

Artigo Original

Treinamento muscular inspiratório em jovens atletas velocistas da modalidade de atletismo: Um estudo piloto

Inspiratory muscle training on young athletics speaker athletes: a pilot study

João Marcos Misfeld¹, Josie Budag Matsuda¹, Luis Otávio Matsud¹, Ana Inês Gonzáles¹

1. Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí (UNIDAVI), Rio do Sul, SC, Brasil.

RESUMO

Introdução: A diminuição da força muscular respiratória pode resultar no aparecimento precoce do metaboreflexo, gerando fadiga muscular acarretando no declínio no desempenho físico dos atletas. O Treinamento Muscular Inspiratório visa condicionar os músculos responsáveis pelo processo de inspiração, podendo contribuir para a atividade respiratória e no desempenho de atletas. **Objetivo:** Verificar os efeitos do treinamento muscular inspiratório (TMI) no desempenho desportivo de velocistas de alto rendimento **Método:** Estudo clínico, com grupo controle, randomizado, com amostra por conveniência, realizado com atletas velocistas, de ambos os sexos e idade entre 16 e 20 anos. divididos em: Grupo Treinamento Muscular Inspiratório (GTMI, n=4) que realizou TMI utilizando aparelho Powerbreathe associado ao treinamento da prática desportiva e Grupo Controle (GC, n=4) que realizou apenas o treinamento da prática desportiva. Todos foram avaliados pré e pós intervenção através de: Manovacuometria, Teste de Léger de 20 metros e Teste de Potência Anaeróbia Máxima **Resultados:** Demonstrou-se um maior aumento da força muscular inspiratória , na distância percorrida e na % do predito da Plmax para o GTMI. **Conclusão:** Mostrou-se plausível o protocolo de TMI associado ao treinamento da prática desportiva, principalmente na variável Plmáx. São necessários mais estudos para comprovar os resultados em um número maior de participantes.

Palavras-chave: Atletas profissionais. Diafragma. Treinamento Muscular Respiratório.

ABSTRACT

Introduction: The decrease in respiratory muscle strength can result in the early appearance of the metaboreflex, generating muscle fatigue, leading to a decline in the physical performance of athletes. Inspiratory Muscle Training aims to condition the muscles responsible for the inspiration process, which can contribute to respiratory activity and the performance of athletes. **Objective:** To verify the effects of inspiratory muscle training (IMT) on the sports performance of high-performance sprinters **Method:** Clinical study, with a control group, randomized, with a convenience sample, carried out with sprint athletes, of both sexes and aged between 16 and 20 years. divided into: Inspiratory Muscle Training Group (GTMI, n=4) which performed IMT using a Powerbreathe device associated with sports practice training and Control Group (CG, n=4) which performed only sports practice training. All were evaluated pre and post intervention through: Manovacuometry, 20 meter Léger Test and Maximum Anaerobic Power Test **Results:** A greater increase in inspiratory muscle strength, distance covered and % of predicted Plmax for GTMI was demonstrated . **Conclusion:** The IMT protocol associated with sports training proved to be plausible, especially in the MIP variable. More studies are needed to prove the results in a larger number of participants.

Keywords: Professional Athletes. Diaphragm. Respiratory Muscle Training.

Autor(a) para correspondência: Ana Inês Gonzáles – ana.gonzales@unidavi.edu.br.

Conflito de Interesses: Os(As) autores(as) declaram que não há conflito de interesses.

Submetido em 10/03/2025 | Aceito em 01/07/2025 | Publicado em 18/07/2025

DOI: 10.36517/rfsf.v12i1.94924

INTRODUÇÃO

O sistema respiratório tem a função manter a ventilação alveolar, aumentando sua demanda durante a prática de atividade física. A Inspiração é um processo ativo diafrágmático, onde durante a respiração forçada, que ocorre na prática do exercício físico, exigindo o auxílio de outros músculos inspiratórios para aumentar o aporte de oxigênio pulmonar¹.

Durante a prática da atividade física intensa existe uma sobrecarga ao sistema respiratório, decorrente do aumento da demanda ventilatória para suprir as necessidades musculares, sendo esta demanda proporcional a intensidade do exercício físico realizado. Neste sentido, pelo aumento da sobrecarga, os músculos respiratórios precisam estar mais condicionados e resistentes à fadiga imposta pelo exercício físico intenso.²

A diminuição da função respiratória pode comprometer a prática de exercícios físicos intensos, devido a ativação do mecanismo metaboreflexo, levando a fadiga da musculatura inspiratória, aumentando o seu fluxo sanguíneo e consequentemente diminuindo o fluxo sanguíneo dos músculos periféricos³

Atletas buscam alternativas para melhorar seu desempenho e resistência a fadiga respiratória, o que implica diretamente na fadiga muscular periférica. Neste sentido, métodos que possam auxiliar neste processo passaram a ser estudados. Dentro destes, destaca-se o treinamento muscular inspiratório (TMI), que tem demonstrado melhora no desempenho esportivo, e força muscular inspiratória, volume máximo de oxigênio, melhoria de desempenho em ciclistas competitivos e na resposta perceptiva ao exercício intenso, reduz os efeitos negativos da hipóxia e demonstrou melhorar o desempenho esportivo^{4,5,6,7}

Até o momento não existem na literatura estudos associando o TMI em atletas velocistas da modalidade de atletismo, neste sentido, o desenvolvimento de um estudo piloto pode apresentar dados iniciais importantes, permitindo testar a viabilidade da pesquisa e a verificação de possibilidade para a ampliação futura de um estudo maior. Por conta disto, o objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos do treinamento muscular inspiratório no desempenho desportivo de velocistas de alto rendimento por meio de um estudo piloto randomizado.

MÉTODO

Estudo piloto clínico, com grupo controle, randomizado, com amostra por conveniência, realizado com atletas velocistas de alto rendimento, de ambos os sexos, idade entre 16 e 20 anos, e que se encontravam fora do ciclo de competições. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição sob o nº6.680.917.

Após a aplicação dos critérios de inclusão, foram identificados 8 atletas elegíveis para o estudo, sendo estes então randomizados em dois grupos: Grupo Controle (GC), submetido apenas ao treinamento desportivo programado e Grupo Intervenção (GTMI), submetido ao Treinamento desportivo programado e ao Treinamento Muscular Inspiratório. Os indivíduos foram randomizados para os grupos GC e GTMI por meio de randomização aleatória, com a disponibilização de oito envelopes lacrados (com 4 envelopes contendo a intervenção para cada grupo), opacos e numerados sequencialmente por um pesquisador cegado a fim de ocultar a atribuição do tratamento aos participantes e permitir a distribuição igualitária entre os grupos e cega. Os participantes foram identificados por números.

Os procedimentos de avaliação dos participantes, pré e pós intervenção, foram realizados no centro de treinamento da equipe de atletismo da Fundação de Desportos da cidade de Rio do Sul/SC.

A capacidade anaeróbica, foi avaliada, pré e pós intervenção, pelo teste de 40 segundos, em pista oficial de atletismo de 400m, e a maior distância percorrida no tempo foi computada para análise⁸. Pré e pós teste foram coletados: Frequência cardíaca (FC), saturação parcial de O₂ (SpO₂) com o equipamento oxímetro da marca DellaMed®, sendo analisados.

A Força Muscular Inspiratória foi avaliada com um manovacuômetro analógico (GER-AR, São Paulo, Brasil) previamente calibrado, no período pré e pós intervenção. Os testes foram realizados de acordo com as recomendações propostas pela American Thoracic Society (ATS) e a European Respiratory Society (ERS). Como resultado os valores de Pressão Inspiratória Máxima (Plmax) e Pressão Expiratória Máxima (PEmax) foram registrados o valor mais alto, contanto que não se excede em 10% o segundo valor mais alto foi utilizado. Os valores preditos, foram calculados pela fórmula de Neder et al (1999)⁹. O cálculo obtido da Plmax pré intervenção foi utilizado para a prescrição e progressão dos exercícios do TMI do GTMI.

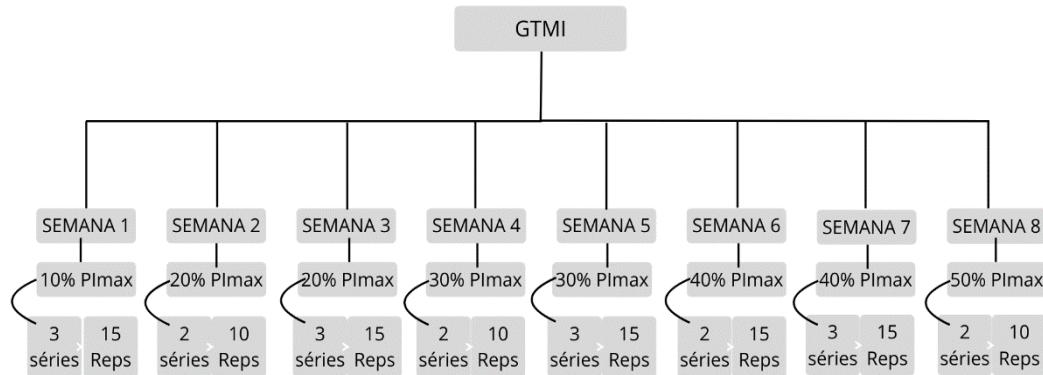
A avaliação indireta do Consumo Máximo de Oxigênio (VO₂max), foi realizado por meio do teste de Shuttle run de 20 metros¹⁰. Pré a pós teste foram coletados FC, SpO₂ e PA com os equipamentos oxímetro da marca DellaMed® e esfigmanômetro manual marca Bic®, sendo analisados.

A avaliação do lactato Sanguíneo foi coletada através do equipamento portátil Lactímetro Accutrend Plus Roche, utilizando tiras reagentes Roche. A coleta sanguínea foi feita por meio de furo no dedo indicador utilizando lanceta da marca G-TECH, antes e logo após o teste de avaliação de potência anaeróbica de 40 segundos. Após o teste, uma amostra de sangue foi coletada na tira, inserida no aparelho, e após 60 segundos o resultado foi extraído.

O protocolo de intervenção deste estudo ocorreu associado ao treinamento esportivo dos atletas exercido de forma padronizada pelos treinadores da equipe de atletismo da Fundação de Desportos visando alto rendimento, sendo este administrado e desenvolvido em ciclos de 2 semanas (semana 1-2, semana 3-4, semana 5-6 e semana 7-8), conforme Apêndice 1. É importante destacar que não houve envolvimento por parte do pesquisador na rotina de treinamento desportivo dos atletas. O Grupo GTMI realizou TMI três vezes na semana, com um pesquisador cegado, durante oito semanas. O grupo GC não recebeu TMI, mantendo apenas os treinamentos esportivos de rotina. A descrição do processo de progressão de carga e intensidade do treinamento muscular inspiratório encontra-se descrito no Figura 1.

Os voluntários do GTMI foram submetidos a 3 sessões semanais de treinamento muscular inspiratório (Figura 1), utilizando o aparelho Power Breathe, durante 8 semanas, totalizando 24 sessões. Os valores foram calculados individualmente de acordo com a Pressão Inspiratória Máxima (Plmax) de cada participante.

Figura 1. Protocolo de Intervenção do GTMI.



Legenda: Reps= Repetições; % - percentual; GTMI - grupo treinamento muscular inspiratório.

Os dados do estudo foram analisados no programa estatístico SPSS versão 2.0, sendo expressos mediante análise descritiva (média, desvio padrão, frequência absoluta e relativa) e a comparação de diferentes momentos pré e pós intervenção intragrupos e entregrupos. Em todas as análises inferenciais foi considerado nível de significância $p<0,05$. A fim de garantir transparência, qualidade e integralidade na divulgação dos resultados do estudo, foi aplicado o checklist CONSORT para estudos piloto (CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials) (Apêndice 2).

RESULTADOS

Ao total participaram do estudo 8 atletas de provas de velocidade, sendo 6 do sexo masculino e 2 femininas. A caracterização da amostra está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra do estudo, dividida em grupos

Variáveis	GTMI (n = 4)		p
	Média (DP)	Média (DP)	
Idade (anos)	17,5 ($\pm 0,86$)	17,5 ($\pm 0,95$)	1,00
Peso (Kg)	59,9 ($\pm 10,48$)	71,9 ($\pm 9,06$)	0,33
Altura (cm)	1,68 ($\pm 0,10$)	1,78 ($\pm 0,07$)	0,47
IMC (Kg/cm ²)	20,97 ($\pm 1,59$)	22,43 ($\pm 1,44$)	0,97
Tempo de Treinamento de Performance (meses)	38 ($\pm 23,15$)	28,50 ($\pm 9,00$)	0,04
Frequência Semanal de Treinamento	5x/semana	5x/semana	
Sexo	N (%)		N (%)
Feminino	2 (50%)		0 (0%)
Masculino	2 (50%)		4 (100%)

Legenda: A tabela de caracterização da amostra apresenta dados expressos em kg=quilogramas; cm=centímetros.

É possível observar que, os grupos GTMI e GC foram homogêneos em relação a Idade, peso, altura, Frequência Semanal de Treinamento e IMC. Com relação ao tempo de treinamento prévio, o GTMI demonstrou maiores valores. Ainda, é importante ressaltar que o GC foi composto exclusivamente por homens. Os resultados dos testes de desempenho, força muscular respiratória e análise de lactato estão expressos na tabela 2. As análises intra-grupo demonstram diferença significativa pós intervenção em relação a PI_{max}, % do predito da PI_{max}, distância percorrida e Saturação pós teste de Leger apenas para o GTMI.

Tabela 2. Resultados dos testes de desempenho, força muscular respiratória e lactato pré e pós-intervenção nos grupos GTMI e GC.

Variável	GTMI		GC	
	Pré Média (DP)	Pós Média (DP)	Pré Média (DP)	Pós Média (DP)
PI _{máx} (mmHg)	-140 ($\pm 18,25$)	-172,5* ($\pm 26,30$)	-132,5 ($\pm 22,17$)	-137,5 ($\pm 28,72$)
P _{imax} (Predito)		121,33 ($\pm 21,67$)		141,30 ($\pm 1,53$)
P _{imax} (%Predito)	116 ($\pm 8,15$) [#]	142 ($\pm 5,01$) ^{*#}	93 ($\pm 16,34$) [#]	97 ($\pm 21,23$) [#]
PE _{máx} (mmHg)	122,5 ($\pm 26,30$)	170 ($\pm 71,64$)	147,5 ($\pm 26,30$)	155 ($\pm 26,45$)
PE _{max} Predito		127,93 ($\pm 25,50$)		151,23 ($\pm 1,55$)
P _{emax} (%Predito)	96 ($\pm 12,03$)	128 ($\pm 31,48$)	97 ($\pm 18,29$)	102 ($\pm 18,40$)
Teste Leger				
VO _{2máx} (ml)	41,05 ($\pm 6,89$)	43,2 ($\pm 5,10$)	43,8 ($\pm 6,61$)	43,1 ($\pm 6,24$)
Distância (m)	1085 ($\pm 532,51$)	1305 (501,29)*	1345 ($\pm 354,54$)	1350 ($\pm 364,23$)
FC repouso (bpm)	85,5 ($\pm 18,26$)	77,25 ($\pm 13,59$)	85,25 ($\pm 27,40$)	74 ($\pm 20,76$)
FC pós Teste (bpm)	172,5 ($\pm 27,67$)	192,75 ($\pm 12,23$)	170,75 ($\pm 14,05$)	176,25 ($\pm 19,80$)
Saturação Repouso (%)	97,25 ($\pm 1,70$)	98,5 (± 1)	98 ($\pm 1,41$)	97,75 ($\pm 1,5$)
Saturação Pós Teste (%)	98 (± 0) [#]	96,25 ($\pm 0,95$)*	95,25 ($\pm 1,70$) [#]	96,75 ($\pm 1,70$)
Teste 40s				
Distância (m)	281 ($\pm 30,62$)	287,25 ($\pm 24,47$)	296,25 ($\pm 21,85$)	296,5 ($\pm 20,61$)
Lactato Repouso (mmol/L)	2,6 ($\pm 0,82$)	2,32 ($\pm 0,84$)	3,6 ($\pm 2,77$)	2,17 ($\pm 0,37$)
Lactato Pós Teste (mmol/L)	12 ($\pm 4,77$)	10,77 ($\pm 4,79$)	14,77 ($\pm 1,25$)	14,77 ($\pm 1,87$)
Borg	7,25 ($\pm 0,95$)	7 ($\pm 0,81$)	7 ($\pm 1,41$)	7,75 ($\pm 0,5$)

Legenda: A tabela expressa valores em mmHg= milímetro de mercúrio; m=metros, ml= mililitros, Vo_{2max}=Volume de oxigênio máximo; bpm= batimentos por minuto; mmol/L= milímoles por litro. *-Analise intra-grupo; #-Diferença entre grupos.

As diferenças entre grupos foram observadas na % do predito da PI_{max} pré e pós intervenção e Saturação pós teste de Léger, com melhores valores para o GTMI. Os resultados individuais dos participantes estão expressos na tabela 3. Os resultados analisados individualmente demonstram que o atleta 3 apresenta o tempo de treinamento superior aos demais atletas, entretanto, diante das variáveis pré intervenção, não demonstra melhores resultados em relação aos demais participantes. Com relação a força muscular inspiratória, os atletas 5,7 e 8 do GC não atingiram os valores preditos de P_{imax} no momento pré e pós intervenção, com maior destaque para o atleta 5, com percentual do predito no valor de 70%. Já no GTMI todos atingiram os valores preditos. Observa-se que, anteriormente à intervenção, os atletas do GTMI apresentaram resultados de PI_{max} que superaram os valores preditos e após a intervenção estes valores se elevaram. Ao observamos os dados do teste de lactato, observamos importantes resultados nos atletas 2 e 4, ambos do sexo feminino, onde a concentração de lactato pós teste foi menor em relação aos outros participantes, mesmo estas tendo atingido o mesmo nível na escala de BORG que os outros. A atleta 4, apresentou a maior melhora de distância, quando compararamos pré e pós testes, além de maior frequência cardíaca pós teste de Leger.

Ao analisarmos as distâncias percorridas nos testes de Léger, assim como no teste de 40s, os atletas 3 e 5 alcançaram performances semelhantes, porém, se observarmos valores PI_{max} de ambos pós intervenção observa-se melhores valores para o atleta 3. Ainda, este mesmo atleta alcançou valores preditos para PI_{max}, diferentemente do atleta 5.

Tabela 3. Tabela de caracterização da amostra, bem como seus respectivos resultados individuais nos testes de desempenho, Força Muscular Respiratória e Lactato pré e pós intervenção.

Variáveis/Participante	GTMI								GC								
	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		
Idade	19 anos		16 anos		19 anos		16 anos		16anos		20 anos		18 anos		16 anos		
Sexo	M		F		M		F		M		M		M		M		
Peso	70Kg		50,8 Kg		68 Kg		51 Kg		60		82		72,20		73,50		
Altura	1,80 cm		1,57 cm		1,73 cm		1,64 cm		1,70		1,86		1,75		1,84		
IMC (Kg/cm ²)	21,6		20,6		22,7		18,9		20,7		23,7		23,5		21,7		
Tempo de Treinamento (meses)	48		15		66		24		24		42		24		24		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	
Pimáx (mmHg)	-160	-190	-120	-150	-150	-200	-130	-150	-100	-100	-150	-170	-140	-140	-140	-140	
Pimáx predito (mmHg)																	
	-140,1		-102,5		-140,1		-102,5		-142,5		-139,3		-140,9		-142,5		
Pimáx %predito	114,2	135,61	117	146,25	107,06	142,75	126,75	146,25	70,17	70,17	107,68	122,03	99,36	99,36	98,24	98,24	
Pemáx (mmHg)	120	250	110	100	160	210	100	120	130	150	170	180	170	170	120	120	
Pemáx predito (mmHg)																	
	150,01		105,84		150,01		105,84		152,44		149,2		150,82		152,44		
Pemáx % predito	79,99	166,65	103,93	94,48	106,65	139,99	94,48	113,37	85,27	98,39	113,94	120,64	112,71	112,71	78,71	78,71	
Leger: VO ₂ máx	50,6	50,6	36	38,9	41,6	41,6	36	41,8	47,4	44,6	50,6	50,6	35,6	35,6	41,6	41,6	
Leger: Distância	1780	2000	620	900	1220	1340	720	980	1460	1320	1760	1840	920	960	1240	1280	
Leger: FC inicial	76	149	96	186	65	150	105	205	61	175	65	181	119	177	96	150	
Leger: FC final	78	193	84	205	58	176	89	197	63	148	52	193	82	178	99	186	
Leger: SpO ₂ inicial	97	98	98	98	95	98	99	98	99	93	98	96	99	95	96	97	
Leger: SpO ₂ final	99	95	97	97	99	96	99	97	99	95	99	97	97	99	96	96	
Teste 40s: Distância	312	313	267	270	300	303	245	263	305	306	322	318	272	270	286	292	
Teste 40s:Lactato inicial (mmol/L)	3,5	18,3	1,6	10,7	2,3	12,2	3	6,8	3,3	15,1	7,6	16,3	1,4	13,3	2,1	14,4	
Teste 40s:Lactato final (mmol/L)																	
Borg final	6	7	8	6	7	8	8	7	5	7	8	8	7	8	8	8	

Legenda: A tabela expressa valores em mmHg= milímetro de mercúrio; m=metros, ml= mililitros, Vo2max=Volume de oxigênio máximo; bpm= batimentos por minuto; mmol/L= milímoles por litro. A=Atleta.

Os dados expostos na tabela 4, demonstram melhoras individuais relacionadas ao GTMI, com destaque para os atletas 2 e 3 na Plmax, 1,3 e 4 para PEmax. Importante frisar que os atletas 2 e 4, ambas do sexo feminino foram as que obtiveram resultados mais expressivos na distância percorrida no teste de Léger.

Tabela 4. Resposta pré e pós (%)

Variaveis/Participante	GTMI				GC			
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Plmax	↑18,7	↑25,0	↑33,3	↑15,3	→	↑13,3	→	→
PEmax	↑25,0	↓ 9,09	↑31,2	↑20,0	↑15,3	↑5,8	→	→
Leger: VO ₂ máx	→	↑8,0	→	↑16,1	↓5,9	→	→	→
Leger: Distância	↑6,9	↑45,1	↑9,8	↑36,1	↓9,5	↑4,5	↑4,3	↑3,2
Teste 40s: Distância	↑0,3	↑1,1	↑1,0	↑7,3	↑0,3	↓0,7	↓0,7	↑2,0
Teste 40s:Lactato inicial (mmol/L)	↓22,5	↓12,5	↓17,3	↑10	↓42,4	↓73,6	↑35,7	↑4,7
Teste 40s:Lactato final (mmol/L)	↓4,9	↓17,8	↓28,5	↑5,8	↓20,5	↓3,06	↑20,3	↑6,2

Legenda: ↑= Aumento; ↓= Diminuição; →= Igual.

DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo demonstram aumento significativo da força muscular inspiratória, distância percorrida para o teste Léger, e na SpO₂ final apenas no GTMI pós intervenção. Na comparação entre os grupos foi observado diferença significativa no valor de percentual predito para Pimax pré e pós treinamento e na SpO₂ inicial ao teste de Leger pré intervenção.

Ainda, apesar de ter sido realizado em uma pequena população, nossos achados tornam-se relevantes, uma vez que não foram encontrados estudos publicados até o momento que tenham utilizado o TMI como complemento do treinamento desportivo de atletas de velocidade da modalidade de atletismo. Neste sentido, protocolos específicos são escassos, e ainda não foram desenvolvidos.

O aumento significativo no valor de Pimax para o GTMI, foi destaque em nosso estudo. Em revisão sistemática com meta análise desenvolvida por HajGhanbari, et al 2013⁽¹¹⁾, que incluiu estudos de diversas modalidades esportivas, realizados em atletas de ambos os sexos, com idades entre 19 a 33 anos, os resultados demonstraram que, nas modalidades de ciclismo, esportes de pista de resistência, esportes do tipo Sprint intermitente e remo apresentaram resultados positivos e significativos nos valores de Pimax após protocolos de TMI de no mínimo 4 semanas, com protocolos variando de 2 aplicações diárias, 5 vezes na semana, com aplicações de 3 a 12 vezes na semana, com 30 inspirações máximas e com início da carga de 30% da Pimax, quando comparados a um grupo controle. Ainda, em estudo desenvolvido por Kellens et al (2011) com 19 jovens do sexo masculino, atletas recreativos e idade entre 18 e 30 anos, o TMI tem efeito significativo na Pimax, com protocolo de 5 séries de 6 inspirações máximas diariamente, utilizando PowerBreathe a 90% da Plmax inicial, realizando inicialmente 4 semanas. Após a quarta semana, o valor foi ajustado após novo teste de Manovacuometria sendo realizadas mais 4 semanas de intervenção¹²

Apesar do nosso estudo demonstrar bons resultados na variável Pimax, ainda temos poucos estudos que verificam se o TMI pode ter bons resultados sob o desempenho esportivo de atletas. Em revisão sistemática com metanálise desenvolvida por Fernández-Lázaro et al (2022), resultados positivos para Pimax em atletas expostos a protocolos de no mínimo 4 semanas, com 1 ou 2 séries de 30 inspirações máximas, sendo realizadas 1 ou 2 vezes ao dia, iniciando a 15% da Plmax¹³. Obtiveram ainda resultados positivos para o desempenho esportivo em atletas, foi verificada naqueles praticantes de futebol, rugby, corredores, natação, basquete e hóquei de campo. Também pode-se citar o estudo de Archiza et al (2017) realizado com 18 jogadoras profissionais de futebol, em um protocolo com duração de 6 semanas, 5 dias por semana, com 30 inspirações máximas por dia, a 50% da Plmax com ajuste de carga semanalmente, enquanto o Grupo Controle realizou o mesmo treinamento, porém com 15% da Plmax. O estudo concluiu que o uso do TMI pode melhorar significativamente a força muscular inspiratória, na tolerância ao exercício e no desempenho de sprints¹⁴.

A literatura cita que a distância percorrida pode ser utilizada como parâmetro de tolerância ao exercício. Os resultados de distância percorrida em nosso estudo, verificadas no teste de Léger demonstraram resultados significativos para o GTMI. Embora tenha sido realizado com população diferente do nosso estudo, os resultados verificados por Guy et al (2014) na comparação do TMI, com grupos controle e placebo, em uma pré-temporada para atletas amadores de futebol, houve aumento significativo da distância percorrida para teste de ir e vir de 20 metros, não tendo observado melhora sob o desempenho físico específico do esporte em questão¹⁵. Neste estudo, foram utilizados TMI com protocolo de 6 semanas

de intervenção, duas vezes por semana, com carga de treinamento de 55% da Pimax para o grupo experimental e 15% da Pimax para o grupo placebo, duas vezes ao dia (manhã e noite) com 30 inspirações máximas.

O TMI parece ter implicações sobre a recuperação entre atividades intensas, onde observamos uma maior distância percorrida pelo GTMI. Romer e McConnell (2002), realizaram um estudo com atletas de sprint repetitivos, com o objetivo de verificar se o TMI pode influenciar na recuperação durante atividades de sprint repetitivo¹⁶. Os resultados do estudo concluíram que o TMI pode aumentar a Pimax e melhorar o tempo de recuperação durante exercícios intermitentes de alta intensidade nesta população. Embora os resultados pareçam ser promissores, não encontramos mais estudos na literatura que permitam comparação com nossos achados.

Entretanto, sabe-se que a exposição dos músculos inspiratórios a um treinamento com carga controlada e individualizada pode proporcionar um ganho no número de sarcômeros, com aumento do volume muscular diafragmático, bem como a sua capacidade deste músculo em gerar força. Um estudo de Tranchita et al (2014), com atletas jogadores de basquete obteve como resultado aumento da Pimax, concluindo que este fator pode trazer melhoria na força e resistência dos músculos inspiratórios, atuando diretamente na redução da fadiga muscular e retardando o metaborreflexo, fazendo que a oferta de oxigênio ao sistema musculoesquelético seja maior¹⁷.

Em nosso estudo, o aumento na distância percorrida para o teste de Léger, ainda nos mostra que, quanto maior a distância desempenhada, maior o tempo de exposição ao exercício, induzindo um maior nível de fadiga muscular, bem como alteração nos parâmetros hemodinâmicos. Neste sentido, observou-se tal condição no GTMI, que além de aumentar a distância ao teste eo tempo de exposição, houve queda significativa da SpO2 ao final do teste 2, quando comparado ao pré teste, corroborando com a literatura que cita que, durante o exercício há um aumento do consumo do oxigênio de forma linear a sua intensidade, afim de satisfazer as necessidades induzidas pelo aumento da taxa metabólica¹⁸.

A diminuição da SpO2 é uma condição comum em testes de esforço máximo em aparelhos como remoergometro¹⁹. Em exposição a exercícios máximos o débito cardíaco pode passar dos 30 litros por minutos, sendo que esse aumento, influencia diretamente em fatores como a capacidade de renovar o ar alveolar e manter pressões parciais de oxigênio adequadas, aumentando a probabilidade de desequilíbrios entre a ventilação e a perfusão, o que acarreta na diminuição do consumo de oxigênio da musculatura utilizada, e além disso a baixa na saturação parece mais evidente em exercícios que utilizam o corpo todo, como a corrida²⁰.

Outro ponto a ser observado para o aumento da distância percorrida do GTMI e diminuição da SpO2 é a fadiga diafragmática, principal músculo da inspiração. Durante o exercício intenso ocorre uma diminuição do fluxo sanguíneo para o diafragma promovendo um inadequado transporte de oxigênio o que gera uma fadiga do mesmo. A diminuição do fluxo sanguíneo diafragmático se dá pelo aumento do fluxo sanguíneo exigido para a prática desportiva²¹.

Devido ao fato deste estudo ter se proposto a analisar atletas de velocidade de ambos os sexos, a randomização dos participantes não nos permite interferir nos grupos distribuídos. Entretanto, verificamos que, de forma individual, as atletas do sexo feminino apresentaram melhores parâmetros de evolução ao protocolo proposto no estudo, ambas do GTMI. Além de aumento da Pimax, estas apresentaram o maior aumento na distância percorrida para o teste de Léger, onde pudemos notar maior tolerância à fadiga, quando comparamos os momentos pré e pós intervenção. Os valores atingidos não se comparam a valores atingidos por atletas do mesmo grupo, porém, do sexo oposto. Tais achados, demonstram que, pode ser plausível, uma resposta diferente quando verificadas as particularidades de gênero. Entretanto, não foram encontrados estudos semelhantes que permitam comparação com nossos achados.

A literatura cita que, a fadiga muscular em função do exercício parece ser maior nas mulheres do que em homens. Características anatômicas e fisiológicas podem influenciar diretamente no rendimento das atividades, bem como hormônios reprodutivos, metabolismo dos substratos energéticos e a termorregulação durante o exercício físico²². Ainda, há diferenças significativas entre os sexos na função pulmonar anatomicamente e fisiologicamente. Homens têm um maior diâmetro de vias aéreas e a capacidade pulmonar aumentada podendo gerar alterações importantes durante a realização do exercício. Uma maior difusão também é observada para os homens, podendo ser explicada pelo número total de alvéolos e menor calibre das vias aéreas nas mulheres²².

Com estruturas pulmonares menores, as mulheres necessitam realizar maior ativação da musculatura inspiratória, podendo gerar a fadiga antes que homens. O aumento da Pimax como ocorrido nas participantes do GTMI, parece ter um efeito positivo sob o teste de Léger, gerando maior capacidade pulmonar e maior retardo da fadiga da musculatura utilizada durante o teste.

Com relação ao protocolo de intervenção preconizado em nosso estudo, cabe ressaltar que, a população em questão nunca havia realizado o TMI ou tido contato com tal modalidade de intervenção fisioterapêutica. Ainda, como citado anteriormente, protocolos desenvolvidos para esta população ainda não foram publicados. Neste sentido, nosso protocolo

se baseou em uma carga de Pimáx inicial de baixa porcentagem, com evolução semanal, após aplicação piloto para cálculo de carga, em um dos atletas do estudo.

Em estudo desenvolvido por Salazar Martinez et al (2017) com atletas ciclistas de ambos os sexos, em que utilizou um protocolo de TMI com 50% da Pimax, (sendo atualizada a carga semanalmente, a 50% da Pimax, através de teste de força inspiratória), de forma inicial, duas vezes ao dia, com 30 repetições inspiratórias, 5 dias na semana durante 6 semanas, observou resultados significativos sobre o rendimento dos atletas, o que nos leva a pensar que um protocolo feito de forma mais intensa, com maior volume e frequência semanal também possam gerar resultado sob o desempenho esportivo⁷.

Em outro estudo desenvolvido por, Rożek-Piechura et al (2020) em 25 corredores de longa distância, distribuídos aleatoriamente em três grupos²³. Os resultados foram significativos para Pimax, Vo2max e também para redução na concentração de lactato para o grupo intervenção em comparação ao grupo controle. Apesar de ter sido realizado em uma população diferente do nosso estudo, alguns pontos devem ser observados: não observamos diferenças significativas para Vo2max e lactato pós teste nos atletas, em ambos os grupos, sendo plausível que, atividades aeróbias podem oferecer uma resposta a produção de lactato, reduzindo a fadiga muscular. Willmor, Kenney e Costill (2001) mostram que para indivíduos treinados em endurance (atividades de média e longa duração), o limiar de lactato fica entre 70 a 80% do Vo2max, enquanto em indivíduos não treinados, 50 a 60% do Vo2max¹.

Embora nossos achados sejam promissores, nosso estudo possui algumas limitações a serem consideradas. O número reduzido da amostra em cada grupo de intervenção, mesmo sendo descrito como um estudo piloto, impõe restrição a análise dos resultados e a generalização dos achados. Ainda, a utilização de uma carga fixa determinada em uma avaliação da Pimax inicial, sem progressão baseada em nova mensuração semanal, pode ter limitado os efeitos fisiológicos do treinamento em parte da amostra. Entretanto, há ainda na literatura científica uma escassez de estudos e protocolos definidos envolvendo atletas velocistas da modalidade de atletismo submetidos ao TMI. Neste sentido, estudos com uma maior amostra, e realização em diferentes centros de treinamento desportivo, poderia enfatizar nossos resultados, melhorar o poder estatístico, bem como verificar diferenças entre os sexos da resposta ao TMI. Ainda, um teste de verificação de fadiga muscular no pós teste de Leger, poderia corroborar com nossos achados.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo piloto demonstram que o TMI, realizado em um protocolo de 8 semanas de intervenção, associado ao treinamento desportivo em atletas velocistas da modalidade de atletismo foi capaz de promover aumento significativo na força muscular inspiratória, distância percorrida para o teste Léger, e na SpO2 pós teste. Ainda, com resultados melhores no percentual predito para Pimax, pré e pós treinamento e na SpO2 inicial ao teste de Leger pré intervenção quando comparados àqueles que não realizam o TMI.

Sugere-se ainda que novos estudos sejam realizados, porém em maior número para verificar se o treinamento desportivo junto ao treinamento muscular inspiratório possa ter resultados positivos sobre o desempenho dos atletas.

REFERÊNCIAS

1. Wilmore, Jack H.; KENNEY, W. Larry; Costill, David L.. Fisiologia do esporte e do exercício. 4 ed Barueri: Manole, 2010, 594.
2. Hartz CS, Sindorf MAG, Lopes CR, Batista J, Moreno MA. Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. *J Hum Kinet*. 2018 Sep 24;63:43-51. doi: 10.2478/hukin-2018-0005. PMID: 30279940; PMCID: PMC6162985
3. Romer LM, Polkey MI. Fadiga muscular respiratória induzida pelo exercício: implicações para o desempenho. *J Appl Physiol* (1985). Março de 2008;104(3):879-88. doi: 10.1152/japplphysiol.01157.2007. Epub 2007, 20 de dezembro. PMID: 18096752.
4. da Silva, H. P., de Moura, T. S., & Silveira, F. dos S. (2018). Efeitos do treinamento muscular inspiratório em atletas de Futebol. *RBPFFEX - Revista Brasileira De Prescrição E Fisiologia Do Exercício*, 12(76), 616-623.
5. Fernández-Lázaro D, Gallego-Gallego D, Corchete LA, Fernández Zoppino D, González-Bernal JJ, García Gómez B, Mielgo-Ayuso J. Inspiratory Muscle Training Program Using the PowerBreath®: Does It Have Ergogenic Potential for Respiratory and/or Athletic Performance? A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jun 22;18(13):6703. doi: 10.3390/ijerph18136703. PMID: 34206354; PMCID: PMC8297193
6. Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *J Sports Sci*. 2002 Jul;20(7):547-62. doi: 10.1080/026404102760000053. PMID: 12166881.
7. Salazar-Martínez E, Gatterer H, Burtscher M, Naranjo Orellana J, Santalla A. Influência do treinamento muscular inspiratório na eficiência ventilatória e no desempenho do ciclismo em normoxia e hipoxia. *Fisiol Frontal*. 8 de março de

- 2017; 8:133. doi: 10.3389/fphys.2017.00133. PMID: 28337149; IDPM: PMC5340768.
8. Matsudo VKR. Avaliação da potência anaeróbica: teste de corrida de 40 segundos. Revista Brasileira de Ciências do Esporte 1979;1(1):8-16.
9. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. Braz J Med Biol Res. 1999;32:719-27.
10. Léger, L. A. and LAMBERT, J.(1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict V02 max. European Journal of Applied Physiology, 49: 01-12.
11. HajGhanbari B, Yamabayashi C, Buna TR, Coelho JD, Freedman KD, Morton TA, Palmer SA, Toy MA, Walsh C, Sheel AW, Reid WD. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. J Strength Cond Res. 2013 Jun;27(6):1643-63. doi: 10.1519/JSC.0b013e318269f73f. PMID: 22836606.
12. Kellens I, Cannizzaro F, Gouilly P, Crielaard JM. Entraînement de la force des muscles inspiratoires chez le sujet sportif amateur [Inspiratory muscles strength training in recreational athletes]. Rev Mal Respir. 2011 May;28(5):602-8. French. doi: 10.1016/j.rmr.2011.01.008. Epub 2011 Apr 19. PMID: 21645830.
13. Fernández-Lázaro D, Corchete LA, García JF, Jerves Donoso D, Lantarón-Caeiro E, Cobreros Mielgo R, Mielgo-Ayuso J, Gallego-Gallego D, Seco-Calvo J. Effects on Respiratory Pressures, Spirometry Biomarkers, and Sports Performance after Inspiratory Muscle Training in a Physically Active Population by Powerbreath®: A Systematic Review and Meta-Analysis. Biology (Basel). 2022 Dec 29;12(1):56. doi: 10.3390/biology12010056. PMID: 36671748; PMCID: PMC9855123.
14. Archiza B, Andaku DK, Caruso FCR, Bonjorno JC Jr, Oliveira CR, Ricci PA, Amaral ACD, Mattiello SM, Libardi CA, Phillips SA, Arena R, Borghi-Silva A. Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. J Sports Sci. 2018 Apr;36(7):771-780. doi: 10.1080/02640414.2017.1340659. Epub 2017 Jun 16. PMID: 28622081.
15. Guy JH, Edwards AM, Deakin GB. Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players without concomitant gain in soccer-specific fitness. J Strength Cond Res. 2014 Feb;28(2):483-91. doi: 10.1519/JSC.0b013e31829d24b0. PMID: 23722111.
16. Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. Int J Sports Med. 2002 Jul;23(5):353-60. doi: 10.1055/s-2002-33143. PMID: 12165887
17. Tranchita E., Minganti C., Musumeci L., Squeo MR, Parisi A.; Treinamento da musculatura inspiratória em jovens jogadores de basquete: avaliação preliminar; Medicina dello Sport 2014 setembro;67(3):411-22
18. Dourado VZ, Guerra RL, Tanni SE, Antunes LC, Godoy I. Reference values for the incremental shuttle walk test in healthy subjects: from the walk distance to physiological responses. J. Bras. Pneumol. 2013;39(2):190-7. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132013000200010 PMid:23670504 11.
19. Nielsen HB, Madsen P, Svendsen LB, Roach RC, Secher NH. The influence of PaO₂, pH and SaO₂ on maximal oxygen uptake. Acta Physiol Scand. 1998;164(1):89-7. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-201X.1998.00405.x PMid:9777029
20. Nielsen HB. Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. Scand J Med Sci Sports. 2003;13(6):339-58. http://dx.doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.00325.x PMid:14617055
21. Romer, L.; Polkey, M. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. J Appl Physiol. Vol. 104. Num. 3. p. 879-888. 2008.
22. A. Harms, Does gender affect pulmonary function and exercise capacity?, Respiratory Physiology & Neurobiology, Volume 151, Issues 2–3, 2006, Pages 124-131 ISSN 1569-9048,https://doi.org/10.1016/j.resp.2005.10.010.
23. Rożek-Piechura K, Kurzaj M, Okrzymowska P, Kucharski W, Stodółka J, Maćkała K. Influence of Inspiratory Muscle Training of Various Intensities on the Physical Performance of Long-Distance Runners. J Hum Kinet. 2020 Oct 31;75:127-137. doi: 10.2478/hukin-2020-0031. PMID: 33312301; PMCID: PMC77

