos e circulatórios da hiperventilação durante o exercício máximo são significativos, atingindo 10% em indivíduos saudáveis, não treinados. Uma das razões para o insucesso na obtenção de um $VO_{2máx}$ significativo após intervenção é relatado pelos investigadores, atribuindo o facto de o estudo ter examinado as demandas ventilatórias de uma forma global, dificultando compreender qual terá sido em específico a contribuição metabólica relativa há ventilação.

No que diz respeito ao TMR no desempenho da *performance* desportiva, o artigo de Riganas et al. (2008) não encontrou melhorias significativas no desempenho da *performance* no CR 2km após TMR, sugerindo que o protocolo de seis semanas não foi eficaz na *performance* desportiva em remadores. No estudo de Forbes et al. (2011), os resultados apresentaram um aumento no desempenho no CR em ambos os grupos, no entanto, os resultados são similares aos de Riganas et al. (2008), sendo que essa diferença não ocorreu entre os grupos participantes. Os investigadores revelam que estes resultados são atribuídos às adaptações no desempenho do TMR, que pareceram ter uma associação positiva com os relatos dos participantes no pós-treino.

4.1. Limitações

Esta revisão apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Embora as bases de dados incluídas neste estudo de revisão fossem bem selecionadas para a pesquisa, a opção por ter optado por termos MeSH poderá ter limitado os termos da pesquisa mais específicos como por exemplo "*inspiratory muscle training*", que não era apresentada como palavra MeSH, segundo o *National Library of Medicine*. Existiram limitações nas restrições do idioma por apenas incluir artigos de língua inglesa, houve limitação por não ter havido a possibilidade de acesso a um artigo, apesar de ter sido pesquisado em todas as bases de dados e repositórios físicos. Houve limitações no número amostral limitado da população de cada investigação e na heterogeneidade da população, apresentando apenas duas investigações ambos géneros (Riganas et al., 2008; Forbes et al., 2011). Houve limitações em dois artigos na baixa fiabilidade nos resultados na obtenção do $VO_{2\text{máx}}$ por não seguirem o protocolo laboratorial (Mackala et al., 2019 e Júnior et al., 2017).

Para obter evidência de mais qualidade, mais e melhores estudos futuros randomizados controlados terão que ser realizados, de alta qualidade metodológica e sem risco de viés, garantindo a cegueira de pacientes, terapeutas e avaliador, com amostras heterogéneas e superiores e *follow-up*.

5. Conclusão

Em linha com os achados anteriormente analisados, esta revisão sistemática parece apontar para os efeitos benéficos do TMI em coadjuvação com o *threshold* com ganhos a nível da força muscular respiratória, da função metabólica e pulmonar o qual se repercute na performance desportiva destes atletas, com maior relevância para modalidades como ciclismo e natação.

6. Referências bibliográficas

Aaron, E. A., Seow, K. C., Johnson, B. D., Dempsey, J. A., e Demp-, J. A. (1992). Oxygen Cost of Exercise Hyperpnea Implications for Performance. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1818–1825. www.physiology.org/journal/jappl. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.72.5.1818>

Astrand, P. O., Rodahl K., Dahl, H. A., & Stromme, S. B. (2003) Textbook of work physiology: physiological bases of exercise, 4th edition. *Human Kinetics, Leeds*, 4, 313–368.

Burns, P. B., Rohrich, R. J., & Chung, K. C. (2011). The levels of evidence and their role in evidence-based medicine. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 128(1), 305–310. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318219c171>

Chang, Y. C., Chang, H. Y., Ho, C. C., Lee, P. F., Chou, Y. C., Tsai, M. W., & Chou, L. W. (2021). Effects of 4-week inspiratory muscle training on sport performance in college 800-meter track runners. *Medicina*, 57(1), 1–8. <https://doi.org/10.3390/medicina57010072>

Corrêa, A. P. D. S., Antunes, C. F., Figueira, F. R., de Castro, M. A., Ribeiro, J. P., & Schaan, B. D. A. (2015). Effect of Acute Inspiratory Muscle Exercise on Blood Flow of Resting and Exercising Limbs and Glucose Levels in Type 2 Diabetes. *PLoS ONE*, 10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121384>

Cunha, M., Mendes, F., Paciência, I., Rodolfo, A., Carneiro-Leão, L., Rama, T., Rufo, J., Delgado, L., & Moreira, A. (2019). The effect of inspiratory muscle training on swimming performance, inspiratory muscle strength, lung function, and perceived breathlessness in elite swimmers: a randomized controlled trial. *Porto Biomedical Journal*, 4(6), 49. <https://doi.org/10.1097/j.pbj.0000000000000049>

de Morton, N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 55, 129–133. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1)

Donato, H., & Donato, M. (2019). Stages for undertaking a systematic review. In *Acta Medica Portuguesa*, 32(3), 227–235. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>

Eldridge, S., Campbell, M. K., Campbell, M. J., Drahota, A. K., Giraudeau, B., Reeves, B. C., Siegfried, N., & Higgins, J. P. (2021). *Revised Cochrane risk of bias tool for randomized trials (RoB 2) Additional considerations for cluster-randomized trials (RoB 2 CRT)*. www.riskofbias.info.

Fernández-Lázaro, D., Gallego-Gallego, D., Corchete, L. A., Zoppino, D. F., González-Bernal, J. J., Gómez, B. G., & Mielgo-Ayuso, J. (2021). Inspiratory muscle training program using the powerbreath®: Does it have ergogenic potential for respiratory and/or athletic performance? a systematic review with meta-analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(13), 6703. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136703>

Forbes, S., Game, A., Syrotuik, D., Jones, R., & Bell, G. J. (2011). The Effect of Inspiratory and Expiratory Respiratory Muscle Training in Rowers. *Research in Sports Medicine*, 19(4), 217–230. <https://doi.org/10.1080/15438627.2011.608033>

Gonzalez-Montesinos, J. L., Fernandez-Santos, J. R., Vaz-Pardal, C., Aragon-Martin, R., Arnedillo-Muñoz, A., Reina-Novo, J., Orantes-Gonzalez, E., Heredia-Jimenez, J., & Ponce-Gonzalez, J. G. (2021). Chronic Effects of a Training Program Using a Nasal Inspiratory Restriction Device on Elite Cyclists. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(777). <https://doi.org/10.3390/ijerph18020777>

Hajghanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., Palmer, S. A., Toy, M. A., Walsh, C., Sheel, A. W., & Reid, A. W. D. (2013). Effects of Respiratory Muscle Training on Performance in Athletes: A Systematic Review with Meta-Analyses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1643–1663. www.nsc.com. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318269f73f>

Harms, C. A., Wetter, T. J., Mcclaran, S. R., Pegelow, D. F., Nিকেle, G. A., Nelson, W. B., Hanson, P., & Dempsey, J. A. (1998). Effects of Respiratory Muscle Work on Cardiac Output and its Distribution During Maximal Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 85(2), 609–618. <http://www.jap.org>. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.2.609>

Johnson, B. D., Babcock, M. A., Suman, O. E., & Dempsey, J. A. (1993). Exercise-Induced Diaphragmatic Fatigue in Healthy Humans. *The Journal of Physiology*, *460*(1), 385–405. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1993.sp019477>

Johnson, M. A., Sharpe, G. R., & Brown, P. I. (2007). Inspiratory Muscle Training Improves Cycling Time-Trial Performance and Anaerobic Work Capacity but not Critical Power. *European Journal of Applied Physiology*, *101*, 761–770. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0551-3>

Júnior, A. O., Donzeli, M. A., Shimano, S. G. N., de Oliveira, N. M. L., Ruas, G., & Bertoncello, D. (2017). Effects of High-Intensity Inspiratory Muscle Training in Rugby Players. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, *24*(3), 216–219. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182403166216>

Jurić, I., Labor, S., Plavec, D., & Labor, M. (2019). Inspiratory Muscle Strength Affects Anaerobic Endurance in Professional Athletes. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, *70*(1), 42–48. <https://doi.org/10.2478/aiht-2019-70-3182>

Katayama, K., Itoh, Y., Saito, M., Koike, T., & Ishida, K. (2015). Sympathetic Vasomotor Outflow and Blood Pressure Increase During Exercise with Expiratory Resistance. *Physiological Reports*, *3*(5). <https://doi.org/10.14814/phy2.12421>

Lomax, M., Massey, H. C., & House, J. R. (2017). Inspiratory Muscle Training Effects on Cycling During Acute Hypoxic Exposure. *Aerospace Medicine and Human Performance*, *88*(6), 544–549. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4780.2017>

Mackała, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Stodółka, J., Coh, M., & Rożek-Piechura, K. (2019). The Effect of Respiratory Muscle Training on the Pulmonary Function, Lung Ventilation, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010234>

McConnell, A. (2011). *Breath Strong, Performe Better*, United States of America, Human Kinetics.

McConnell, A. K., & Lomax, M. (2006). The Influence of Inspiratory Muscle Work History and Specific Inspiratory Muscle Training Upon Human Limb Muscle Fatigue. *Journal of Physiology*, *577*(1), 445–457. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.117614>

McEntire, S. J., Smith, J. R., Ferguson, C. S., Brown, K. R., Kurti, S. P., & Harms, C. A. (2016). The Effect of Exercise Training with an Additional Inspiratory Load on Inspiratory Muscle Fatigue and Time-Trial Performance. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, *230*, 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2016.05.001>

McKay, A. K. A., Stellingwerff, T., Smith, E. S., Martin, D. T., Mujika, I., Goosey-Tolfrey, V. L., Sheppard, J., & Burke, L. M. (2022). Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *17*(2), 317–331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0451>

Mickleborough, T. D., Stager, J. M., Chatham, K., Lindley, M. R., & Ionescu, A. A. (2008). Pulmonary Adaptations to Swim and Inspiratory Muscle Training. *European Journal of Applied Physiology*, *103*(6), 635–646. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0759-x>

Nicks, C. R., Morgan, D. W., Fuller, D. K., & Caputo, J. L. (2009). The Influence of Respiratory Muscle Training Upon Intermittent Exercise Performance. *International Journal of Sports Medicine*, *30*(1), 16–21. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038794>

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. *International Journal of Surgery*, *88*. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2021.105906>

Poole, D. C., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2008). Validity of Criteria for Establishing Maximal O₂ Uptake During Ramp Exercise Tests. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403–410. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0596-3>

Riganas, C. S., Vrabas, I. S., Christoulas, K., & Mandroukas, K. (2008). Specific Inspiratory Muscle Training does not Improve Performance or VO_{2max} Levels in Well Trained Rowers. *Journal Sports Medicine Physiology Fitness*, 48(3), 285–292. <https://www.researchgate.net/publication/23442275>

Romer, L. M., & Polkey, M. I. (2008). Fatigue Mechanisms Determining Exercise Performance Exercise-Induced Respiratory Muscle Fatigue: Implications for Performance. *Journal Applied Physiology*, 104, 879–888. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01157.2007>

Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*, 785–792. <https://doi.org/10.1097/00005768-200205000-00010>

Skattebo, Ø., Calbet, J. A. L., Rud, B., Capelli, C., & Hallén, J. (2020). Contribution of Oxygen Extraction Fraction to Maximal Oxygen Uptake in Healthy Young Men. In *Acta Physiologica, Blackwell Publishing Limited*, 230(2). <https://doi.org/10.1111/apha.13486>

Sonetti, D. A., Wetter, T. J., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2001). Effects of Respiratory Muscle Training Versus Placebo on Endurance Exercise Performance. In *Respiration Physiology*, 127, 185–199. www.elsevier.com/locate/resphysiol. [https://doi.org/10.1016/S0034-5687\(01\)00250-X](https://doi.org/10.1016/S0034-5687(01)00250-X)

Sperlich, B., Fricke, H., Marées, M. de, Linville, J. W., & Mester, J. (2009). Does Respiratory Muscle Training Increase Physical Performance? *Military Medicine*, 174(9), 977–982. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-04-6408>

Wylegala, J. A., Pendergast, D. R., Gosselin, L. E., Warkander, D. E., & Lundgren, C. E. G. (2006). Respiratory Muscle Training Improves Swimming Endurance in Divers. *European Journal of Applied Physiology*, *99*(4), 393–404. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0359-6>

Yañez-Sepulveda, R., Alvear-Ordenes, I., Tapia-Guajardo, A., Verdugo-Marchese, H., Cristi-Montero, C., & Tuesta, M. (2021). Inspiratory Muscle Training Improves the Swimming Performance of Competitive Young Male Sprint Swimmers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *61*(10), 1348–1453. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.11769-4>

7. Anexos

7.1. Checklist Prisma



PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	PI
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	PIII
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	P1/L11
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	P3/ L1
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	P4/ L 12
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	P4/ L 14
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	P6 / L1
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	P6/ L13
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	P5/ T1
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	P6/ L5
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	P6/ L7
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	P7/ L1-20
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	P5/ T1
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	P6/ L13
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	P6/ L19
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	P7/L 14
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	



PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	P8/Fig1
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	P9/L 1
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	P9/L 3-6
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	P17/ T6
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	P 12/ T3
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	P 11/T2
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	P13-15/T4
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	P13-15/T4
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	P16/T5
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	P17/L1
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	P18/L3; P18/L16-19; P17/L23-25;; P19/L29-32; P20/L10-12; P22/L9-11; P22/L23-27; P23/ L9-12; P23/L13-16/ P 23/L27
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	P26/L1
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	P26/ L5-8
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	P26/ L17-19
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	P4/L3-5;
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	P4/L7

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi:

7.2. Escala de PEDro

Escala de PEDro – Português (Portugal)

1. Os critérios de elegibilidade foram especificados	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
2. Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos (num estudo crossover, os sujeitos foram colocados em grupos de forma aleatória de acordo com o tratamento recebido)	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
3. A distribuição dos sujeitos foi cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
4. Inicialmente, os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
5. Todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
6. Todos os fisioterapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
7. Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, fizeram-no de forma cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
8. Medições de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelos grupos	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
9. Todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram medições de resultados receberam o tratamento ou a condição de controlo conforme a distribuição ou, quando não foi esse o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultados-chave por “intenção de tratamento”	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
10. Os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
11. O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:

A escala PEDro baseia-se na lista de Delphi, desenvolvida por Verhagen e colegas no Departamento de Epidemiologia, da Universidade de Maastricht (Verhagen AP et al (1988). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). A lista, na sua maior parte, baseia-se num “consenso de peritos” e não em dados empíricos. Incluíram-se na escala de PEDro dois itens adicionais, que não constavam da lista de Delphi (os itens 8 e 10 da escala de PEDro). À medida que forem disponibilizados mais dados empíricos, pode vir a ser possível ponderar os itens da escala de forma a que a pontuação obtida a partir da aplicação da escala PEDro reflita a importância de cada um dos itens da escala.

O objetivo da escala PEDro consiste em auxiliar os utilizadores da base de dados PEDro a identificar rapidamente quais dos estudos clínicos randomizados, ou quase-randomizados, (ou seja, ECR ou ECC) arquivados na base de dados PEDro poderão ter validade interna (critérios 2-9), e poderão conter suficiente informação estatística para que os seus resultados possam ser interpretados (critérios 10-11). Um critério adicional (critério 1) que diz respeito à validade externa (ou “potencial de generalização” ou “aplicabilidade” do estudo clínico) foi mantido para que a *Delphi list* esteja completa, mas este critério não será usado para calcular a pontuação PEDro apresentada no endereço PEDro na internet.

A escala PEDro não deverá ser usada como uma medida da “validade” das conclusões de um estudo. Advertimos, muito especialmente, os utilizadores da escala PEDro de que estudos que revelem efeitos significativos do tratamento e que obtenham pontuação elevada na escala PEDro não fornecem, necessariamente, evidência de que o tratamento seja clinicamente útil. Adicionalmente, importa saber se o efeito do tratamento foi suficientemente expressivo para poder ser considerado clinicamente justificável, se os efeitos positivos superam os negativos, e aferir a relação de custo-eficácia do tratamento. A escala não deve ser utilizada para comparar a “qualidade” de estudos clínicos realizados em diferentes áreas de terapia, principalmente porque nalgumas áreas da prática da fisioterapia não é possível satisfazer todos os itens da escala.

Modificada pela última vez em 21 de Junho de 1999
Tradução em Português vez em 13 de Maio de 2009

7.3. Congresso nacional biomecânica 2023- Resumo

10º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA
Figueira da Foz, Portugal, 5-6 de maio, 2023

What is the relationship between inspiratory muscle training and performance and respiratory biomechanics in athletes?

José Santos¹, Rui Viana² e Ana Alexandrino³

¹ Department of Physiotherapy, School of Health- P.Porto , Portugal, jsantosphysic@gmail.com

² Health School Fernando Pessoa , Porto, Portugal, ruiav@ufp.edu.pt

³ Department of Physiotherapy, School of Health- P.Porto , Portugal, ama@ess.ipp.pt

KEY-WORDS: *Respiratory Muscle Training, Athletic Performance, Muscles Strength, Endurance Training, Respiratory Function Tests.*

ABSTRACT: *Inspiratory muscle training has an important role in sports performance. Scientific evidence suggests the coadjuvation of sports performance competition training with association of training of the inspiratory muscles alongside the use of a threshold. The purpose of this review is to summarize and assess the scientific evidence about optimizing respiratory biomechanics in specific sports.*

1. INTRODUCTION

The respiratory system restricts exercise performance capacity due to increased ventilatory capacity, increasing respiratory muscle fatigue and the perception of shortness of breath [1].

Fatigue of the respiratory muscles inhibits elite performance athletes from reaching the maximum of their skills, activating the metaboreflex inducing the maximum inspiratory pressure (MIP).

As such, high performer athletes adopt strategies, in which training the inspiratory muscles (IMT) with threshold devices is important to increasing exercise tolerance.[4] Evidence suggests the association of these devices as elite performance training accessories in intervention protocols in high-competition athletes for their performance [4]. The articles [2] and [6] report a significant impact that the use of the threshold promotes the increase in the strength of the inspiratory muscles, which reflects positive effects on athletes during their sports performance.

However, scientific evidence indicates the need for further studies to understand the effects of IMT on athletes performance. Thus, the aim of this study is to systematize

the scientific evidence about the effects of IMT on performance and respiratory biomechanics in athletes.

2. Methods

This review was registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) (CRD42023385470) and developed according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews (PRISMA) [7] and also with the PEDro scale [3].

Inclusion and exclusion criteria were defined according to PICO, Inclusion Criteria: elite-performance athletes and sportsmen with defined modality; threshold use; intervention with training of monitored muscles that assess lung function; PIM; Maximum expiratory pressure (MEP); spirometry, intervention in sports performance, strength training, controlled muscles and resistance and articles in English. Exclusion criteria: individuals with respiratory diseases or comorbidities or physically unfit, diagnosed with pulmonary or cardiac pathologies, articles with intravenous pharmacological therapy or interventions that associate or compare physiotherapy with pharmacological therapies.

The research followed Medical Subject Headings (MeSH) [4] with combination: (Respiratory Muscle Training OR breathing exercises) AND (Athletic Performance OR Sports) AND Muscle Strength AND endurance training AND Respiratory Function Tests, searching in Pubmed database in order to identify controlled randomized studies that referred to the effects of training the inspiratory muscles in high competition athletes.

3. Results

Six studies were found with eligibility criteria reporting the intervention of the inspiratory muscles with threshold support (POWERbreathe®). The intervention protocol in the studies reveals heterogeneity in relation to the elite competition modality and variability in the type of intervention (moderate to vigorous training or both). However, studies have shown results with a significant impact on the performance of athletes. The use of threshold had significant effects in lung function and respiratory muscle strength. There was a main effect of training for MVV resulting in higher values post training [9]. Similarly, there was a main effect of training for an increase in MIP. Furthermore, significant differences were found between groups for P_Imax and P_Emax after 8 weeks. Study reported there was a significant main effect for peak breathing frequency, tidal volume, minute ventilation, and peak VO₂, indicating a significant increase with training [8].

4. Discussion

The discussion and analysis of the outcomes found in the articles will be matter of study.

5. Conclusions

Scientific evidence suggests that the use of the threshold associated with IMT induces many benefits in terms of respiratory capacity and performance in athletes, optimizing respiratory biomechanics in specific sports.

References

- [1] Cunha, M., Mendes, F., Paciência, I., Rodolfo, A., Carneiro-Leão, L., Rama, T., Rufo, J., Delgado, L., & Moreira, A., "The effect of inspiratory muscle training on swimming performance, inspiratory muscle strength, lung function, and perceived breathlessness in elite swimmers: a randomized controlled trial", *Porto Biomedical Journal*, 4(6), e49, (2019). <https://doi.org/10.1097/j.pbj.0000000000000049>
- [2] Chang, Y. C., Chang, H. Y., Ho, C. C., Lee, P. F., Chou, Y. C., Tsai, M. W., & Chou, L. W., "Effects of 4-week inspiratory muscle training on sport performance in college 800-meter track runners", *Medicina*, 57(1), 1–8, (2021). <https://doi.org/10.3390/medicina57010072>
- [3] de Morton, N. A., "The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study", *Australian Journal of Physiotherapy*, 55, 129–133, (2009).
- [4] Donato, H., & Donato, M., "Stages for undertaking a systematic review, In *Acta Medica Portuguesa*", 32(3), 227–235, (2019). <https://doi.org/10.20344/amp.11923>
- [5] Fernández-Lázaro, D., Gallego-Gallego, D., Corchete, L. A., Zoppino, D. F., González-Bernal, J. J., Gómez, B. G., & Mielgo-Ayuso, J., "Inspiratory muscle training program using the powerbreathe®: Does it have ergogenic potential for respiratory and/or athletic performance? a systematic review with meta-analysis", In *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(13), 6703, (2021). <https://doi.org/10.3390/ijerph18136703>
- [6] Hajghanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., Palmer, S. A., Toy, M. A., Walsh, C., Sheel, A. W., & Reid, A. W. D, Effects of Respiratory Muscle Training on Performance in Athletes: A Systematic Review with Meta-Analyses. 27, 1643-1663, (2013). www.nscs.com.
- [7] Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D., "The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration", *Journal of Clinical Epidemiology*. 62(10), 1–34, (2009). <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>.
- [8] Mackała, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Stodółka, J., Coh, M., & Rożek-Piechura, K., "The effect of respiratory muscle training on the pulmonary function, lung ventilation, and endurance performance of young soccer players", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), (2020). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010234>
- [9] Schaer, C. E., Wüthrich, T. U., Beltrami, F. G., & Spengler, C. M., "Effects of Sprint-Interval and Endurance Respiratory Muscle Training Regimens", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(2), 361–371, (2019). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001782>

7.4. Congresso nacional biomecânica 2023- Poster



What is the relationship between inspiratory muscle training, performance and respiratory biomechanics in athletes?

José Santos ¹, Rui Viana ² e Ana Alexandrino ³

¹Department of Physiotherapy, School of Health-P. Porto; jsantosphysic@gmail.com; ² Health School Fernando Pessoa- São João University Hospital Center, ruivav@ufp.edu.pt; ³ Department of Physiotherapy, School of Health-P. Porto, ama@ess.ipp.pt.

INTRODUCTION

High performer athletes adopt strategies, in which training the inspiratory muscles (IMT) with threshold devices is important to increasing exercise tolerance. Evidence suggests the association of these devices as elite performance training accessories in intervention protocols in high-competition athletes for their performance.

Fatigue of the respiratory muscles inhibits elite performance athletes from reaching the maximum of their skills, activating the metaboreflex inducing the maximum inspiratory pressure (PI_{max}).

OBJECTIVE

Scientific evidence indicates the need for further studies to understand the effects of IMT on athletes performance. Thus, the aim of this study is to systematize the scientific evidence about the effects of IMT on performance and respiratory biomechanics in athletes.

RESULTS

3 studies that investigated IMT and performance in athletes

1 in elite cyclists

1 with semi professional football players

1 with recreational rowers



Fig. IMT Threshold

DISCUSSION

- Respiratory muscle strength had significant results in PI_{max} and PE_{max} with the help of IMT and threshold in different sports activities;
- Ability to generate higher PI_{max} and PE_{max} during rest and cool-down after time trial;
- Greater aerobic performance in sports performance with a significant increase in VO_{2max} and generate a greater work pace;
- Significant changes in pulmonary parameters during increased performance intensity with increased efficiency of the inspiratory muscles;
- Significant changes in upper and lower limb strength gain associated with increased sports performance.

CONCLUSION

Main findings

- There is an association between the IMT and the increase in the athlete's performance;
- Positive effects on lung compliance at the biomechanical level during athlete performance;
- A study used theoretical VO_{2max} instead having carried out a laboratory protocol, this may represent bias.

Suggestions

- Larger data sample to understand better outcomes;
- Standardize intervention protocols in order to enhance results.

REFERENCES

- [1] D. Sonetti, J. Thomas, F. Pegelow & A. Dempsey, "Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance", *Respiration Physiology*, 127, 185-199, 2001.
- [2] K. Mackata, M. Kurzaj, P. Okrzymska, J. Słodka, M. Coh & K. Rozek-Piehura, "The Effect of Respiratory Muscle Training on the Pulmonary Function, Lung Ventilation and Endurance Performance of Young Soccer Players, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 2019.
- [3] S. Forbes, A. Game & D. Syrotuik, "The Effect of Inspiratory and Expiratory Respiratory Muscle Training in Rowers", *Sports Medicine*, 19, 217-230, 2011.

