

## Treino de músculos inspiratórios em indivíduos saudáveis: estudo randomizado controlado

Fábio Esteves<sup>1</sup>, Inês Santos<sup>1</sup>, João Valeriano<sup>1</sup>, M. Teresa Tomás<sup>2</sup>

1. Licenciatura em Fisioterapia, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. joaobranco93@gmail.com
2. Área Científica de Fisioterapia, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa.

**RESUMO: Introdução** – O treino dos músculos inspiratórios (TMI) surge como uma intervenção importante na população com doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC), mas com interesse crescente na população saudável. No entanto, não existem estudos suficientes que comprovem se o treino dos músculos inspiratórios se traduz também numa melhoria da capacidade aeróbia objetivada no consumo de oxigénio ( $VO_2$ ). Assim, a relação entre o TMI e os seus resultados no indivíduo saudável carece de estudo que comprove os efeitos reais do treino. Considerou-se, pelo anteriormente exposto, pertinente a realização de um estudo de investigação na população saudável que permitisse avaliar em que medida um programa de TMI induz alterações na força muscular inspiratória e na capacidade aeróbia. **Métodos e análise** – A amostra foi constituída por indivíduos saudáveis ( $n=19$ ) com idades compreendidas entre os 18 e 21 anos que realizam exercício físico regularmente ( $\geq 3$  vezes por semana ou  $\geq 4$ h por semana). A capacidade aeróbia foi estimada através do Teste de *Ebbeling* e a força dos músculos inspiratórios foi medida pela pressão inspiratória máxima (PIM) obtida num dinamómetro específico (MicroRPM®), em dois momentos distintos (pré e pós-treino). A referida amostra foi dividida aleatoriamente em dois grupos ( $n=9$  no grupo experimental e  $n=10$  no grupo de controlo). O grupo experimental (GE) foi submetido a um TMI de alta intensidade ( $\geq 50\%$   $P_{i,máx}$ ), enquanto o grupo de controlo (GC) não foi sujeito a qualquer intervenção. O TMI foi realizado através do *PowerBreathe Classic® Level 1 e Level 2*, que fornece uma pressão consistente e específica para a força muscular inspiratória, independentemente do fluxo inspiratório do indivíduo. **Conclusões** – Após o treino verificou-se um aumento de 37% na PIM do GE, enquanto o GC apresentou uma melhoria de 7%. Na comparação intragrupos, ambos os grupos aumentaram significativamente tanto a PIM como o  $VO_2$  ( $p < 0,05$ ). Já na comparação intergrupos, a diferença foi significativa para a PIM ( $p=0,000$ ), mas não para o  $VO_2$ . Serão necessários mais estudos no sentido de concluir e avaliar em que condições o TMI produz alterações na capacidade aeróbia.

*Palavras-chave: Fisioterapia; Treino de músculos inspiratórios; PowerBreathe®; Capacidade aeróbia*

## Inspiratory muscle training in healthy individuals: randomized controlled trial

**ABSTRACT: Introduction** – The inspiratory muscle training (IMT) emerges as an important intervention in people with COPD, but above all with a growing interest in the healthy population. However, there are not enough studies to prove if the inspiratory muscle training is also reflected in the improvement of the aerobic capacity objectified in oxygen consumption ( $VO_2$ ). Therefore more investigation is relevant to understand the real relationship between IMT and its results on healthy people. Thus, it was considered appropriate to carry out a research study on healthy population that would allow assessing to what extent an inspiratory muscle training program induces changes in inspiratory muscular strength and aerobic capacity. **Methods and analysis** – The sample was based

on healthy individuals ( $n=19$ ) between 18 and 21 years old who perform regular physical exercise ( $\geq 3$  times a week or  $\geq 4$  hours per week). The aerobic capacity was estimated by the Ebbeling Test and inspiratory muscle strength was measured by the maximum inspiratory pressure (MIP) obtained by a specific dynamometer (MicroRPM®) at two different times (pre and post-workout). The above mentioned sample was randomly divided into two groups ( $n=9$  in the experimental group and  $n=10$  in the control group). The experimental group (EG) was subjected to a high intensity IMT ( $\geq 50\%$   $P_{i, \max}$ ) while the control group (CG) didn't go through any intervention. The IMT was performed by *PowerBreathe Classic® Level 1* and *Level 2* that provides a consistent and specific pressure for inspiratory muscle strength regardless of the individual's inspiratory flow. **Conclusions** – After the training, there was a 37% increase in EG PIM while the CG showed an improvement of 7%. In intergroup comparison, both groups increased significantly both as MIP and  $VO_2$  ( $p < 0.05$ ). However, comparing both groups, the differences were significant for the PIM ( $p = 0.000$ ), but not to  $VO_2$ . Further studies are required to assess in which conditions IMT produces changes in aerobic capacity.

*Keywords: Physical therapy; Inspiratory muscle training; PowerBreathe®; Aerobic capacity*

## Introdução

Pragmaticamente, McConnell define fraqueza funcional como a incapacidade de um 'músculo normal' responder às exigências excessivas sobre ele, tornando a sua capacidade inadequada, instalando-se assim a fraqueza<sup>1</sup>. Tendo como base este princípio, a autora define um conjunto de condições em que há um desequilíbrio entre a exigência ao trabalho dos músculos respiratórios e a capacidade desses mesmos músculos responderem a essa exigência: (1) alterações clínicas e/ou ambientais (e.g., bronco constrição, exercício); (2) alterações crônicas relacionadas com a doença, na condição dos músculos respiratórios, mecânica ventilatória e eficácia das trocas gasosas; e (3) combinação de influências agudas e crônicas [e.g., exacerbação da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)]<sup>1</sup>.

A medição da pressão inspiratória máxima estática (PIM) que um sujeito pode gerar, ao nível da boca, constitui um método simples de medição da força muscular inspiratória<sup>2</sup>. Esta medida permite identificar se há ou não uma fraqueza funcional de base e, apesar de não haver consenso sobre o valor de referência para a PIM que determine este facto, Pessoa, na sua revisão sistemática de 2004, refere que PIM 80cm H<sub>2</sub>O é um valor a ter em consideração<sup>3</sup>.

A PIM reflete o *output* da força gerada pelo trabalho dos músculos inspiratórios a funcionar em sinergia. O treino dos músculos inspiratórios (TMI) cria especificamente metas e sobrecarrega, progressivamente, os músculos inspiratórios e a alteração no valor da PIM pode refletir as suas alterações morfológicas decorrentes do treino<sup>4</sup>.

O TMI é um método de aplicação de uma carga externa quantificável aos músculos inspiratórios, sendo a pressão desenvolvida pelos músculos inspiratórios que impulsiona a ventilação<sup>5</sup>. Os músculos inspiratórios, incluindo o diafragma, são morfológica e funcionalmente músculos esqueléticos e, portanto, devem responder ao treino da mesma for-

ma que qualquer músculo locomotor, se for aplicada uma carga fisiológica apropriada<sup>6</sup>.

Os músculos respondem ao treino, melhorando principalmente a sua força, velocidade de contração, potência, *endurance* ou qualquer outra combinação que advenha destas. Dado que os músculos respondem sob variadas formas específicas, mediante o estímulo de treino, compreende-se que diferentes regimes de treino induzem ligeiras alterações em cada característica fisiológica<sup>2</sup>.

Em condições clínicas em que já há fraqueza muscular pré-existente, como a DPOC ou as doenças neuromusculares, o TMI tem sido amplamente investigado. Os estudos existentes mostram resultados assinaláveis no aumento da proporção das fibras de tipo I (resistentes à fadiga), na hipertrofia mais demarcada das fibras tipo II e nos valores alcançados na PIM e na resistência global à fadiga (aumento da *endurance*)<sup>1</sup>. Têm sido feitos estudos sobre o efeito do TMI também em população com falência coronária crónica e fibrose quística, na qual se obtiveram resultados positivos no aumento da PIM e da espessura diafragmática<sup>1</sup>.

Diferentes estudos têm-se debruçado sobre populações saudáveis e/ou desportivas, verificando se o TMI conduz não só ao aumento da PIM, mas também a uma melhoria da *performance*. Uma revisão sistemática de Illi e colaboradores, de 2012, refere que o TMI aumenta a *performance* independentemente das características do treino ou da modalidade desportiva praticada<sup>7</sup>. No entanto, também se verificou que indivíduos saudáveis com menor aptidão física obtêm melhores resultados com TMI do que aqueles com maior aptidão física.

As evidências de estudos anteriores sugerem que um regime de treino muscular inspiratório de alta intensidade pode reduzir a percepção de dispneia em pessoas altamente treinadas e aumentar o consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2\max}$ ) em pessoas moderadamente treinadas que sejam saudáveis. Em indivíduos com limitação crónica do

fluxo aéreo, o TMI tem sido considerado uma possível modalidade terapêutica, embora exista controvérsia na literatura sobre se o TMI melhora a capacidade de exercício nestes indivíduos<sup>6</sup>.

Por norma, a teoria do treino sugere que os ganhos de força muscular inspiratória podem ser alcançados a intensidades de 80% a 90% da PIM. Os ganhos de força ou resistência (força máxima efetiva mantida) podem ser conseguidos entre 60% a 80% da PIM e os ganhos na resistência (a capacidade para continuar uma tarefa dinâmica por um período prolongado) podem ser alcançados a cerca de 60% da PIM<sup>6</sup>.

Muitos estudos sobre o TMI debruçaram-se essencialmente sobre as alterações produzidas na PIM, mas poucos estudaram as relações entre a PIM e o  $VO_2$ máx<sup>1</sup>. Sendo este último um determinante na capacidade aeróbia e na funcionalidade, julgamos pertinente estudar as relações entre as alterações na PIM e as eventuais alterações no  $VO_2$ máx<sup>8</sup>. Assim sendo, o objetivo deste estudo foi estudar a influência de um programa de TMI sobre a PIM e o  $VO_2$ máx, com a duração de cinco semanas, cinco vezes por semana, com a intensidade de 75% da PIM, cinco séries de 12 inspirações e um minuto de repouso entre séries.

### Objetivos

O objetivo geral deste estudo foi verificar a influência de um programa de TMI na capacidade aeróbia e na força muscular inspiratória, em indivíduos saudáveis que efetuam exercício físico regular, pelo menos três vezes por semana ou quatro horas semanais.

### Métodos

Tratou-se de um estudo randomizado, uma vez que a seleção de indivíduos e a sua distribuição pelo grupo experimental (GE) e pelo grupo de controlo (GC) decorreu de forma aleatória.

A população alvo foi constituída por todos os indivíduos que frequentavam uma instituição de ensino superior ( $n=1.736$ ). Foi enviado um questionário digital de resposta voluntária para encontrar uma amostra que deveria corresponder aos seguintes critérios: idades compreendidas entre os 18 e os 25 anos, prática de exercício físico regular ( $\geq 3$  vezes por semana ou  $\geq 4$ h por semana), não fumadores e ausência de patologia pulmonar, neurológica, ortopédica, psíquica e/ou cognitiva, bem como ausência de medicação por corticoesteroides.

Foi, assim, obtida uma amostra de 20 indivíduos que correspondia a todos os critérios exigidos. A aleatorização foi feita por alocação ao GE dos primeiros 10 questionários respondidos, ficando os restantes no GC. Posteriormente houve uma desistência no GE por incompatibilidade de horários com o programa de intervenção.

### Avaliação

Todos os indivíduos (GE e GC) foram avaliados em dois momentos diferentes, pré e pós-treino. A força dos mús-

culos inspiratórios foi avaliada através do dinamómetro MicroRPM<sup>®</sup> no qual se obteve a PIM. Essa avaliação foi conseguida através de uma expiração até ao volume residual e, de seguida, realizou-se uma inspiração forçada máxima através do aparelho com duração mínima de dois segundos. O valor da PIM surgiu no ecrã do aparelho, dado em centímetros por água (cmH<sub>2</sub>O). Estas avaliações foram sempre realizadas num número de três repetições, tendo sido considerada a média destas.

A capacidade aeróbia ( $VO_2$ máx) foi estimada através do Teste de *Ebbeling*. O Teste de *Ebbeling* é um teste de exercício submáximo que visa estimar o consumo máximo de oxigénio ( $VO_2$ máx) em população com idade compreendida entre 20 e 59 anos, sendo apenas necessário uma passadeira e um instrumento de medida de frequência cardíaca.

Foi ainda aplicado um questionário de caracterização para identificação de variáveis biológicas: idade, peso, altura e índice de massa corporal (IMC).

### Intervenção: programa de TMI

Ao GE foi aplicado um programa de intervenção com a duração de cinco semanas, cinco vezes por semana, com a intensidade de 75% da PIM, cinco séries de 12 inspirações e um minuto de repouso entre séries. Nos primeiros dois dias de treino foi aplicada apenas 50% da PIM como forma de adaptação ao treino, de acordo com o estudo de Mathers-Schmidt<sup>9</sup>. A PIM foi avaliada semanalmente (pré-treino), de forma a aferir a carga aplicada<sup>9</sup>. O grupo de controlo não foi submetido a qualquer tipo de intervenção.

O programa de treino utilizou o equipamento *PowerBreathe Classic<sup>®</sup> Level 1 e Level 2*. Este equipamento portátil fornece pressão contínua e específica para a força muscular inspiratória e para o treino da resistência dos músculos inspiratórios dos indivíduos, independentemente da velocidade a que a pessoa inspira. O dispositivo inclui fluxo independente, válvula unidirecional, de forma a garantir uma resistência contínua e ainda a propriedade de se poder ajustar a pressão definida pelo profissional de saúde<sup>10</sup>. Foi transmitida a cada participante a necessidade de realizar inspirações forçadas e rápidas pela boca e encorajando-se a atingir as capacidades máximas inspiratórias.

### Análise estatística

Os dados foram tratados com o *software* estatístico *Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*, versão 22.0.

Para todas as análises foi escolhido o nível de significância de  $p < 0,05$  e, de forma a testar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk*.

Na comparação intragrupos entre o momento inicial (T0) e final (T1), no GC foi utilizado o teste *t* para duas amostras emparelhadas nas variáveis  $VO_2$  máx e PIM e o teste *Wilcoxon* para a variável IMC, uma vez que o pressuposto de normalidade não se verificou nesta última variável.

Na comparação intragrupos entre T0 e T1, no GE foi utilizado o teste *t* para duas amostras emparelhadas nas variáveis  $VO_2$  máx, PIM e IMC.

De forma a justificar se as alterações que surgiram entre os dois grupos foram consequência do treino ou consequência de uma diferença nos valores iniciais (T0) (análise intergrupos) foi utilizado o teste *t* para duas amostras independentes para análise das variáveis idade, pressão inspiratória máxima, consumo máximo de oxigénio e IMC, uma vez

que o pressuposto de normalidade foi verificado ( $p > 0,05$ ).

**Resultados**

Os dados de caracterização dos indivíduos dos dois grupos (GE e GC), bem como os valores das variáveis analisadas em T0 e T1, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização dos indivíduos do GE e GC no momento inicial (T0) e final (T1) [média±desvio-padrão (DP); média±DP]

	Idade	Peso	Altura	IMC	VO <sub>2</sub> máx	PIM
GE (n=9) 6M; 3H						
T0	19,4±1,1	66,4±9,9	1,7±0,1	22,9±2,4	42,3±14,7	82,8±23,3
T1		65,5±9,7		22,6±2,3	46,0±13,5	134,1±28,7
GC (n=10) 6M; 4H						
T0	20,3±0,8	70,7±9,3	1,7±0,1	24,1±2,7	40,3±9,3	92,4±18,7
T1		69,8±9,0		23,9±2,7	44,6±10,0	103,2±30,6

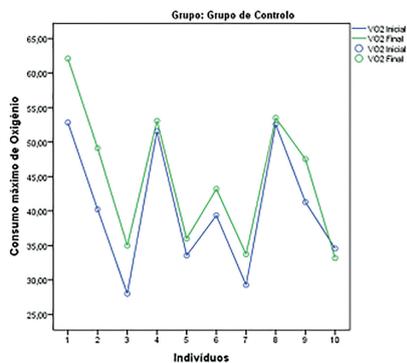
**GE** – grupo experimental; **GC** – grupo controlo; **M** – mulheres; **H** – homens; **IMC** – índice de massa corporal; **VO<sub>2</sub>máx** – consumo máximo de oxigénio; **PIM** – pressão inspiratória máxima.

Não se verificaram diferenças significativas entre GC e GE, no momento T0, nas variáveis IMC, VO<sub>2</sub>máx e PIM ( $p < 0,05$ ).

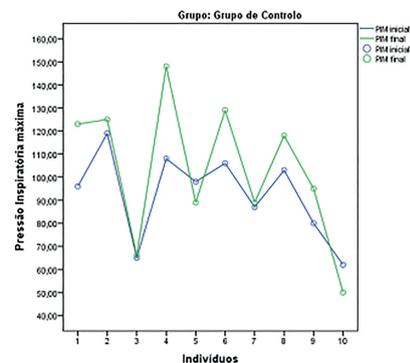
O GC apresentou aumentos significativos entre T0 e T1 no VO<sub>2</sub>máx ( $p = 0,002$ ) (cf. Figura 1) e na PIM ( $p = 0,033$ )

(cf. Figura 2) e uma diminuição significativa no IMC ( $p = 0,019$ ; mediana T0=24,1; mediana final=23,6).

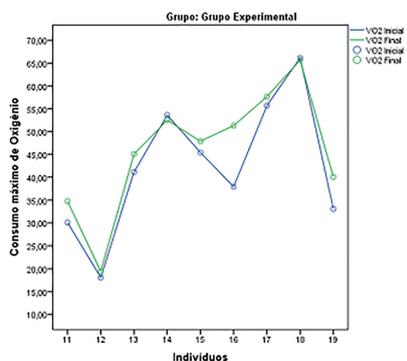
O GE apresentou um aumento significativo no VO<sub>2</sub> máx ( $p = 0,018$ ) (cf. Figura 3), na PIM ( $p = 0,000$ ) (cf. Figura 4) e uma diminuição significativa no IMC ( $p = 0,004$ ).



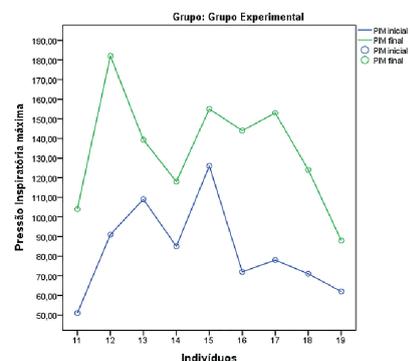
**Figura 1.** Evolução do VO<sub>2</sub>máx no GC.



**Figura 2.** Evolução da PIM no GC.



**Figura 3.** Evolução do VO<sub>2</sub>máx no GE.



**Figura 4.** Evolução da PIM no GE.

Na comparação intergrupos verificou-se que os aumentos da PIM no GE (cf. Figura 5) são significativamente superiores às do GC ( $p=0,000$ ). Verificou-se um aumento médio de 37% na PIM do GE, em comparação com um aumento médio de 7% no GC.

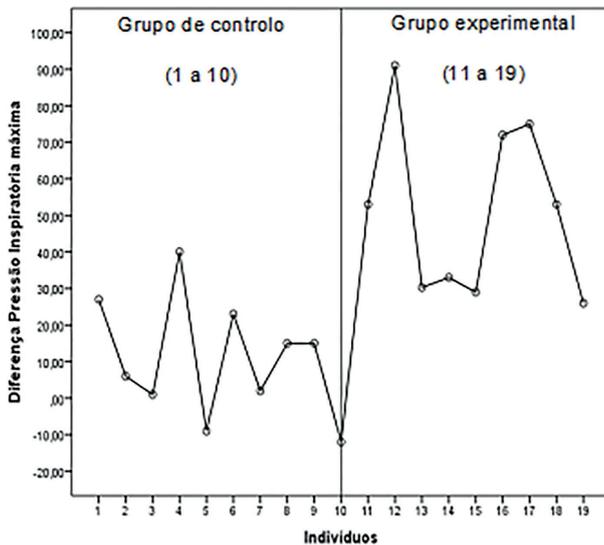


Figura 5. Diferença da PIM para cada indivíduo, de cada grupo.

Na comparação intergrupos, relativamente ao  $VO_2$ máx (cf. Figura 6) e ao IMC não foram detetadas diferenças estatisticamente significativas das melhorias ocorridas entre os dois grupos ( $p>0,05$ ). Verificou-se, para o  $VO_2$ máx, um aumento médio de 8,7% para o GE e de 9,5% para o GC.

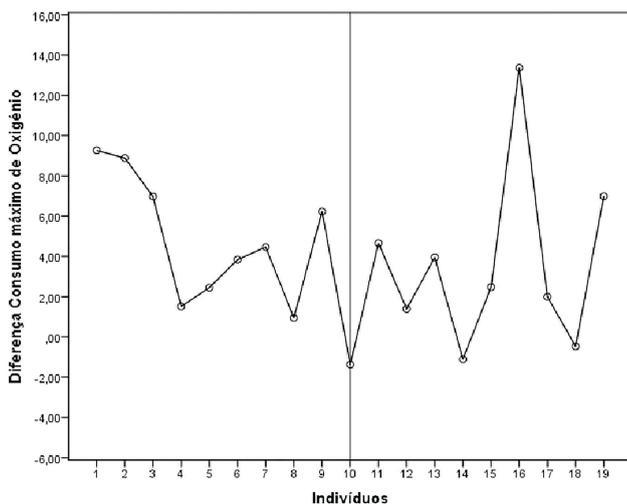


Figura 6. Diferença do  $VO_2$ máx para cada indivíduo, de cada grupo.

## Discussão

No presente estudo foi possível verificar que apenas se

registou um aumento significativo entre grupos para a pressão inspiratória máxima.

O facto das alterações entre a avaliação inicial e a reavaliação em cada grupo se mostrarem com significado poderá ser justificado através de possíveis alterações nas atividades diárias dos indivíduos. Contudo, a diferença significativa para a PIM, entre grupos, será consequência da variável independente apenas presente no GE: o TMI.

Em relação ao consumo máximo de oxigênio, apesar de se verificarem diferenças significativas em cada grupo, as alterações não foram notórias entre os dois grupos. Consequentemente, conclui-se que o TMI não teve influência neste parâmetro.

A possível justificação para o TMI resultar em alteração na PIM, mas não no  $VO_2$ máx, prende-se com as alterações neurais que terão ocorrido e menos com as alterações miogénicas.

As pesquisas em relação às adaptações do treino de força indicam que o aumento inicial da força voluntária, ou a máxima produção de força, estão associadas, em primeiro lugar, a adaptações neurais, resultando no aumento da ativação muscular voluntária. Tal facto foi demonstrado num estudo com um programa de treino de força de alta intensidade, durante oito semanas, onde foi obtida uma biópsia muscular no início do estudo e em cada duas semanas durante o período de treino. A força aumentou substancialmente após as oito semanas de treino, com os maiores ganhos obtidos após a segunda semana. A biópsia muscular, contudo, revelou apenas um pequeno e insignificante aumento na área de corte transversal da fibra muscular no final das oito semanas de treino. Assim, os ganhos de força foram largamente resultado do aumento da ativação neural<sup>11</sup>.

Houve melhorias na PIM, o que traduz o aumento de força dos músculos inspiratórios mas, de acordo com as alterações fisiológicas resultantes do treino de força, nas primeiras semanas existem sempre processos de adaptação neural, mas não existe hipertrofia muscular antes das oito semanas<sup>11</sup>. Como referido anteriormente, o presente estudo teve a duração de cinco semanas, pelo que os aumentos de força observados se terão ficado a dever essencialmente às adaptações neurais. Não havendo hipertrofia não se regista aumento significativo da massa muscular e, sendo esta um determinante do  $VO_2$ , também não seria expectável que o aumento do  $VO_2$  em GE fosse significativamente diferente do GC.

Consequentemente, o aumento da PIM, ou seja, da força dos músculos inspiratórios, no GE será consequência de alterações neurais. Esta informação vai ao encontro de autores que defendem que os ganhos de força se devem a alterações neurais compreendidas entre as cinco e as seis semanas de treino<sup>11</sup> e as oito e 10 semanas<sup>12</sup>.

Assim, uma possível justificação para o facto dos indivíduos do sexo masculino não apresentarem alterações significativamente superiores em comparação com indivíduos do sexo feminino poder-se-á dever ao facto de o tempo do estudo não ter sido suficiente para o aparecimento de alterações miogénicas, sendo que indivíduos do sexo masculino, à partida, produzem maiores alterações.

O consumo máximo de oxigénio é atingido quando o consumo de oxigénio atinge um patamar ou aumenta apenas ligeiramente com os aumentos adicionais na intensidade do exercício. O  $VO_2$ máx é, portanto, determinado quando são ativados os grandes grupos musculares do corpo, de forma que a intensidade e a duração do esforço sejam suficientes para maximizar a transferência de energia aeróbia. Contudo, a mensuração direta do  $VO_2$ máx requer um laboratório, com equipamento especializado e recursos humanos adequados (e.g., supervisão médica) e motivação considerável por parte dos indivíduos, o que aumenta a importância dos testes de esforço submáximo para a mensuração do  $VO_2$ máx, como o teste utilizado no presente estudo, o Teste de *Ebbeling*<sup>13</sup>.

Acontece que, nos testes submáximos, as variações na economia do exercício contribuem para os erros de previsão do  $VO_2$ máx. Mais especificamente resulta numa subestimativa do  $VO_2$ máx para o indivíduo com uma economia precária do exercício, cujo consumo submáximo de oxigénio aumenta mais que o admitido na base das estimativas feitas a partir da intensidade do exercício. Isto ocorre devido a uma frequência cardíaca elevada, por um maior gasto de oxigénio do exercício pouco económico. Desta forma, o  $VO_2$ máx previsto, com base na frequência cardíaca submáxima, apresenta, em geral, uma margem de erro entre 10% a 20% do valor real do indivíduo<sup>8</sup>.

De acordo com um estudo realizado<sup>6</sup>, a intensidade de treino utilizada no presente estudo aproxima-se da utilizada para ganhos de força muscular inspiratória. O autor do mencionado estudo considera que os ganhos de resistência são alcançados a um treino de 60%, enquanto entre 60% e 80% se consegue um aumento ponderado de ambos<sup>6</sup>.

Com base no presente estudo, não é perceptível se o aumento da pressão máxima inspiratória é consequência de alterações verificadas ao nível do diafragma ou dos músculos acessórios da inspiração. Contudo, os estudos referem treinos a 60% da PIM para o treino do diafragma, uma vez que perante uma maior intensidade se recruta principalmente a musculatura acessória.

Assim, presume-se que as alterações neste estudo sejam verificadas ao nível da musculatura acessória, tanto mais que não se fez um treino prévio de um padrão ventilatório diafragmático.

No estudo agora em discussão, a PIM foi medida no volume residual. Segundo outro autor, é a medição da capacidade residual funcional que representa a força muscular. Desta forma, seria pertinente a realização de uma investigação que comparasse as diferenças entre a PIM avaliada na capacidade residual funcional e no volume residual e, assim, estudar alterações ao nível da pressão de recolha elástica passiva do sistema respiratório<sup>5</sup>.

À semelhança da literatura científica publicada, também no presente estudo a incapacidade de controlar adequadamente a carga de trabalho leva a resultados variáveis, e.g., os aparelhos respiratórios resistivos simples podem aumentar o trabalho respiratório, mas o indivíduo pode reduzir a

carga do treino, alterando o fluxo inspiratório e a frequência ventilatória<sup>6</sup>.

Analisando a Figura 7, observa-se que a evolução não foi uniforme em todos os indivíduos do GE. Segundo a fundamentação teórica anterior, durante as primeiras duas semanas verificar-se-iam melhorias significativas em relação à PIM e, após esse período, a evolução continuaria, embora com menos relevo. Deste modo, constata-se que no GE, durante as primeiras duas semanas, se registaram melhorias mas, passado esse período, a evolução positiva não foi diminuindo, tendo aumentado nas últimas duas semanas de treino (quinta e sexta semanas)<sup>12</sup>.

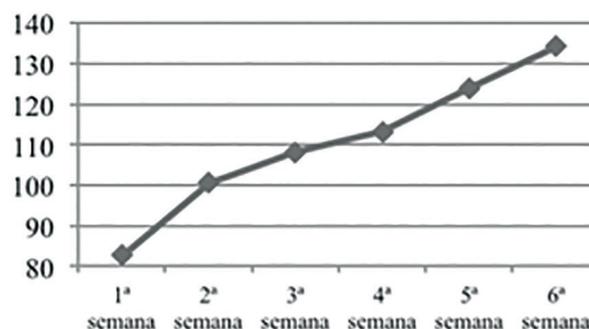


Figura 7. Evolução semanal da pressão inspiratória média do GE.

O indivíduo do GC, com o código CT4, registou um aumento da PIM de 27,03% e de 2,86% para o  $VO_2$ máx. Este indivíduo aumentou o nível de atividade física, a meio do estudo, em relação àquele que apresentava aquando da avaliação inicial. Contudo, apesar de constituir um desvio da amostra, é possível verificar que apenas se obteve um aumento substancial da PIM, o que vai ao encontro das primeiras alterações serem as neurais.

Para concluir, é importante salientar que vários estudos realizados sobre a implementação de um TMI apresentam uma amostra relativamente pequena (entre 15 e 20), podendo influenciar os resultados finais do estudo. Em amostras com esta característica, os resultados são facilmente inflacionados pela heterogeneidade que pode apresentar em relação a diversos aspetos, como o IMC (peso e altura), a carga de exercício semanal, o sexo e a idade. Deste modo, podemos justificar muitas diferenças nas evoluções do PIM no consumo máximo de  $VO_2$ máx desta amostra<sup>6,14</sup>.

## Conclusão

Entendemos que este estudo foi pioneiro, dado que procurou avaliar em que medida os efeitos de um programa de TMI em jovens praticantes de exercício físico regular se traduzia em alterações na capacidade aeróbia. Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que o programa de TMI desenvolvido neste estudo originou alterações positivas no que diz respeito à força produzida por estes músculos.

Contrariamente, não produziu efeitos na capacidade aeróbia dos indivíduos sujeitos ao treino.

Seria, assim, pertinente a realização de outros estudos no sentido de avaliar quais as componentes da prescrição do TMI que produzirão alterações na capacidade aeróbia e ainda compreender qual o contributo específico do diafragma nas alterações da pressão inspiratória, através de um estudo guiado por ultrassonografia.

### Referências bibliográficas

1. McConnell A. Respiratory muscle training: theory and practice. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2013. ISBN 9780702050206
2. McConnell A. Breathe strong, perform better. Washington: Human Kinetics; 2011. ISBN 9780736091695
3. Sclauser Pessoa IM, Franco Parreira V, Fregonezi GA, Sheel AW, Chung F, Reid WD. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J*. 2014;21(1):43-50.
4. Brown PI, Johnson MA, Sharpe GR. Determinants of inspiratory muscle strength in healthy humans. *Respir Physiol Neurobiol*. 2014;196:50-5.
5. American Thoracic Society, European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624.
6. Enright SJ, Unnithan VB, Heward C, Withnall L, Davies DH. Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Phys Ther*. 2006;86(3):345-54.
7. Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2012;42(8):707-24.
8. McArdle WD, Katch FL, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003. ISBN 9788527718165
9. Mathers-Schmidt B, Brilla LR. Inspiratory muscle training in healthy adults: a treatment efficacy study [Internet, oral presentation]. Bellingham, WA: Western Washington University. Available from: <https://chss.wvu.edu/file/bmsarticleimtefficacystudyhandoutpdf>
10. PowerBreathe. Prescription user manual. London: Millennium Products; 2006.
11. Romer LM, McConnell AK. Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(2):237-44.
12. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. 5<sup>th</sup> ed. Washington: Human Kinetics; 2011. ISBN 9780736094092
13. Ebbeling CB, Ward A, Puleo EM, Widrick J, Rippe JM. Development of a single-stage submaximal treadmill walking test. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(8):966-73.
14. Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, Jones DA. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(5):803-9.

Artigo recebido em 29.06.2015 e aprovado em 13.05.2016