



**UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA**  
**FCS/ESS**

**LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA**  
**PROJECTO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II**

**Efeitos do treino dos músculos inspiratórios com *inspiratory pressure*  
*threshold loading* na função pulmonar em atletas: uma revisão sistemática**

Roberto Daniel Costa Pereira

Estudante de Fisioterapia

Escola Superior de Saúde – UFP

[33795@ufp.edu.pt](mailto:33795@ufp.edu.pt)

Rui Antunes Viana

Professor Doutor

Professor Auxiliar Universidade Fernando Pessoa

[ruiav@ufp.edu.pt](mailto:ruiav@ufp.edu.pt)

Porto, Junho de 2019

## Resumo

**Objectivo:** O objectivo desta revisão sistemática foi avaliar o efeito do treino inspiratório, recorrendo a um dispositivo de treino *inspiratory pressure threshold loading* (IPTL), na força dos músculos respiratórios e função pulmonar em atletas. **Metodologia:** Foi realizada uma busca na Pubmed, Scopus e Web of Science em Maio de 2019. Os artigos foram avaliados em busca de ensaios clínicos randomizados controlados (RCTs) que avaliassem o treino *IPTL* do grupo de intervenção (GI) com um grupo placebo (GP) e/ou grupo de controlo (GC). Parâmetros de força muscular respiratória e função pulmonar foram avaliados. Qualidade metodológica avaliada com escala PEDro. **Resultados:** Doze artigos foram incluídos na análise qualitativa com uma média de 6.25 na escala de PEDro. Os estudos mostram uma relação estatisticamente significativa entre o treino inspiratório recorrendo a um dispositivo de treino *IPTL* e ganhos de força dos músculos inspiratórios. Por outro lado, não houve alteração nos principais parâmetros de função pulmonar com o treino inspiratório. **Conclusão:** O treino inspiratório recorrendo a um dispositivo *IPTL* pode ser efectivo no aumento da tolerância ao exercício, atrasando o aparecimento de fadiga dos músculos respiratórios, contribuindo para a prevenção de lesões.

**Palavras-chave:** treino músculos inspiratórios; treino músculos respiratórios, atletas, desporto

## Abstract

**Objective:** The aim of this systematic review was to evaluate the effects of inspiratory muscle training using an Inspiratory Pressure Threshold Loading (IPTL) device in respiratory muscle strength and pulmonary function in athletes. **Methods:** An electronic database search was conducted in Pubmed, Scopus and Web of Science in May, 2019. Articles retrieved were assessed to find RCTs who compared an intervention group using IPTL devices as inspiratory training with control and/or placebo groups. Parameters of respiratory muscle strength and pulmonary function were assessed. Methodological quality was assessed using PEDro scale. **Results:** Twelve articles were included in qualitative analysis with a medium PEDro score of 6.25. The studies showed a statistical significant relationship between inspiratory muscle training using IPTL devices and gains in strength in inspiratory muscles. There were no improvements in pulmonary function parameters. **Conclusions:** Inspiratory muscle training using IPTL devices seems to be able to extend exercise tolerance, delaying the onset of respiratory muscle fatigue, and improve injury prevention in athletes.

**Key-words :** inspiratory muscle training, respiratory muscle training, athletes, sports

## Introdução

Existem duas vias principais que libertam energia de acordo com as necessidades fisiológicas. Uma via que depende de oxigénio (aeróbia) e outra não (anaeróbia). A primeira é mais eficiente, mas liberta energia mais lentamente com conseqüente produção de CO<sub>2</sub> e água. A segunda é mais rápida a libertar energia, mas menos eficiente, produzindo ácido láctico prejudicial para os tecidos. A via aeróbia consegue acomodar exercício leve a moderado, mas quando a demanda física ultrapassa os limites, durante exercício de alta intensidade, a via anaeróbia é usada e o ácido láctico produzido induz acidificação das fibras musculares que interfere com o processo normal de contração. Esta acumulação de ácido é a razão pelo que o exercício de alta intensidade não pode ser mantido por mais do que alguns minutos (McConnell, 2011).

Respirar é um processo automático, apenas nos apercebemos da sua necessidade quando falha no acompanhamento das nossas necessidades e a sua contribuição é normalmente negligenciada quando se aborda fisiologia do exercício (McConnell, 2011).

É sabido que respirar mais forte ou rápido não aumenta a quantidade de oxigénio arterial, logo pulmões saudáveis não são limitadores do exercício. Mas esse não é o único factor que pode influenciar o exercício. Existe informação desde meados de 1980 a comprovar que os músculos inspiratórios apresentam fadiga pós exercício e esta ocorre nas várias modalidades desportivas, deitando por terra o conceito de que o diafragma, o principal músculo inspiratório, era, devido à sua evolução e adaptação, imune à fadiga (Edwards e Walker, 2009; McConnell, 2011).

Na década de 1990, Harms et al (1997) verificaram que durante exercício de alta intensidade a elevada demanda de fluxo sanguíneo para os músculos respiratórios gerou vasoconstrição e limitação do fluxo sanguíneo para os músculos locomotores. Do mesmo modo, Sheel, Derchak, Pegelow e Dempsey (2002) determinaram que o diafragma tem um limiar de esforço, a partir do qual é gerada vasoconstrição sistémica. A fadiga respiratória pode induzir vasoconstrição mediada pelo sistema nervoso simpático que vai limitar o fluxo sanguíneo e o fornecimento de O<sub>2</sub> aos músculos locomotores a favor dos músculos respiratórios. Este mecanismo é chamado de reflexo metabólico respiratório e pode ter como consequência a fadiga da musculatura locomotora limitando a tolerância ao exercício (Oueslati, Berriri, Boone e Ahmaid, 2018)

Mecanismos de *Feedforward* (regulação antecipatória) interagem com parâmetros de periféricos de *feedback* provenientes dos músculos, pH sanguíneo, temperatura da pele e sensação respiratória, para regular função neuromuscular. Este modelo teórico indica que a performance é constantemente regulada durante o exercício de modo a que o indivíduo possa

promover uma acção consciente de alteração de comportamento e assim evitar que qualquer sistema seja usado catastroficamente (Edwards e Walker, 2009).

Não é possível determinar directamente a força gerada pelos músculos respiratórios. Mas é possível determinar a pressão que os músculos geram através de índices de máxima pressão estática, durante esforços inspiratórios e expiratórios máximos. Pressão inspiratória máxima (PIM) e pressão expiratória máxima (PEM) devem ser usados para avaliar força e prescrever treino inspiratório (McConnell, 2011; ATS/ARS, 2002). Medidas de função pulmonar são obtidas recorrendo a medições de parâmetros espirométricos. Os aspectos principais da espirometria são a capacidade vital forçada (CVF), que corresponde ao volume de ar gerado durante uma expiração forçada e completa a partir de uma inspiração máxima, e Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF1), que corresponde ao volume gerado no primeiro segundo durante uma manobra de CFV (ATS/ERS, 2005).

Os pulmões fazem parte de um sistema que envolve músculos, e esses músculos fazem parte de um sistema que se adapta ao treino. (McConnell, 2011). Existem vários métodos de treino respiratório para resistência e força (Caine, Waller e Wilcox, 2003; Cahalin e Arena, 2015). O *IPTL* é o método mais utilizado e estudado e está englobado no treino de força. De um modo simples, os indivíduos respiram através de um dispositivo que contém uma válvula e uma mola que gera resistência ao fluxo inspiratório. Para ocorrer movimento de ar para os pulmões, os indivíduos necessitam de ultrapassar a resistência exercida pela válvula. O ar resultante da expiração sai então por outro local onde nenhuma resistência é gerada. Estes dispositivos são relativamente acessíveis, portáteis e de fácil utilização (McConnell, 2011; Caine, Waller e Wilcox, 2003).

O modo como os músculos respiratórios são recrutados, a ver com as características da modalidade desportiva, pode ter um papel determinante no seu decorrer (Oueslati, Berriri, Boone e Ahmaidí, 2018). Posto isto, é possível que o treino dos músculos inspiratórios usando um dispositivo *IPTL* melhore a tolerância ao exercício através da atenuação do esforço e modelação da activação do reflexo metabólico respiratório. O objectivo deste trabalho é avaliar a corrente evidência sobre o efeito do treino inspiratório usando um dispositivo *IPTL* em parâmetros de função pulmonar e força dos músculos respiratórios em atletas de várias modalidades.

## **Metodologia**

Esta revisão bibliográfica foi realizada de acordo com as recomendações PRISMA (Moher, Liberati, Tetzlaff e Altman, 2009). Foram realizadas buscas na PubMed, Web of Science e Scopus em Maio de 2019. A estratégia de pesquisa, palavras e operadores booleanos, foi a mesma para todas as bases de dados: “(Inspiratory muscle training OR respiratory muscle training) AND (athletes OR sports)”. Os filtros/limites “clinical trials”, “articles”, “english” e “humans” completaram a pesquisa. Não foi adoptado qualquer limite/restricção temporal.

Os resultados foram exportados e revistos usando o programa EndNote X9 (Thompson Reuters, US). Depois de removidos duplicados, uma primeira avaliação dos títulos e abstracts foi realizada para inclusão. Os artigos seleccionados foram adquiridos para avaliação do texto integral. Preenchiam os critérios de inclusão RCTs que avaliassem o efeito do treino dos músculos inspiratórios, usando um dispositivo *IPTL*, em atletas saudáveis e com uma modalidade desportiva definida. O GI teria de ser comparado com um GC e/ou GP. *Outcomes* de função pulmonar e força dos músculos respiratórios teriam de ser avaliados pré e pós intervenção. Apenas artigos em inglês foram considerados. Eram excluídos artigos que avaliassem outro treino respiratório que não inspiratório usando *IPTL* ou treino inspiratório em conjunto com treino expiratório.

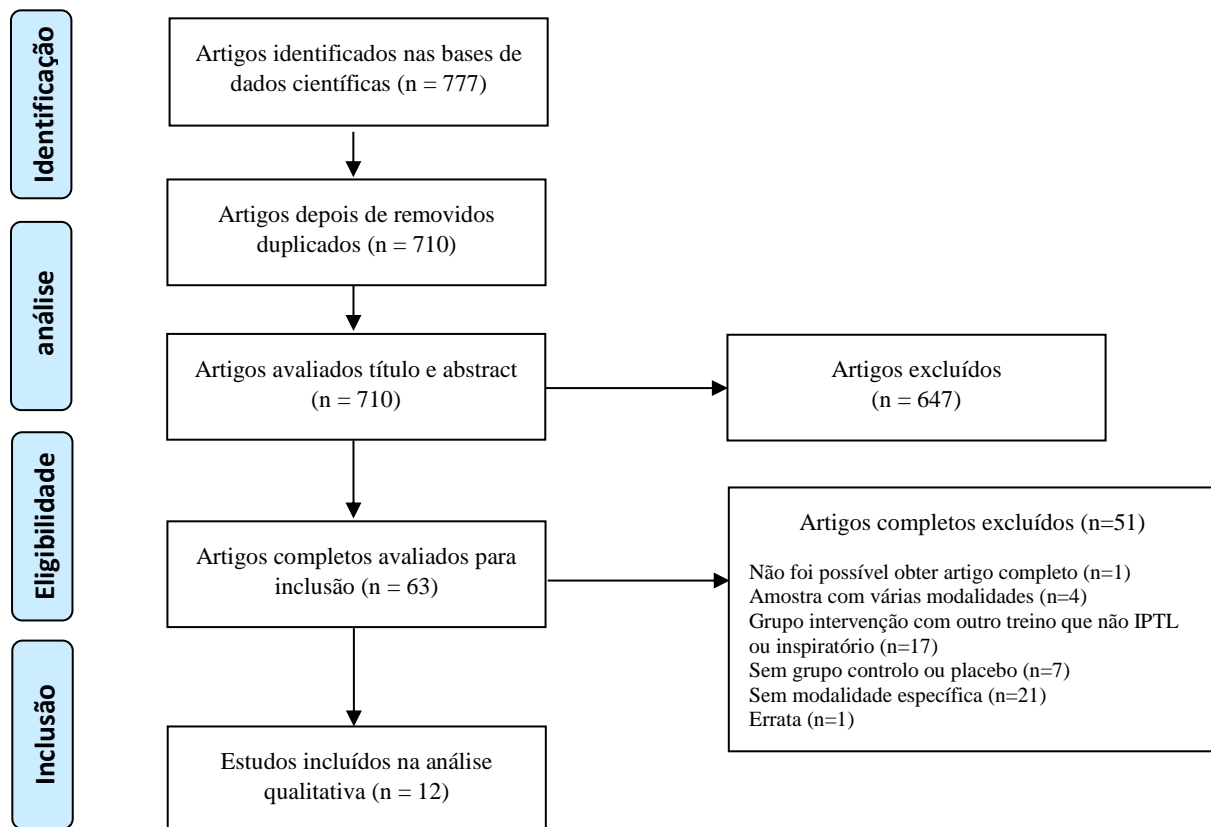
Foram retiradas informações do tipo de modalidade, sexo e idade dos participantes, tamanho da amostra, protocolo de treino inspiratório e *outcomes* de função pulmonar e força muscular respiratória. Testes desportivos específicos/performance não foram avaliados.

A qualidade metodológica dos artigos incluídos para revisão foi estimada usando a escala PEDro, Physiotherapy Evidence Database (Maher et al., 2003), que consiste em 11 itens relacionados com o rigor científico com que os estudos foram realizados. Cada resposta afirmativa corresponde a 1 ponto até um máximo de 10 pontos, sendo que 1 item (critérios de elegibilidade) não é contabilizado.

## **Resultados**

Foram identificados 777 artigos na pesquisa bibliográfica. Depois de removidos duplicados e avaliados títulos e abstracts, 63 artigos foram seleccionados para revisão integral. Destes artigos, não foi possível adquirir 1 artigo completo e 50 não cumpriam critérios de inclusão.

Um total de 12 artigos foram incluídos na análise qualitativa. O resumo do processo de busca e selecção está descrito na figura 1.



**Figura 1.** Fluxograma da pesquisa bibliográfica e selecção de artigos.

A qualidade metodológica dos estudos obteve uma média de resultados de 6.25, variando de 4 (Volianitis et al., 2001) a 8 (Nunes-Júnior et al., 2018). O critério 3 (distribuição cega dos indivíduos) foi cumprido apenas por Nunes-Júnior et al., (2018), 6 (terapeutas administraram terapia de forma cega) não foi cumprido em qualquer dos artigos e 7 (avaliadores mediram resultados de forma cega) foi cumprido apenas por Romer, McConnell e Jones (2002a; 2002b). Dados completos na tabela 1.

A amostra dos GI compreende um total de 110 atletas e a amostra dos GP e GC 118 atletas. A média de idades era de aproximadamente 24.3 anos, variando de 19.05 (Kilding, Brown e McConnell, 2010) a 30.75 anos (Johnson, Sharpe e Brown, 2007). A amostra é composta por elementos do sexo masculino em 8 artigos (Hartz et al., 2018; Turner et al., 2012; Guy, Edwards e Deakin, 2014; Klusiewicz et al., 2008; Johnson, Sharpe e Brown, 2007; Romer, McConnell e Jones, 2002a; 2002b; Inbar et al., 2000) e pelo sexo feminino em 1 artigo (Volianitis et al., 2001), comendo 66.7% e 8.4%, respectivamente. Dos restantes 3 artigos (24.9%), dois

utilizaram uma amostra com ambos os sexos (Nicks, Morgan, Fuller e Caputo, 2009; Kilding, Brown e McConnell, 2010) e um não faz referência ao sexo dos atletas (Nunes-júnior et al., 2018). Foram identificadas seis modalidades nos 12 artigos (4 ciclismo (33.4%), 2 futebol (16.7%), 2 remo (16.7%), 1 track and field (8.3%), 1 rugby (8.3%), 1 andebol(8.3%) e 1 natação(8.3%)). Características da amostra estão presentes na tabela 2.

**Tabela 1.** Avaliação da qualidade metodológica segundo a escala PEDro.

Autor (ano)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Hartz et al. (2018)	Sim	1		1	1			1	1	1	1	7
Nunes-Júnior et al. (2018)	Sim	1	1	1	1			1	1	1	1	8
Guy, Edwards e Deakin (2014)	Sim	1		1	1					1	1	5
Turner et al. (2012)	Sim	1		1	1			1	1	1	1	7
Kilding, Brown e McConnell (2010)	Sim	1		1				1	1	1	1	6
Nicks, Morgan, Fuller e Caputo (2009)	Sim	1		1				1		1	1	5
Klusiewicz et al. (2008)	Sim	1						1	1	1	1	5
Johnson, Sharp e Brown (2007)	Sim	1		1				1	1	1	1	6
Romer, McConnell e Jones (2002a)	Sim	1		1	1		1	1	1	1	1	8
Romer, McConnell e Jones (2002b)	Sim	1		1	1		1	1	1	1	1	7
Volianitis et al. (2001)	Sim	1		1						1	1	4
Inbar et al. (2000)	Sim	1		1	1			1	1	1	1	7

**Descrição dos critérios:** 1 critérios de elegibilidade foram especificados. 2 sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupo. 3 distribuição cega dos indivíduos. 4 valores similares na baseline. 5 indivíduos participaram de forma cega. 6 terapeutas administraram terapia de forma cega. 7 avaliadores mediram resultados de forma cega. 8 perda de amostra inferior a 15%. 9 intenção de tratamento. 10 análise estatística entre grupos. 11 avaliação do efeito do tratamento.

O treino foi implementado 2/dia, 30 repetições cada sessão, à exceção de Nunes-Júnior et al. (2018) e Inbar et al. (2000), que indicam 30 repetições 1/dia e 30 minutos 1/dia, respectivamente. A média de frequência semanal é de aproximadamente 6.2, variando de 3 (Nunes-Júnior et al., 2018) a 7 dias por semana (Turner et al., 2012; Guy, Edwards e Deakin, 2014; Klusiewicz et al., 2008; Johnson, Sharpe e Brown, 2007; Romer, McConnel e Jones, 2002a; 2002b; Volianitis et al., 2001). A média de duração da intervenção foi de aproximadamente 8.1 semanas, de 5 (Nicks, Morgan, Fuller e Caputo, 2009) a 12 semanas (Hartz et al., 2018; Nunes-Júnior et al., 2018). A resistência do aparelho de treino era ajustada individualmente para cada indivíduo e calculada com base no valor de PIM. A resistência era ajustada pré-intervenção e mantinha-se fixa até ao término em 3 artigos (Guy, Edwards e Deakin, 2014; Turner et al., 2012; Volianitis et al., 2001) e era ajustada durante a intervenção nos restantes 9 artigos (Hartz et al., 2018; Nunes-Júnior., 2018; Kilding, Brown e McConnell, 2010; Romer, McConnel e Jones, 2002a; 2002b; Inbar et al., 2000; Johnson, Sharpe e Brown, 2007; Nicks, Morgan, Fuller e Caputo, 2009; Klusiewicz et al., 2008).

**Tabela 2.** Modalidade, características da amostra, protocolo de intervenção, parâmetros avaliados e resultados dos artigos.

<b>Autor (ano)</b>	<b>Modalidade (País)</b>	<b>Características da amostra</b>	<b>Protocolo de intervenção</b>	<b>Parâmetros avaliados e resultados</b>
<b>Hartz et al. (2018)</b>	Andebol (Brasil)	Sexo: M  Idade: GI 19 ± 4 GP 22 ± 1  Amostra (n) GI n=10 GP n=9	GI: 12 semanas 30 repetições, 2/dia, 5/semana. 50% PIM até 4ª semana, 60% PIM da 5ª até 8ª semana, 70% PIM da 9ª até 12ª semana. Ajustes da resistência a cada semana.  GP: Mesmo protocolo com 15% PIM  POWERbreathe Plus Heavy Resistance sports model	GI ↑ PIM 54.1% (p<0.05) (170 ± 34.3 cmH2O inicial até 262 ± 33 cmH2O) ↑ PEM 23% (p<0.05) (177 ± 36cmH2O inicial até 218 ± 37 cmH2O) ↑ VMV (162 ± 25L até 174 ± 30L) (p<0.05)  GP ↑ PIM 23% (p<0.05) (173 ± 44cmH2O inicial até 213 ± 21cmH2O)
<b>Nunes-Júnior et al. (2018)</b>	Rugby (Brasil)	Sexo: SR  Idade: GI 22 ± 4 GP 23 ± 2  Amostra (n): GI n=10 GP n=10	GI: 12 semanas (36sessões) 30 repetições, 1/dia, 3/semana 80% do MIP com ajustes a cada 4 sessões  GP: Mesmo protocolo, sem resistência no dispositivo.  Breather Plus IMT Power®	GI ↑ PIM 29.4%. (160 ± 4 inicial até 207 ± 11cmH2O) ↑ PEM 32.5%. (151 ± 44 inicial até 200 ± 10cmH2O) ↑ VMV 22% (p<0.05) (100 ± 14 inicial até 122 ± 26%)  CVF, VEF1 e VEF1/CVF sem diferenças significativas (p>0.05) em qualquer dos grupos. PIM, PEM e VMV obtiveram aumentos significativos, p=0.04, p=0.02 e p=0.03, respectivamente, quando comparados GI e GP, com 38, 32 e 22%
<b>Guy, Edwards e Deakin (2014)</b>	Futebol (Austrália)	Sexo: M  Idade: GI 26.6 ± 8.2 GP 23.9 ± 6.7 GC 21.3 ± 4.9  Amostra (n): GI n=12 GP n=9 GC n=10	GI: 6 semanas 30 repetições, 2/dia 55% MIP  GP: Mesma intervenção sem pressão relevante. GC: Sem intervenção  POWERbreathe International Ltd, Warwickshire, UK	GI ↑ PIM 15% (p = 0.002) (134 ± 24 inicial até 152 ± 21cmH2O)  GP e GC com aumentos não significativos (p>0.05) de 9 e 2%, respectivamente.  Diferença significativo entre grupos GI e GC (p=0.002) Não há alteração em CVF e VEF1 em cada grupo ou entre grupos.
<b>Turner et al. (2012)</b>	Ciclismo (EUA)	Sexo: M  Idade: GI+GP 24 ± 5  Amostra (n): GI n=8 GP n=8	GI: 6 semanas 30 repetições, 2/dia 50% MIP sem ajustes  GP: 60 repetições, 1/dia, 15% MIP  POWERbreathe, HaB Internacional, Southam, UK	GI ↑ PIM 22±13.2% (p<0.05) (116 ± 15 até 142 ± 19cmH2O) GP PIM sem aumento significativo pré e pós-intervenção.  CVF, VEF1, VEF1/CVF e PEFr sem alterações significativas pré o pós-intervenção e entre grupos.



<b>Kilding, Brown e McConnell (2010)</b>	Natação (Nova Zelândia)	Sexo: M+F Idade: GI 19.1 ± 2.6 GP 19 ± 2.1  Amostra (n): GI n=8 GP n=8	GI: 6 semanas (84 sessões) 30 repetições, 2/dia, 6/semana 50% MIP com ajustes periódicos  GP: Mesmo protocolo com 60 repetições, 1/dia e 15% MIP  POWERbreathe, HaB Internacional Ltd, UK	GI ↑ PIM 9.1 ± 4.2% (p<0.01). Não refere valores reais em cmH2O ↑ PIM 8.9 ± 3.6% (p<0.01), relativamente ao GC  CFV, VEF1 e PFE sem alterações em qualquer dos grupos.
<b>Nicks, Morgan, Fuller e Caputo (2009)</b>	Futebol (EUA)	Sexo: M+F Idade: GI 19.8 ± 0.9 GC 19.9 ± 1.3  Amostra (n): GI n=13 GC n=14	GI: 5 semanas 30 repetições, 2/dia, 5/semana 50% PIM com resistência ajustada 1 a 2x/semana  GC: Sem intervenção  Powerlung Inc., Sport Model, Houston, TX, USA)	GI ↑ PIM ~20% (p<0.001) (138.1 ± 19.6 até 165.3 ± 23.5cmH2O)  GC ↑ PIM ~2% (p>0.05) Não significativo.  CVF, VEF1 e VEF1/CVF apenas para estabelecer baseline
<b>Klusiewicz et al. (2008)</b>	Remo (Polónia)	Sexo: M Idade: GI 27.0 ± 3.1 GC 22.9 ± 1.6  Amostra (n): GI n=7 GC n=8	GI: 11 semanas 30 repetições, 2/dia 62+/-3% PIM durante 6 semanas 77+/-5% PIM nas últimas 5 semanas  GC: Sem intervenção  POWERbreathe IMT technologies Ltd., Birmingham,UK	GI Após 6 semanas ↑ PIM 19.6 ± 9.7% (p<0.05) (152 ± 14 até 181 ± 13cmH2O) Após 11 semanas ↑ PIM 33.9 ± 18.9% (p<0.05) (152 ± 14 até 201 ± 10cmH2O) 14 semanas após treino ↓ PIM 9.5 ± 9.1% em relação ao fim da intervenção (p<0.05 em relação à baseline)  GC Sem alteração em qualquer variável
<b>Johnson, Sharpe e Brown (2007)</b>	Ciclismo (Reino Unido)	Sexo: M Idade: GI 31.6 ± 7.5 GP 29.9 ± 8.9  Amostra (n) GI n=9 GP n=9	GI: 30 repetições, 2/dia, 6 semanas 50% MIP com ajustes de resistência a cada 2 semanas  GP: Dispositivo de Treino hipóxico como placebo  POWERbreathe®, Gaiam, UK	GI 2 semanas ↑ PIM 8.4 ± 9.1% (P<0.05) 4 semanas ↑ PIM 10.6 ± 8.3% (P<0.01) 6 semanas ↑ PIM 17.1 ± 12.2% (P<0.01) ↑~25.65cmH2O em relação à baseline (150 ± 29cmH2O)  GP PIM sem alterações  VEF1, CVF, VEF1/CVF, PFE e VMV apenas para estabelecer baseline.

<b>Romer, McConnell e Jones (2002a)</b>	Ciclismo (Reino Unido)	Sexo: M Idade: GI 29.5 ± 3.3 GP 30.3 ± 2.6 Amostra (n): GI n=8 GP n=8	GI: 6 semanas (84 sessões) 30 repetições, 2/dia 50% PIM com ajustes periódicos GP: Mesmo protocolo com 60 repetições, 1/dia 15% PIM POWERbreathe®, IMT Technologies Ltd., Birmingham, UK	GI ↑ PIM 28 ± 7% (102 ± 6 até 126 ± 5cmH2O) (p<0.01) CVF, VEF1, VEF1/CVF, PFE e VMV sem alteração. GP Sem alteração em qualquer variável.
<b>Romer, McConnell e Jones (2002b)</b>	Ciclismo (Reino Unido)	Sexo: M Idade: GI 29.5 ± 3.3 GP 30.3 ± 2.6 Amostra (n): GI n= 8 GP n=8	GI: 6 semanas (84 sessões) 30 repetições, 2/dia 50% PIM com ajustes periódicos GP: Mesmo protocolo com 60 repetições, 1/dia 15% PIM POWERbreathe®, IMT Technologies Ltd., Birmingham, UK	GI ↑ PIM 28 ± 7% (99.8 ± 7.9 até 127.6 ± 7.5cmH2O) CVF, VEF1, VEF1/CVF, PFE, VMV sem alteração. GP sem alteração em qualquer variável.
<b>Volianitis et al. (2001)</b>	Remo (Reino Unido)	Sexo: F Idade: GI + GP 23.8 ± 3.8 Amostra (n) GI n=7 GP n=7	GI: 11 semanas 30 repetições, 2/dia 50% MIP sem referência a ajustes da resistência. GP: Mesmo protocolo com 60 repetições, 1/dia 15% PIM POWERbreathe®, IMT Technologies Ltd., Birmingham, UK	GI 4 semanas ↑ PIM 40 ± 25cmH2O (40.7 ± 25.1%; p<0.01) (104 ± 8 até 144 ± 10cmH2O) 11 semanas ↑ PIM 44 ± 25cmH2O (45.3 ± 29.7%; p<0.01) (104 ± 8 até 148 ± 10) GP sem diferenças significativas
<b>Inbar et al. (2000)</b>	Field and Track (Israel)	Sexo: M Idade: GI + GP 28.9 ± 8.9 Amostra (n): GI n=10 GP n=10	GI: 10 semanas 30 minutos, 1/dia, 6/semana 30% PIM durante 1ª semana e ajustes de 5% a cada sessão até um máximo de 80% do PIM ao fim de 4 semanas. Ajustes semanais até às 10 semanas de acordo com o valor de PIM atingido. GP: Mesmo protocolo, mas sem resistência no dispositivo. Threshold™ Inspiratory Muscle Training, Healthscan, NJ	GI ↑ PIM de 142.2 ± 24.8 para 177.2 ± 32.9 cmH2O (p<0.005) GP Sem diferenças significativas para qualquer variável. CVF, VEF1 e VMV60s sem diferenças significativas entre grupos ou dentro do mesmo grupo.

**Legenda:** M masculino. F feminino. GI grupo de intervenção. GP grupo placebo. GC grupo de controlo. PIM pressão inspiratória máxima. PEM pressão expiratória máxima. VMV ventilação máxima voluntária. CVF capacidade ventilatória forçada. VEF1 volume expiratório forçado no primeiro segundo. PFE pico fluxo expiratório. ↑ aumento. ↓ diminuição. PEF<sub>R</sub> peak expiratory flow rate

Nove artigos (Hartz et al., 2018; Nunes-Júnior et al., 2018; Turner et al., 2012; Kilding, Brown e McConnell, 2010; Volianitis et al., 2001; Romer, McConnel e Jones, 2002a; 2002b; Inbar et al., 2000; Johnson, Sharpe e Brown, 2007), correspondendo a 66.7%, comparavam GI com GP, onde o dispositivo exercia nenhuma ou alguma resistência não relevante. Dois artigos (Nicks, Morgan, Fuller e Caputo, 2009; Klusiewicz et al., 2008), correspondendo a 16.7%, comparavam GI com GC, onde atletas apenas realizavam treino normal da modalidade. Um artigo (Guy, Edwards e Deakin, 2014), correspondendo a 8.3%, comparava GI com GP (pressão irrelevante) e GC (sem treino inspiratório). As características do protocolo estão presentes na tabela 2.

Todos os 12 artigos revistos apresentam valores de PIM pré e pós intervenção. Valores indicam uma relação estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre o treino inspiratório usando *IPTL* e os valores de PIM. O ganho referente ao valor de PIM, para os GI, variou entre 18cmH<sub>2</sub>O (Guy, Edwards e Deakin, 2014) e 92cmH<sub>2</sub>O (Hartz et al., 2018). A média de ganhos foi de aproximadamente 35.5cmH<sub>2</sub>O entre estudos. Valores espirométricos de função pulmonar foram medidos pré e pós intervenção em 8 artigos (Hartz et al., 2018; Nunes-Júnior et al., 2018; Turner et al., 2012; Kilding, Brown e McConnell, 2010; Romer, McConnel e Jones, 2002a; 2002b; Inbar et al., 2000; Guy, Edwards e Deakin, 2014). Dois dos artigos (Nicks, Morgan, Fuller e Caputo, 2009; Johnson, Sharpe e Brown, 2007) utilizaram valores apenas para estabelecer condição dos atletas pré-intervenção (baseline) e os restantes (Klusiewicz et al., 2008; Volianitis et al., 2001) não avaliaram. No geral, os valores de função pulmonar não sofreram alterações significativas pós-intervenção comparativamente à baseline ( $p > 0.05$ ). Apenas o parâmetro de ventilação máxima voluntária (VMV) obteve valores relevantes ( $p < 0.05$ ) em 2 estudos (Hartz et al, 2018; Nunes-Júnior et al, 2018). Parâmetros avaliados e resultados obtidos em cada estudo presentes na tabela 2.

## **Discussão**

Parece haver uma relação positiva entre a duração da intervenção e os ganhos de PIM. Os 5 estudos (Hartz et al., 2018; Nunes-Júnior et al., 2018; Klusiewicz et al., 2008; Volianitis et al., 2001; Inbar et al., 2000) a realizar a intervenção durante 10 e 12 semanas são os estudos com melhor resultados, com uma média de ganhos de aproximadamente 53.4cmH<sub>2</sub>O comparativamente aos restantes, que têm duração entre 5 e 6 semanas e média de ganhos de 22.7cmH<sub>2</sub>O. O princípio da sobrecarga, realizando ajustes de resistência no dispositivo durante a intervenção, é implementado em todos os artigos com duração entre 10 e 12 semanas (acima mencionados). Nos restantes, com duração entre 5 e 6 semanas, foram implementados ajustes

periódicos da resistência em 5 artigos e resistência permaneceu fixa em 2 artigos, com uma média de ganhos de 23.03cmH<sub>2</sub>O e 22cmH<sub>2</sub>O, respectivamente. Ganhos observados nas primeiras semanas de um treino podem ter a ver com processos de adaptação neural e não directamente com aumento de força (McConnell, 2011). Este período preparatório pode explicar a semelhança dos resultados

Todos os estudos obtiveram uma relação estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre o treino inspiratório usando *IPTL* e o aumento de força inspiratória, medidos pelo PIM. Os dois estudos a avaliar o PEM (Hartz et al., 2018; Nunes-Júnior., 2018) também indicam uma relação positiva entre o treino inspiratório e ganhos de força nos músculos expiratórios, com uma média de ganhos de 41 e 49cmH<sub>2</sub>O, respectivamente. Estes ganhos podem ser indicadores de influência do treino inspiratório nos músculos expiratórios ou apenas ganhos do treino da modalidade.

Não existe relação entre o treino inspiratório e o aumento dos valores espirométricos de CVF e FEV1 ( $p > 0.05$ ) nos 8 artigos onde foi avaliado. O treino inspiratório não aumenta fluxo nem capacidade pulmonar, e não melhora a capacidade que os pulmões têm de transferir oxigénio para o sangue, como foi referido anteriormente. Isto pode dever-se ao facto de os pulmões estarem completamente formados e desenvolvidos no adulto jovem, por volta dos 21 anos (Schittny, 2017). Dois artigos encontraram uma relação estatística significativa pré e pós intervenção ( $p < 0.05$ ) entre treino inspiratório e VMV. Este parâmetro corresponde ao máximo volume de ar que um indivíduo consegue gerar num certo limite de tempo e é usado como índice de resistência dos músculos respiratórios, logo é possível que este aumento permita prolongar a manutenção de intensidades elevadas durante o exercício. A duração de intervenção parece ser uma das razões, visto que só ocorreu em artigos com 12 semanas de treino (Hartz et al., 2018; Nunes-Júnior et al., 2018).

### **Desportos de equipa**

Os desportos de equipa, também descritos como intermitentes, envolvem rasgos explosivos de alta intensidade, esforços significativos para manter estabilidade do tronco em acções de contacto e não contacto e tomada de decisões tácticas consecutivas durante desconforto respiratório elevado (McConnell, 2011). Foram avaliadas 3 modalidades com as características descritas: o rugby, futebol e andebol.

O rugby requer uma capacidade extra para estabilização do tronco para realizar acções como *tackles*, *scrums*, *rucks* e *mauls*, com componente isométrico elevado, e para gerar fluxo devido ao uso de protectores bocais (McConnell, 2011). Nunes-Júnior et al. (2018) obteve ganhos de

PIM e PEM de aproximadamente 47cmH<sub>2</sub>O e 49cmH<sub>2</sub>O, respectivamente, correspondendo a 29.4 e 32.5%. O VMV obteve ganhos de 22% relativo à baseline. Estes ganhos elevados de força expiratória e resistência podem ser reflexo do treino normal da modalidade, da resistência de treino inspiratório (80% PIM) e do tempo de intervenção (12semanas). Relativamente ao futebol, Guy, Edwards e Deakin (2014) obteve um aumento de aproximadamente 18cmH<sub>2</sub>O (15%) e Nicks, Morgan, Fuller e Caputo (2009) um aumento de aproximadamente 27.2cmH<sub>2</sub>O (20%). O facto de a frequência semanal e tempo de intervenção serem menores neste último não impediu um maior ganho. Pode dever-se ao facto de realizar ajustes na resistência durante a intervenção, fazendo valer o princípio da sobrecarga. No andebol, Hartz et al. (2018) obteve um aumento do valor de PIM de 92cmH<sub>2</sub>O (54.1%). Este é o maior valor obtido entre estudos por larga margem. Também o valor de PEM aumentou cerca de 41cmH<sub>2</sub>O (23%) assim como o valor de VMV. O tempo de intervenção foi de 12 semanas, 5/semana, 2/dia. A resistência foi ajustada (princípio da sobrecarga) de 4 em 4 semanas, em 50, 60 e 70% do PIM. O GP aumentou o PIM em 23%, onde o protocolo foi conduzido utilizando 15% do PIM como resistência durante o tempo de intervenção. O tempo de intervenção realizado, mesmo com uma resistência supostamente negligenciável, parece ter produzido ganhos na função neuromuscular e produção de força.

Com os resultados obtidos, é possível que o treino *IPTL* tenha efeitos positivos em atletas de modalidades intermitentes, podendo acelerar a recuperação entre sprints, influenciar a tomada de decisões devido à diminuição da percepção de esforço, aumentar eficiência das interações entre atletas e objectos devido à manutenção da estabilidade do tronco.

## **Remo**

Os músculos da respiração são os mesmo que mantêm a estabilidade do tronco e permitem a transmissão de força eficaz para os remos. Ao aumentar pressão intra-abdominal também contribuem para a protecção de lesões na coluna lombar e fracturas na grade costal. A biomecânica do remo impõe variadas e extrema demanda nos músculos respiratórios. Um exemplo prático é o facto de, no final da remada, a anca estar parcialmente em extensão e os ombros atrás da anca. Isto significa que os músculos respiratórios impedem o atleta de cair para trás e, ao mesmo tempo, necessitam de realizar uma respiração rápida e de grande volume (McConnell, 2011).

Klusiewicz et al. (2008) e Volianitis et al. (2001) obtiveram ganhos de PIM de aproximadamente 49cmH<sub>2</sub>O e 44cmH<sub>2</sub>O, respectivamente, correspondendo a ganhos de

33.9% e 45.3%. Em Volianitis et al. (2001) a amostra era composta por elementos do sexo feminino e em Klusiewicz et al. (2008) do sexo masculino. Apesar de os ganhos de PIM serem maiores no sexo masculino, a maior percentagem de ganho ocorreu no sexo feminino. O protocolo foi o mesmo em termos de frequência diária, semanal e duração total da intervenção. A única diferença prende-se com os ajustes de resistência realizados no sexo masculino (62 a 77%PIM), comparativamente a uma resistência mais baixa (50%) e fixa no sexo feminino. Estes dados podem significar que o sexo feminino beneficiou mais com o treino inspiratório e os valores poderiam ser maiores se fosse aplicado o princípio da sobrecarga.

Valores *baseline* muito diferentes entre indivíduos surgiram em Klusiewicz et al. (2008), levando a aumentos do PIM tão diferentes como 20% e 75% entre atletas. Correlação negativa entre valores iniciais de PIM e finais foi encontrada ( $p < 0.05$ ).

O treino inspiratório pode aumentar a capacidade de manter padrões de respiração mais lentos e profundos, aumentar estabilidade do tronco, com consequente aumento da produção de força e prevenção de lesões.

## **Ciclismo**

Todos os 4 estudos com ciclismo (Turner et al., 2012; Johnson, Sharpe e Brown, 2007; Romer, McConnel e Jones, 2002a; 2002b) apresentaram o mesmo protocolo e todos os elementos do sexo masculino. O PIM aumentou uma média de aproximadamente 25.9cmH<sub>2</sub>O (24-27.8), correspondendo a uma média de 23.8% (17.1-28). Valores de função pulmonar sem alteração.

A posição de flexão do tronco e coxa para permitir o apoio dos antebraços nas barras tende a ser muito usada porque diminui a resistência exercida pelo ar. Esta vantagem ocorre em detrimento da eficiência da respiração, baixando o volume corrente e aumentando a frequência, devido à aproximação das vísceras ao diafragma limitando a excursão deste e aumentando o esforço necessário para ventilar. Ciclistas que já usam esta posição há muito tempo parecem adaptar-se. O treino inspiratório pode acelerar este processo. Os ciclistas usam muito da energia disponível para estabilizar o tronco de modo a otimizar a produção de força. Se o tronco é a fundação pela qual a força é transmitida para o pedal e se a sua estabilidade é influenciada pela respiração, então a falha do sistema respiratória vai induzir falha na estabilidade do tronco e consequente aumento do risco de lesões e diminuição da produção de força (McConnell, 2011). O treino inspiratório pode ajudar na manutenção da estabilidade do tronco e transmissão de

força, permitindo aos músculos trabalhar melhor em posturas extremas adoptadas pelos ciclistas.

### **Natação**

O meio aquático é um dos mais desafiantes para os músculos respiratórios. Este meio produz o maior aumento de fadiga muscular (29%) relativamente a modalidades terrestres (10-20%). (Lomax e MacConnell, 2003 cit. in McConnell, 2011). Era, portanto, de supor que o treino inspiratório tivesse efeito elevado, mas em Kilding, Brown e McConnell (2010) a força inspiratória (PIM) aumentou em aproximadamente 10.5cmH<sub>2</sub>O no fim da intervenção, correspondendo a  $9.1 \pm 4.2\%$ . Este é o valor mais baixo obtido pós intervenção em todos os estudos. A razão para tal pode ter que ver directamente com as características da modalidade. Respirar com o tórax imerso em água requer mais esforço porque, para além da resistência normal, sobrepõe-se a pressão hidrostática. Os atletas tendem a adotar uma estratégia que consiste numa frequência respiratória baixa e inspiração e expiração rápidas de grande volume. Estas características produzem o efeito de treino inspiratório (McConnell, 2011).

### **Dispositivos IPTL**

Os dispositivos IPTL têm a capacidade de fornecer resistência inicial suficiente ao fluxo de ar. No entanto à medida que os pulmões aumentam o volume de ar, a sua força vai diminuindo. Isto significa que quando a força já não é suficiente para manter a válvula aberta ela fecha prematuramente. Dependendo da carga que é ajustada para o treino, vai haver sempre um limite de amplitude que não recebe estímulo de treino (Caine, Waller e Wilcox, 2003).

### **Conclusão**

O treino inspiratório com IPTL pode contribuir para o aumento da tolerância ao exercício, diminuindo a percepção de esforço e aumentando o limiar de activação do reflexo metabólico respiratório. O aumento da tolerância ao exercício permite também a manutenção da estabilidade do tronco por períodos maiores de tempo contribuindo para a produção de força gerada e prevenção de lesões.

### **Limitações**

Protocolos heterogéneos em termos de duração, frequência semanal e resistência do dispositivo, comparação entre sexos reduzida a 2 artigos com a mesma modalidade desportiva, protocolos de treino não funcionais, ou seja, treinos realizados isoladamente do treino regular da modalidade foram algumas das limitações encontradas. Apenas um estudo apresentou GP e GC

juntamente com o GI, o que pode ser indicador do número reduzido de elementos disponível para compor a amostra dos estudos.

## **Bibliografia**

- ATS/ERS (2002). Statement on respiratory muscle training. *Am J Respir Crit Care Med*, 166, 518–624.
- ATS/ERS (2005). TASK FORCE: Standardisation of Lung Function Testing. *Eur Respir J*, 26, 319–338.
- Cahalin, L. P. e Arena, R. (2015). Novel Methods of Inspiratory Muscle Training via the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). *Exerc. Sport Sci. Rev*, 43(2), 84-92.
- Caine, M. P., Waller, T. M. e Wilcox, A. (2003). Design considerations for inspiratory muscle training systems. *Proc. Instn Mech. Engrs*, 217
- Edwards, A. M. e Walker, R. E. (2009). Inspiratory Muscle Training and Endurance : A Central Metabolic Control Perspective. *Internacional Journal of Sports Physiology and Performance*, 4, 122-128.
- Guy, J. H., Edwards, A. M. e Deakin, G. B. (2014). Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players without concomitant gain in soccer-specific fitness. *Journal of strength and conditioning research*, 28(2), 483-491.
- Harms, C. A., Babcock, M. A., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nickele, G. A., Nelson, W. B. e Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *J Appl Physiol*, 82, 1573–1583.
- Hartz, C. H., Sindorf, M. A. G., Lopes, C. R., Batista, J. e Moreno, M. A. (2018). Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 63, 43-51.
- Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A. e Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1233-1237.
- Johnson, M. A., Sharpe, G. R. e Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *Eur J Appl Physiol*, 101, 761–770.
- Kilding, A. E., Brown, S. e McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European journal of applied physiology*, 108, 505-511.
- Klusiewicz, A., Borkowski, L., Zdanowicz, R., Boros, P. e Wesolowski, S. (2008). The inspiratory muscle training in elite rowers. *J Sports Med Phys Fitness*, 48, 279-284.
- Lomax, M. e McConnell, A. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200m swim, *Journal of Sports Sciences*, 21(8), 659-664.
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M. e Elkins M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*, 83, 713–721.
- McConnell, A. (2011). *Breath Strong, Performe Better*, United States of America, Human Kinetics.



- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. e Altman, D. G. The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*, 6(7), e1000097
- Nicks, C. R., Morgan, D. W., Fuller, D. K. e Caputo, J. L. (2009). The influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. *Int J Sports Med*, 30, 16-21.
- Nunes-Júnior, A. O., Donzeli, M. A., Shimano, S. G. N., Lopes de Oliveira, N. M., Ruas, G. e Bartoncello, D. (2018). Effects of High-Intensity Inspiratory Muscle Training In Rugby Players. *Revista Brasileira Medicina do Esporte*, 24(3)
- Oueslati, F., Berriri, A., Boone, J. e Ahmaidi, S. (2018). Respiratory muscle strength is decreased after maximal incremental exercise in trained runners and cyclists. *Respiratory Physiology & Neurology*, 248, 25-30.
- Romer, L. M., McConnell, A. K., e Jones, D. A. (2002a). Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of sports sciences*, 20, 547-562.
- Romer, L. M., McConnell, A. K., e Jones, D. A. (2002b). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 785-792.
- Schittny, J. C. (2017). Development of the lung. *Cell Tissue Res*, 367, 427-444.
- Sheel, A. W., Derchak, P. A., Pegelow, D.F. e Dempsey, J.A. (2002). Threshold effects of respiratory muscle work on limb vascular resistance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 282, 1732–1738.
- Shei, R., Lindley, M., Chatham, K. e Mickleborough, D. (2016). Effect of flow-resistive inspiratory loading on pulmonary and respiratory muscle function in sub-elite swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(4), 392-8.
- Turner, L. A., Tecklenburg-Lund, S. L., Chapman, R. F., Stager, J. M., Wilhite, D. P. e Mickleborough, T. D. (2011). Inspiratory muscle training lowers the oxygen cost of voluntary hyperpnea. *J Appl Physiol*, 112, 127-134.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., Mcnaughton, L., Backx, K. e Jones, D.A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 33(5), 803–809.