

Treinamento muscular respiratório com espirômetro de incentivo à fluxo comparado com o resistor linear: ensaio clínico controlado

Respiratory muscle training with flow incentive spirometer compared with linear resistor: controlled clinical trial

Erikson Custódio Alcântara¹
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1960-2231>

Elizabeth Rodrigues de Moraes²
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2944-4751>

Anna Beatriz Gomes Barbosa³
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6898-8463>

Cristina Ferreira do Carmo⁴
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2963-4683>

Adriana Márcia Monteiro Fantinati⁵
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7703-9390>

Marcelo Silva Fantinati⁶
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1070-0014>

Resumo

Introdução: O treinamento muscular respiratório (TMR) é indicado quando os valores de força muscular inspiratória e expiratória máxima estão abaixo do previsto, entretanto pode ser indicada em indivíduos com força muscular normal, inclusive atletas, objetivando aumentar a *performance*. O treinamento muscular com resistores lineares é considerado padrão ouro, entretanto os alineares, sobretudo o espirômetro de incentivo a fluxo é controverso, necessitando de esclarecimentos. **Objetivo:** Verificar o efeito do *PowerBreathe*® (resistor linear) e do *Respiron*® (resistor alinear) na força muscular respiratória e na função pulmonar de adultos saudáveis. **Materiais e Métodos:** Ensaio clínico randomizado e controlado realizado com 44 participantes adultos, ambos os sexos, idade de 18 a 59 anos. Foi avaliado pré e pós-protocolo de treinamento a pressão inspiratória e expiratória máxima (P_{Imáx} e P_{Emáx}) e a função pulmonar pela espirometria e ventilometria. Os participantes foram distribuídos em três grupos: GR (grupo *Respiron*®), GPB (*PowerBreathe*®) e GC (grupo controle). O treinamento foi realizado durante 5 semanas, 3 vezes na semana, utilizou-se carga de 50% da P_{Imáx} para ambos os equipamentos. **Resultados:** Na análise intra-grupo pós-protocolo houve aumento da P_{Imáx} e da P_{Emáx} em todos os grupos ($p < 0,05$). Ao comparar a P_{Imáx} e a P_{Emáx} pré e pós treinamento entre os grupos também não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Ao comparar o delta (diferença entre pós e pré), observou-se que não houve diferença entre o grupo *Respiron*® e *PowerBreathe*® ($p = 0,68$) e ambos equipamentos apresentaram um delta maior que o controle ($p < 0,01$), indicando semelhança entre os dois instrumentos. Na função pulmonar não houve diferença intra-grupo e inter-grupo ($p > 0,05$). **Conclusão:** O *PowerBreathe*® e o *Respiron*® promoveram de forma semelhante aumento da força muscular inspiratória em adultos saudáveis, porém não houve impacto na função pulmonar com nenhum instrumento.

Palavras-chave: força muscular; exercícios respiratórios; terapia respiratória

¹ Universidade Estadual de Goiás e (UEG) e Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). Goiânia (GO), Brasil. E-mail: eriksonalcantara@hotmail.com

² Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). Goiânia (GO), Brasil. E-mail: elizabeth.r.morais@hotmail.com

³ Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), Goiânia (GO), Brasil. E-mail: anainovadora@hotmail.com

⁴ Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), Goiânia (GO), Brasil. E-mail: cristinadocarmo90@gmail.com

⁵ Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), Goiânia (GO), Brasil. E-mail: drifantinati@gmail.com

⁶ Universidade Estadual de Goiás (UEG), Goiânia (GO), Brasil. E-mail: prof.fantinati@gmail.com

Abstract

Introduction: Respiratory muscle training (RMT) is indicated when the maximal inspiratory and expiratory muscle strength values are lower than expected, however it can be indicated in individuals with normal muscle strength, including athletes, aiming to increase performance. Muscle training with linear resistors is considered the gold standard, however, linear resistors, especially the flow incentive spirometer, are controversial and require clarification. **Objective:** To verify the effect of PowerBreathe® (linear resistor) and Respirom® (alline resistor) on respiratory muscle strength and lung function in healthy adults. **Materials and Methods:** Randomized and controlled clinical trial carried out with 44 adult participants, both genders, aged 18 to 59 years. The maximal inspiratory and expiratory pressure (P_{Imáx} and P_{Emáx}) and pulmonary function by spirometry and ventilometry were evaluated before and after the training protocol. Participants were divided into three groups: GR (Respirom® group), GPB (PowerBreathe®) and GC (control group). Training was carried out for 5 weeks, 3 times a week, using a load of 50% of P_{Imáx} for both equipment. **Results:** In the post-protocol intra-group analysis, there was an increase in P_{Imáx} and P_{Emáx} in all groups ($p < 0.05$). When comparing P_{Imáx} and P_{Emáx} pre and post training between groups, there was also no significant difference ($p > 0.05$). When comparing the delta (difference between post and pre), it was observed that there was no difference between the Respirom® and PowerBreathe® groups ($p = 0.68$) and both equipment presented a greater delta than the control ($p < 0.01$), indicating similarity between the two instruments. There was no intra-group and inter-group difference in lung function ($p > 0.05$). **Conclusion:** PowerBreathe® and Respirom® similarly promoted increased inspiratory muscle strength in healthy adults, but there was no impact on lung function with either instrument.

Keywords: muscle strength; breathing exercises; respiratory therapy.

Introdução

Os músculos respiratórios exercem importante função para uma adequada manutenção da ventilação pulmonar. A sua disfunção contribui para a intolerância ao exercício, dispneia e insuficiência respiratória¹. O treinamento muscular respiratório (TMR) é indicado quando os valores de força muscular inspiratória e expiratória máxima (P_{Imáx} e P_{Emáx}) estiverem abaixo do previsto, entretanto pode ser indicada em indivíduos com força muscular normal, inclusive atletas, objetivando aumentar a *performance*^{2,3}.

Estudos^{4,5,6,7,8,9,10} relatam a importância do TMR para afecções que limitam o trabalho respiratório e a ventilação pulmonar. O treinamento promove melhora do controle neural dos músculos respiratórios⁴, diminui o metaborreflexo muscular respiratório⁵, promove hipertrofia diafragmática e aumenta a proporção de fibras tipo I e aumento do tamanho das fibras tipo II nos intercostais externos⁶, esses mecanismos

traduzem em melhora da tolerância aos esforços, diminuição da sensação de dispneia^{7,8,9}, aumenta a eficiência ventilatória¹⁰ e efeito ergogênico em atletas de várias modalidades esportivas³.

O TRM é realizado através do treinamento físico global e por instrumentos específicos, classificados como resistores lineares, que são independentes do fluxo gerado pelo paciente e os resistores alineares, dependentes de fluxo do paciente^{11,12,1}. Dentre os resistores lineares destaca-se o *Threshold IMT®* (Respiromics, EUA) e o *PowerBreathe®* (HaB International, UK), que oferecem resistência à inspiração por meio de um sistema de mola com uma válvula unidirecional. E como resistor alinear destaca-se a espirometria de incentivo, orientada à fluxo ou à volume¹.

O espirômetro de incentivo, utiliza *feedback* visual, foi desenvolvido com o objetivo de reverter e prevenir complicações pulmonares e promover o



fortalecimento dos músculos respiratórios e por consequência dinâmica do incentivo a inspiração sustentada à expansão pulmonar¹². As inspirações máximas e sustentadas levam ao aumento da pressão transpulmonar e, associadas à pausa inspiratória, estima-se a insuflação pulmonar^{11,13}. Liu et al.¹⁴, analisando um banco de dados de uma seguradora de Saúde envolvendo 7549 pacientes que realizaram ressecção pulmonar para tratamento do câncer, observaram associação positiva entre o uso da espirometria de incentivo e menor risco de hospitalização e pneumonia, entretanto a eficácia terapêutica desses dispositivos é bastante discutida e controversa, principalmente no pós-operatório de cirurgias torácicas e abdominais^{15,16,17,18}. A espirometria de incentivo para treinamento muscular respiratório é reportada por vários estudos^{19,20,2,21}, a falta de padronização do ajuste da carga (resistência) é o principal fator limitante e problematizador do uso deste equipamento, uma vez que nesse dispositivo, a geração da carga é fluxo dependente e, por isso, variável ao longo da inspiração². O fabricante do equipamento Respirom® graduou a carga gerada pela elevação das suas esferas baseada na pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}), dessa forma a escolha dos níveis de dificuldade (grau 1 a 3 no anel regulador) e quantas esferas deverão ser elevadas, poderá ser escolhida baseada na carga que se deseja impor para o sistema muscular respiratório, porém, os estudos são escassos e frágeis em relação à essa nova metodologia.

A American Thoracic Society (ATS) não apresenta protocolos de uso da espirometria de incentivo, mas de acordo com a Association for Respiratory Care (AARC) os benefícios e aplicabilidade clínica deste recurso é para pacientes que já apresentam ou possuem fatores de risco para perda de capacidade pulmonar ou capacidade inspiratória reduzida^{22,23,24,25}.

O uso do Respirom®, adotando essa nova proposta de regulação da carga comparada com o resistor linear, padrão ouro, ainda não foi testada, dessa forma surgiu a seguinte pergunta de pesquisa: O espirometro de incentivo à fluxo (Respirom®) com carga baseada na P_{Imáx} fortalece músculos respiratórios e impacta na função pulmonar comparado com o resistor linear (PowerBreathe)? Diante disso o estudo objetivou avaliar o efeito agudo do TMR com dois dispositivos, o *PowerBreathe*® (resistor linear) e Respirom® (resistor alinear) na força muscular respiratória e na função pulmonar de adultos saudáveis.

Materiais e Métodos

Trata-se de um ensaio clínico randomizado e controlado realizado na Clínica Escola Vida (CEV) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) em 2019. Este estudo foi conduzido de acordo às normas éticas estabelecidas na Declaração de Helsinque (1975, revisada em 2000), atenderam aos aspectos éticos de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde²⁶, submetido e aprovado no Comitê de Ética e Pesquisa da PUC Goiás (2.869.978/2018). Foi cadastrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC) sob o número: n.RBR 6nrt3x. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Os participantes do estudo atenderam os seguintes critérios de inclusão: idade entre 18 e 59 anos, sedentários (realizar menos de 150 minutos semanais de atividade moderada ou 75 minutos de atividade intensa)²⁷, ou serem ativos mas terem iniciado atividade física há mais de três meses, com exame espirométrico normal. Foram excluídos indivíduos com doenças: cardíaca, pulmonar e neurológica, bem como deficiência cognitiva, tabagistas, usuários

de corticosteroides, broncodilatadores e suplementos ergogênicos.

O cálculo amostral foi realizado utilizando o programa *G Power* 3.1 baseado no método de obtenção do poder amostral *a posteriori*. A diferença média e desvio padrão da diferença do desfecho primário (P_{Imáx} e delta de P_{Imáx}) foi utilizado para determinar o tamanho amostral para se obter um poder amostral mínimo de 80%. Foi considerado o erro amostral de 5% e intervalo de confiança de 95%. Desta forma a amostra mínima representativa dos grupos GR, GPB e GC foram 9, 9 e 11 respectivamente.

Dos 56 participantes, 49 foram elegíveis, cinco não completaram o protocolo, portanto 44 finalizaram o estudo, 15 do GR (Grupo Respirom), 15 do GPB (Grupo *PowerBreathe*®) e 14 do GC (Grupo Controle).

A avaliação da Força Muscular Respiratória aconteceu em um ambiente calmo, o indivíduo foi posicionado sentado pernas com ângulos de 90°, pés apoiados no chão e tronco alinhado. O instrumento usado para a mensuração foi o manovacuômetro digital, modelo *GlobalMed MVD 300*®, com um intervalo de medidas entre 0 ± 300 cmH₂O, utilizando clipe nasal e bocal anatômico acoplado ao equipamento e posicionado firmemente entre os lábios para evitar vazamento, com um orifício de fuga de 1mm de diâmetro.

Foram realizadas três a cinco mensurações das pressões expiratórias e inspiratórias com um repouso de 60 segundos entre elas, considerou-se valor reprodutível uma diferença menor que 10% entre as medidas. Para análise foi considerada a maior medida da P_{Emáx} e da

P_{Imáx}. A P_{Emáx} foi medida a partir da capacidade pulmonar total e a P_{Imáx} a partir do volume residual²⁸.

A função pulmonar foi avaliada com um espirômetro portátil da marca *One Flow*® (*Clement Clark*, Estados Unidos), realizado conforme as recomendações da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia²⁹. Foram registrados: capacidade vital forçada (CVF) em litros (L), volume expirado forçado no primeiro segundo (VEF₁) L/min, relação VEF₁/CVF.

A capacidade vital foi avaliada utilizando o ventilômetro *Wright Respirometer Ferraris Mark 8*®. Em um ambiente calmo o indivíduo permaneceu sentado em uma posição confortável, respirando tranquilamente dentro do seu padrão respiratório. Foi colocado o clipe nasal para evitar a fuga de ar, em seguida, o ventilômetro foi acoplado à boca do paciente por meio de um bocal, de modo que não houvesse vazamento perioral. Para mensurar a Capacidade Vital (CV) o indivíduo foi orientado a fazer uma manobra de expiração máxima e lenta até o Volume Residual (VR) e na sequência uma inspiração rápida e total até a Capacidade Pulmonar Total (CPT)³⁰. Foram realizadas três medidas, com intervalo de um minuto entre elas e considerado o maior valor.

Após as avaliações, 49 participantes elegíveis foram numerados e randomizados por sorteio para compor o GR (n=17, grupo Respirom®), GPB (n=17, *PowerBreathe*®) e GC (n=15, grupo controle). O grupo controle não realizou nenhum treinamento muscular respiratório. A duração do protocolo foi de 5 semanas, com uma frequência de 3 vezes na semana, em dias intercalados, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Protocolo do Treinamento Muscular Respiratório.

Avaliação dos Participantes:
Semana 1 e 2: 50% P _{Imax} 3 séries de 10 repetições (carga 1) Reavaliação da P _{Imáx} para adequação da carga (carga 2)
Semana 3 e 4: 50 % P _{Imax} 4 séries de 10 repetições (carga 2) Reavaliação da P _{Imáx} para adequação da carga (carga 3)
Semana 5: com 50% da P _{Imáx} 4 séries de 10 repetições (carga 3) Total: 5 semanas
Reavaliação dos participantes



O grupo controle foi orientado que durante o período do estudo não poderiam iniciar nenhum tipo de exercício ou modificar treinamento, caso estivesse fazendo alguma atividade física. Após o término do treinamento todos os grupos foram reavaliados.

Para realizar o TMR foi estipulado carga de 50% da P_{Imáx}, no *PowerBreathe*® mediante a regulação da mola e no *Respiron*® com tipo de equipamento (*Easy*, *Classic* ou *Athletic* 1, 2 ou 3), nível de dificuldade ajustado no anel (0-3) e elevação das esferas na coluna conforme recomendação do fabricante:

Figura 2 - Intensidade do *Respiron*®

NÍVEL	ESFERA	EASY*	CLASSIC*	AETLTIC 1*	ATLETIC 2*	ATLETIC 3*
0	1	4	10	15	20	25
0	2	5	12	20	30	40
0	3	8	15	25	40	55
1	1	5	15	25	40	55
1	2	8	20	35	50	70
1	3	12	25	45	60	85
2	1	8	25	45	60	85
2	2	12	28	55	70	100
2	3	16	30	65	85	120
3	1	12	30	65	85	120
3	2	16	35	75	100	140
3	3	20	40	90	120	190

Fonte: adaptado da ficha técnica, do manual do fabricante do *Respiron*® NCS, *Estimativa de carga em cmH₂O.

O treinamento teve intervalo de um minuto entre as séries. Em todos os dias de treinamento foram coletados o nível de dificuldade em realizar o TMR (percepção do esforço) utilizou uma escala quantitativa e subjetiva com variação de 0 a 10, quanto maior o valor mais difícil foi o treinamento e a percepção do esforço.

A estatística descritiva foi apresentada mediante média, desvio padrão, frequência absoluta e relativa. Para normalidade foi utilizado o teste de *Shapiro Wilk* e para comparação de médias *Teste t Student* pareado ou *Wilcoxon*, *Teste T*

simples ou *Mann Whitney*. Para correlação foi utilizado os testes de *Pearson* ou *Spearman*. Foi adotado um nível de significância de 5%.

Resultados

Na Tabela 1 estão descritas as características dos participantes, a média de idade do GR foi de 23,20 anos, do GPB 22,71 anos e do GC: 22,85 anos. Observa-se homogeneidade na linha de base em relação à força muscular inspiratória e expiratória, idade e IMC ($p > 0,05$).

Tabela 1 - Características dos participantes e dados da manovacuometria.

	GR Média ± DP	GPB Média ± DP	GC Média ± DP	p
Idade (anos)	23,20 ± 2,11	22,71 ± 2,01	22,85 ± 2,71	0,84
IMC (kg/m ²)	23,13 ± 2,18	23,68 ± 4,12	22,06 ± 4,06	0,25
Sexo feminino	14(93,3%)	14(93,3%)	10(71,4%)	
Sexo masculino	1 (6,7%)	1(6,7%)	4(28,6%)	
AFR/Sedent	12 (80,0%)	9 (60,0%)	10 (71,4%)	



AFR/Ativos	3 (20,0%)	6 (40,0%)	4 (28,6%)	
PImax pré	78,93 ± 19,68	78,20 ± 23,35	90,21 ± 29,25	0,34
PImax pós	110,73 ± 22,69	112,46 ± 25,26	97,14 ± 28,68	0,22
p.	0,00*	0,00*	0,01*	
Δ da PImax	31,80 ± 18,25 ^{ab}	36,53 ± 17,00 ^{ac}	7,78 ± 8,67 ^{bc}	0,00*
PEmax pré	94,00 ± 13,62	92,86 ± 22,35	95,64 ± 31,30	0,95
PEmax pós	111,73 ± 23,87	109,86 ± 27,59	105,50 ± 32,25	0,83
p.	0,00*	0,00*	0,00*	
Δ da PEmax	17,73 ± 15,27	17,00 ± 18,41	9,85 ± 10,81	0,32

Legenda: GR: grupo Respirom®; GPB: grupo *Power Breathe*®; GC: grupo controle, IMC: Índice de massa corpórea, AFR: Atividade física referida, Sedent: sedentários, PImax: Pressão inspiratória máxima (cmH₂O), PEmax: Pressão expiratória máxima (cmH₂O) *: p<0,05, Δ: diferença entre os valores finais e iniciais do protocolo, a: comparação entre GR e GPB (p=0,68), b: comparação entre GR e GC (p=0,00), c: comparação entre GPB e GC (p=0,00).

Quanto ao nível de atividade física predominou participantes sedentários e o sexo predominante foi o feminino nos três grupos (GR: 93,3%, GPB: 93,3% e GC: 71,4%). Os valores da PImax e PEmax pós intervenção não diferiram entre os grupos (p>0,05).

Em relação à PImax e a PEmax pré e pós treinamento observa-se que os três grupos aumentaram a força muscular respiratória (p<0,05), entretanto ao comparar o delta da PImax (diferença dos valores finais e iniciais) nota-se que o grupo Respirom® e o grupo *Power Breathe*® obtiveram um aumento semelhante (delta maior que 30 cmH₂O), não havendo diferença significativa entre os dois instrumentos de treinamento muscular

(p>0,05). Já o delta da PImax do grupo controle foi de apenas 7,78 cmH₂O.

Ambos os métodos de treinamento obtiveram valores do delta da PImax maiores que o controle (p<0,05). O grupo Respirom® aumentou a PImax em 40,28%, o grupo *PowerBreathe*® em 46,71% e o controle 7,75%. Quanto ao delta da PEmax não houve diferença entre os três grupos (p>0,05).

No tocante à função pulmonar (espirometria) observa-se que não houve mudança significativa pré e pós intragrupos e nem entre os grupos (p>0,05). Na avaliação da CV pela ventilometria houve aumento dos valores, entretanto com tendência de significância apenas nos grupos Respirom® (p=0,09) e *PowerBreathe*® (p=0,07).

Tabela 2- Resultados da Espirometria e da Ventilometria

	GR Média ± DP	GPB Média ± DP	GC Média ± DP	p
%CVF pré	96,35 ± 10,71	107,30 ± 15,26	103,38 ± 13,23	0,12
%CVF pós	95,00 ± 13,67	103,30 ± 11,96	99,76 ± 7,77	0,19
P	0,62	0,17	0,18	
%VEF 1 pré	93,30 ± 8,34	94,84 ± 11,85	96,65 ± 10,06	0,70
%VEF 1 pós	91,38 ± 10,51	92,38 ± 11,80	94,69 ± 10,62	0,73
p.	0,35	0,07	0,35	
CVF/ VEF1 pré	84,84 ± 7,41	77,69 ± 8,85	81,61 ± 8,13	0,09
CVF/ VEF1 pós	85,00 ± 7,44	80,53 ± 10,84	82,15 ± 7,55	0,43
P	0,92	0,31	0,83	
%PFE pré	95,95 ± 12,32	90,76 ± 17,21	97,69 ± 14,27	0,47
%PFE pós	97,76 ± 16,40	86,92 ± 15,44	99,23 ± 12,85	0,07



P	0,70	0,16	0,73	
Ventilometria pré	2,97 ± 0,45	2,96 ± 0,50	3,36 ± 0,75	0,12
Ventilometria pós	3,13 ± 0,47	3,15 ± 0,61	3,36 ± 0,66	0,53
p.	0,09	0,07	0,95	
Δ Ventilometria	0,16 ± 0,36	0,18 ± 0,37	0,00 ± 0,36	0,31

Legenda: GR: grupo Respirom; GPB: grupo *Power Breathe*®; GC: grupo controle CVF: Capacidade vital forçada, VEF 1: Volume expirado forçado no primeiro segundo CVF/VEF1: relação entre a capacidade vital forçada e o volume expirado no primeiro segundo PFE: Pico de fluxo expiratório, Δ: diferença pré e pós protocolo, DP: Desvio padrão.

Na correlação da função pulmonar com a força muscular respiratória observou-se que a CV (ventilometria) correlacionou de fraca a moderada intensidade com a PImáx ($r=0,35$, $p=0,02$), com a PEmáx ($r=0,46$, $p=0,00$) e com a %CVF ($r=0,32$, $p=0,04$), ou seja, quanto maior a CV avaliada pela ventilometria maior a força muscular respiratória e a %CVF avaliada pela espirometria.

A atividade física relatada (sedentários e ativos) não influenciou no ganho de força muscular inspiratória em nenhum grupo, portanto não houve diferença entre sedentários e ativos no grupo Respirom® ($p=0,37$), nem no grupo *PowerBreathe*® ($p=0,50$) tampouco no grupo Controle ($p=0,85$).

Quanto ao nível de dificuldade ao realizar o treinamento (0-10) a média do grupo Respirom® foi de $4,17 \pm 1,49$, enquanto que do grupo *PowerBreathe*® foi de $2,92 \pm 1,44$, nota-se que o grupo Respirom® teve maior dificuldade quando comparado ao grupo *PowerBreathe*® ($p=0,02$).

Discussão

Esse estudo objetivou avaliar o efeito agudo do TMR com dois dispositivos, o *PowerBreathe*® (resistor linear) e Respirom® (resistor alinear) na força muscular respiratória e na função pulmonar de adultos saudáveis. Foi observado que o treinamento muscular respiratório com *PowerBreathe*® e Respirom® aumentou a força muscular respiratória de forma semelhante, porém nenhum deles impactou na função pulmonar da população analisada. Os

autores não encontraram estudos, até a presente data, que tenha comparado um resistor linear com espirômetro de incentivo (Respirom®) baseado na PImáx, tornando esse estudo relevante para a prática clínica.

Silva et al.², randomizaram 14 indivíduos em grupo *sham* (GS, $n=7$) e grupo experimental (GE, $n=7$), foram avaliados PImáx e PEmáx, distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos e a percepção de dispneia pelo escore de dispneia do *medical reasearch council* pré e pós programa de TMR. Ambos realizaram um Programa de Reabilitação Cardiopulmonar após quatro semanas de cirurgia. Os autores concluíram que o TMR realizado com o Respirom® aumentou a PImáx e a distância percorrida no teste de caminhada de 6 min, uma vez que o GE aumentou 22% ($p=0,014$) quando associado com PRCR convencional, já o GS não obteve aumento.

No estudo supracitado a média de idade dos participantes foi maior que do presente estudo (GE=56 anos, GC=54 anos) e a maioria era do sexo masculino. Os participantes realizaram o treinamento por quatro semanas, sete vezes por semana, duas vezes ao dia. Observa-se que no presente estudo o treinamento ocorreu menos vezes por semana, porém por um tempo maior, a média de idade era significativamente menor, e os jovens não eram participantes pós-cirúrgicos, justificando o maior ganho de força inspiratória do grupo que realizou treinamento.

No estudo de Esteves et al.³¹ objetivou-se verificar o efeito do treinamento muscular inspiratório com resistor linear (*PowerBreathe*®), na

capacidade aeróbia e na força muscular inspiratória de indivíduos saudáveis praticantes regulares de atividade física. Esse estudo assim como o presente estudo obteve resultados na comparação intragrupos, onde observou-se aumento médio da P_{Imáx} em 37% no GE e no GC um aumento de 7%. Nesse estudo a maioria era de jovens, assim como no presente estudo (18 a 21 anos), porém a maioria era do sexo masculino (GE: 66% e GC:60%) e praticantes de atividade física. O treinamento ocorreu durante cinco semanas, cinco vezes por semana com carga de 75% da P_{Imáx}, portanto com menor duração e mais intenso que na presente pesquisa. Apesar das diferenças de protocolo e perfil da amostra, os jovens saudáveis obtiveram ganho de força muscular inspiratória em percentuais semelhantes ao presente estudo, indicando que somente o grupo que fez o treinamento obteve ganhos expressivos na P_{Imáx}.

Em indivíduos saudáveis, considera-se aumento de força muscular clinicamente significativa um aumento médio de 20% na P_{Imáx}. Dessa forma no estudo supracitado, assim como na presente pesquisa, somente o grupo Respirom® e o PowerBreathe® aumentaram a força muscular inspiratória³². Isso reforça a hipótese de que os dois instrumentos foram semelhantes no ganho de força muscular inspiratória.

Observou-se que não houve diferença no ganho de força em relação à P_{Emáx} quando comparado os três grupos, todos aumentaram a P_{Emáx}, entretanto não se sabe se esse aumento traduz em melhora clínica, pois não foi objeto de investigação desse estudo. O aumento de P_{Emáx} usando resistor inspiratório sugere que quando há um direcionamento de ar para o diafragma pode proporcionar maior mobilidade dos músculos abdominais e como consequência recrutamento dos músculos da parede abdominal, que atuam com acessórios da expiração. Isso explica o ganho de força expiratória com a utilização dos resistores inspiratórios.

A função pulmonar avaliada pela espirometria e ventilometria não obteve mudanças significativas em nenhum dos grupos, houve apenas uma tendência de aumento da CV avaliada pela ventilometria nos grupos Respirom® e Power Breathe®. Como houve correlação entre a CV medida pela ventilometria e a força muscular respiratória, presume-se que a tendência de aumento da CV pode ser explicada pelo aumento da força muscular inspiratória que ocorreu somente nos grupos que realizaram TMR. Pode-se afirmar que o aumento da força da musculatura inspiratória permite maiores gradientes pressóricos para aumentar a pressão transpulmonar¹¹⁻¹³, sendo assim, ambos os instrumentos podem aumentar o volume pulmonar, como uma consequência do fortalecimento dos músculos respiratórios e não como um desfecho primário. Talvez esse seja o grande erro de indicar esses dispositivos para ganho de expansão pulmonar, dessa forma uma amostragem mais robusta é interessante para reavaliar e sustentar essa hipótese, e que inclua participantes com limitação da função pulmonar. Espera-se uma dificuldade em encontrar benefícios clínicos na função pulmonar dos participantes da presente pesquisa, uma vez que nenhum deles apresentou disfunção pulmonar.

Quando investigado o nível de dificuldade (trabalho respiratório) em realizar os instrumentos verificou-se que o Respirom® foi o equipamento que houve maior dificuldade em realizar o treinamento, o que demonstra maior percepção de esforço, do paciente com maior trabalho respiratório, isso pode ser explicado pelo fato de ser um resistor alinear onde a carga é gerada dependente do fluxo e dessa forma variável ao longo da inspiração¹².

Estudo realizado por Weindeler e Kiefe³³ avaliou o trabalho respiratório realizado entre dois espirômetros de incentivo um orientado à fluxo e outro orientado a volume, os autores concluíram que os incentivadores a fluxo aumentam

consideravelmente o trabalho respiratório, indicando que o aumento do trabalho respiratório dificulta a realização das inspirações sustentadas, influenciando no desempenho dos pacientes em pós-operatório. Entende-se que o indivíduo ao sustentar as esferas pelo maior tempo possível pode aumentar o nível de dificuldade, mas não desqualifica a intenção e indicação do dispositivo para exercitar e fortalecer músculos inspiratórios.

Nos aspectos sócios e econômicos, a espirometria de incentivo a fluxo apresenta como vantagem o baixo custo, o que permite popularizar o acesso desse recurso às classes sociais menos favorecidas para exercitar a musculatura inspiratória. Há poucas evidências que suportem sua utilização como equipamento de treinamento muscular baseado na P_{Imáx}, por isso consideramos esse estudo um divisor na ciência de treinamento muscular inspiratório utilizando espirometria de incentivo à fluxo. Já os resistores lineares são considerados padrão ouro para TMR, no entanto trata-se de um equipamento de maior valor financeiro para aquisição, portanto ambos apresentam vantagens e desvantagens.

São benefícios clínicos e funcionais da espirometria de incentivo, pautados minimamente na fisiologia do sistema respiratório^{34,35}: (1) O gasto de O₂ durante a respiração tranquila utilizando a espirometria de incentivo pode variar de 5 a 30% o que permite afirmar que a sobrecarga a musculatura respiratória é pequena. (2) Quanto mais curto o tempo para inspiração, menor o volume inspirado, quando bem conduzida à espirometria de incentivo é possível treinar o paciente a realizar inspiração suave, longa, profunda e sustentada. (3) A desigualdade da ventilação pulmonar pode ser resultado de alterações tanto da distensibilidade pulmonar local quanto da resistência da via aérea, orientar e treinar a inspiração influencia o padrão regular da respiração. (4) Durante a espirometria de incentivo, fisiologicamente, mostra que, antes da

inspiração começar, a pressão intrapleural é de -5 cmH₂O em função da retração do pulmão e a pressão alveolar é zero, entretanto a espirometria de incentivo aguçava um fluxo inspiratório provocando uma pressão alveolar menor permitindo o deslocamento de variados volumes pulmonares. (5) O pulmão a caixa torácica também é elástica, a espirometria de incentivo aumenta a dinâmica da mecânica respiratória, um bom sinal para pacientes com respiração superficial e fraqueza muscular respiratória. (6) Por fim, as regiões pulmonares inferiores ventilam mais do que as superiores, incentivar a inspiração por meio de *feedback* visual e auditivo durante a espirometria de incentivo estimula e fortalece o mecanismo de contração do músculo diafragma e demais músculos da respiração para conquistar força muscular e secundariamente melhorar a ventilação pulmonar.

Este estudo apresentou como limitações a escassez de estudos que comparassem resistor alinear e linear bem como estudos utilizando o Respirom® com carga baseada na P_{Imáx}, ademais, observa-se uma heterogeneidade dos protocolos em relação ao tempo de treinamento e frequência, dificultando comparações. Esse é um fator relevante a ser apontado, para entender o quanto se tem de avançar em pesquisas utilizando o espirômetro de incentivo, baseado na limitação funcional do paciente e não no diagnóstico da doença. A indicação do uso deste dispositivo aplica-se a prevenir e tratar disfunções associadas à fraqueza muscular respiratória e não doença.

Esse estudo sinaliza que essa nova forma de utilização do espirômetro de incentivo Respirom® poderá trazer benefícios clínicos, entretanto, recomenda-se que protocolos com tempo maior de treinamento e mais vezes na semana sejam realizados com o intuito de verificar se haverá replicação dos resultados obtidos pela presente pesquisa.

Conclusão

O treinamento muscular respiratório com resistor linear-*PowerBreathe*® e espirômetro de incentivo à fluxo-*Respiron*® aumentou a força muscular inspiratória de adultos saudáveis. Em relação às variáveis espirométricas não houve melhora significativa com nenhum instrumento. Dessa forma ambos os dispositivos apontam ser semelhantes no ganho de força muscular inspiratória, cabe o profissional analisar vantagens e

desvantagens na escolha do equipamento. Salienta-se que no presente estudo o resistor alinear utilizado foi com carga baseada na pressão inspiratória máxima, diferente da forma convencional que é comumente utilizado. Como esse estudo foi realizado com população saudável sugere-se estudo futuro em população com disfunção pulmonar para se verificar a reprodutibilidade dos resultados apresentados na presente pesquisa.

Referências Bibliográficas

1. Sarmento GJV. O ABC da fisioterapia respiratória. São Paulo (SP): Manole; 2009.
2. Silva PE, Almeida KMG, Dias VS, Andrade FMD, Almeida MLO. Treinamento muscular inspiratório com incentivador a fluxo *Respiron*® no pós-operatório tardio de cirurgia cardíaca pode melhorar desfechos funcionais? Um estudo duplo-cego, randomizado e sham controlado. *ASSOBRAFIR Ciência*. 2015;6(2):43-54.
3. Shei RJ. Recent advancements in our understanding of the ergogenic effect of respiratory muscle training in healthy humans: a systematic review. *Strength Cond. Res*. 2018 September; 32(9): 2665–2676.
4. Huang CH, Martin AD, Davenport PW. Effect of inspiratory muscle strength training on inspiratory motor drive and RREP early peak components. *J Appl Physiol*. 2003; 94:462–468.
5. Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, McKenzie DC, Sheel AW. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *J Physiol*. 2007; 584:1019–1028.
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; 86:345–354.
7. Laoutaris ID, et al. Effects of inspiratory muscle training on autonomic activity, endothelial vasodilator function, and N-terminal pro-brain natriuretic peptide levels in chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2008; Mar-Apr;28(2):99-106.
8. Sheel AW. Respiratory muscle training in healthy individuals. *Sports Med*. 2002; 32:567–581.
9. Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals. *Sports Medicine*. 2012; 42(8):707-724.
10. Lin SJ, McElfresh J, Hall B, Bloom R, Farrell K. Inspiratory muscle training in patients with heart failure: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2012; Sep;23(3):29-36.
11. Souza E, Terra ELSV, Pereira R, Chicayban L, Silva J, Sampaio-Jorge F. Análise eletromiográfica do treinamento muscular inspiratório sob diferentes cargas do *THRESHOLD*®IMT. *Perspectivas Online* [periódico na internet]. 2008; 2(7):103-112. Disponível em <https://pdfs.semanticscholar.org/b263/d55fbfc02ad13dca616681331617c29c60a6.pdf> [2020 junho 20]
12. Machado MGR. Bases da Fisioterapia Respiratória: Terapia Intensiva e Reabilitação. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
13. Tomich GM, França DC, Diório ACM, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Braz J Med Biol Res*. 2007;40(10), 1409-17



14. Liu CJ, Tsai WC, Chu CC, Muo CH, Chung WS. Is incentive spirometry beneficial for patients with lung cancer receiving videoassisted thoracic surgery? *BMC Pulmonary Medicine* 2019; 19:121.
15. Agostini P, Singh S. Incentive spirometry following thoracic surgery: what should we be doing? *Physiotherapy*. 2009;95(2):76-82.
16. Baranow KV, Silva NM, Moussalle, LD, Kessler A. Inspirômetro de incentivo no pós-operatório de cirurgia torácica: uma revisão sistemática. *Ciência & Saúde, set.-dez.* 2016; 9(3):210-217.
17. Carvalho CRF, Paisani DM, Lunardi AC. Incentive spirometry in major surgeries: a systematic review. *Rev Bras Fisioter.* 2011; 15 (5):343-50.
18. Manapunsopée S, Thanakiatpinyo T, Wongkornrat W, Chuaychoo B, Thirapatrapong W. Effectiveness of Incentive Spirometry on Inspiratory Muscle Strength After Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Heart, Lung and Circulation [periódico na internet]* 2019, Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.09.009> [2020 junho 20].
19. Weiner P, et al. The effect of incentive spirometry and inspiratory muscle training on pulmonary function after lung resection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;113(3):552-7.
20. Kamble KG, Vishnu Vardhan GD. Effect of threshold inspiratory muscle training versus incentive spirometry in upper abdominal surgeries: a comparative study. *Int J Physiother Res* 2019, Vol 7(3):3077-84.
21. Reis IMM, Pessoa-Santos BV, Basso-Vanelli RP, Di Lorenzo VAP, Jamami M. Efeitos do treinamento com espirômetros de incentivo a fluxo e a volume em indivíduos saudáveis. *R. bras. Ci. e Mov* 2015;23(2):104-112.
22. Eltorai AEM, Baird GL, Eltorai AS, Pangborn J, Antoci Jr V, Cullen HA, et al. Perspectives on incentive spirometry utility and patient protocols. *Respir Care.* 2018 May;63(5):519–31. <https://doi.org/10.4187/respcare.05872>
23. Schwiager I, Gamulin Z, Forster A, Meyer P, Gemperle M, Suter PM. Absence of benefit of incentive spirometry in low-risk patients undergoing elective cholecystectomy. A controlled randomized study. *Chest.* 1986 May;89(5):652–6. <https://doi.org/10.1378/chest.89.5.652>
24. Hall JC, Tarala R, Harris J, Tapper J, Christiansen K. Incentive spirometry versus routine chest physiotherapy for prevention of pulmonary complications after abdominal surgery. *Lancet.* 1991 Apr;337(8747):953–6. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91580-n](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91580-n)
25. Ferrazean EP, Kunzler DCH, Gonçalves JC. Espirometria de incentivo: quais as evidências? In: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva; Martins JA, Reis LFF, Andrade FMD, organizadores. PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia em Terapia Intensiva Adulto: Ciclo 12. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2021, v.2, p.91-114. <https://doi.org/10.5935/978-65-5848-502-5.C0004>
26. Brasil. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466/16 sobre pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília: Ministério da Saúde; 2016. 24p.
27. World Health Organization. *Global recommendations on physical activity for health.* Geneva: World Health Organization; 2010
28. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* American Thoracic Society. 2002;166(4):518-624.
29. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Pneumol.* 2002; 28(3):1-221.
30. Sandri P, Guimarães HP. Manual prático de fisioterapia no pronto socorro e UTI. São Paulo: Atheneu, 2014.
31. Esteves F, Santos I, João Valeriano J, Tomás MT. Treino de músculos inspiratórios em indivíduos saudáveis: estudo randomizado controlado. *Saúde & tecnologia.* 2016; 15: 5-11.



32. Romer LM, McConnell AK. Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(2):237-244.
33. Weidler J, Kiefer RT. The Efficacy of Postoperative Incentive Spirometry Is Influenced by the Device- Specific Imposed Work of Breathing. *Chest* 2001; 119:1858–1864.
34. West JB. Mecânica da Respiração. In: *Fisiologia Respiratória*, 9ª ed; Porto Alegre: Artmed Editora, 2013. p. 110-146.
35. Ferrazean EP, Kunzler DCH, Gonzalez JC. Espirometria de incentivo: quais as evidências? In: *Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva. PROFISIO, Ciclo 12, Vol. 2*; Porto Alegre: Artmed Panamericana, 2021. p. 91-114. <https://doi.org/10.5935/978-65-5848-502-5.C0004>

Como citar este artigo:

Alcântara EC, Morais ER, Barbosa ABG, Carmo CF, Fantinati AMM, Fantinati MS. Treinamento muscular respiratório com espirômetro de incentivo à fluxo comparado com o resistor linear: ensaio clínico controlado. *Rev. Aten. Saúde.* 2024; e20248976(22). doi <https://doi.org/10.13037/ras.vol22.e20248976>

