

EFEITOS DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO NA FUNÇÃO PULMONAR, CAPACIDADE CARDIOVASCULAR E DESEMPENHO FÍSICO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEISCecília Gross Windmoller¹**RESUMO**

Introdução: O aumento do trabalho respiratório, fadiga da musculatura respiratória e dispneia influenciam a capacidade de realização do exercício intenso. A musculatura respiratória é composta por músculos esqueléticos, haverá respostas e adaptações fisiológicas ao treinamento. **Objetivo:** Rever as repercussões do treinamento da musculatura inspiratória (TMI) na função pulmonar e capacidade cardiovascular em indivíduos saudáveis. **Materiais e Métodos:** Revisão de literatura através das bases de dados Lilacs, Medline e Pubmed, artigos científicos controlados randomizados na língua inglesa e portuguesa, publicados entre janeiro de 2000 a setembro de 2010, com estudos de intervenção com TMI realizado em indivíduos saudáveis, com análises dos efeitos na função pulmonar e capacidade cardiovascular. **Resultados:** 19 artigos randomizados controlados foram incluídos na revisão. **Discussão:** Existiu heterogeneidade nos estudos, 88% (n=15) dos estudos apresentaram efeitos positivos na pressão inspiratória máxima, 47% (n=7) nos volumes pulmonares, 13% (n=1) no consumo máximo de oxigênio, 7% (n=1) na frequência cardíaca, 68% (n=13) nas atividades físicas. **Conclusão:** TMI proporciona diferentes repercussões na função pulmonar e capacidade cardiovascular, a heterogeneidade faz com que a comparação entre os estudos seja difícil, são necessários mais estudos sobre quais são os mecanismos subjacentes a melhora no desempenho físico após o TMI.

Palavras-chave: Musculatura respiratória, Fortalecimento muscular, Marcadores fisiológicos.

1-Pós-Graduação Lato Sensu em Fisiologia do Exercício: Prescrição do Exercício.

E-mail:
ceciliawind@gmail.com

ABSTRACT

Effects of inspiratory muscle training in lung function, cardiovascular capacity and physical performance in healthy subjects

Introduction: The increased work of breathing, respiratory muscle fatigue and dyspnea influence the ability to perform exercise of high intensity. Respiratory muscle is composed of skeletal muscles; there will be responses and physiological adaptations to training. **Objective:** evaluate what are the effects of inspiratory muscle training (IMT) on pulmonary function and cardiovascular capacity in healthy subjects. **Materials and Methods:** A review of literature through the databases Lilacs, Medline and Pubmed, randomized controlled scientific articles in English and Portuguese, published between January 2000 and September 2010, IMT intervention studies with healthy subjects, with analyzes the effects of IMT in lung function and cardiovascular capacity. **Results:** 19 randomized controlled articles were included in the review. **Discussion:** There was heterogeneity in studies, 88% (n = 15) of studies showed positive effects on maximal inspiratory pressure, 47% (n = 7) in lung volumes, 13% (n = 1) in maximal oxygen uptake, 7% (n = 1) in heart rate, 68% (n = 13) in exercise performance. **Conclusion:** IMT produced different effects on lung function and cardiovascular capacity, the heterogeneity makes the comparison between studies becomes difficult, more research is needed on the underlying mechanisms in the improvement on physical performance after IMT.

Key words: Respiratory muscle, Muscle strength, Physiological markers.

Endereço para correspondência:
Avenida Praia de Copacabana, lote 01 quadra D1, Villas do Atlântico, Lauro de Freitas - Bahia.
CEP: 42700-000.

INTRODUÇÃO

O exercício físico impõe demandas únicas e multifacetadas no sistema pulmonar (Sheel, 2002).

Implícita nessa declaração está a ideia de que as condições fisiológicas desse sistema irão influenciar no desempenho do exercício, visto que as demandas metabólicas serão intensas a fim de manter a homeostasia.

Os efeitos pulmonares como o aumento do trabalho respiratório, fadiga da musculatura respiratória e dispneia influenciam a capacidade de realização do exercício intenso (Wells e colaboradores, 2005).

O trabalho respiratório que acontece normalmente durante o exercício sustentado de alta intensidade contribui significativamente na fadiga periférica e ao aumentar a carga da musculatura respiratória existe exacerbação da fadiga periférica (Romer e colaboradores, 2006).

Devido às altas demandas ventilatórias associadas com o exercício máximo os músculos respiratórios competem com os músculos locomotores por fluxo sanguíneo (Ray, Pendergast e Lundgren, 2008).

Durante um prolongado e intenso exercício realizado por humanos saudáveis pode ocorrer fadiga na musculatura inspiratória (Witt e colaboradores, 2007).

A fadiga diminui não somente a habilidade de ventilar adequadamente como também aumenta a atividade nervosa simpática muscular nos membros, condição que tem sido relatada por reduzir o fluxo sanguíneo aos músculos periféricos (Wells e colaboradores, 2005).

Existe uma série de respostas à fadiga da musculatura respiratória, se destacam como principais: diminuição no tempo de realização do exercício, elevadas percepções de dispneia e taquipneia relativa durante a prática do exercício de alta intensidade (Taylor e Romer, 2008).

Os motivos para acreditar que teoricamente a fadiga no diafragma possa comprometer a performance no exercício físico são a diminuição da contribuição relativa do diafragma, o maior uso da musculatura respiratória acessória e a produção de meios mecânicos ineficientes de produzir ventilação (Romer, McConnell e Jones, 2002).

O treinamento muscular inspiratório (TMI) é bem disseminado como modalidade terapêutica em várias doenças, visto que o aumento da resistência nas vias aéreas é reconhecido como limitante do desempenho do exercício físico (Wylegala e colaboradores, 2007). No entanto, pouco se discute sobre quais são as repercussões do TMI em indivíduos saudáveis.

As limitações potenciais do sistema respiratório e seus possíveis impactos no desempenho do exercício levaram o uso do TMI com o objetivo de melhorar o desempenho do exercício físico (Wells e colaboradores, 2005).

A percepção de esforço respiratório é reduzida através do treinamento, devido ao aumento de força dos músculos respiratórios e conseqüentemente uma melhor resistência a fadiga (Enright, Unnithan e Heward, 2006).

A musculatura respiratória é composta por músculos esqueléticos, portanto presume-se que haverá respostas e adaptações fisiológicas ao treinamento físico. Os músculos esqueléticos passam por uma série de adaptações ao treinamento como mudanças estruturais, enzimáticas, neurais e funcionais (Edwards e Walker, 2009).

O atual trabalho tem como objetivo rever as repercussões do treinamento da musculatura inspiratória na função pulmonar e capacidade cardiovascular em indivíduos saudáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão de literatura através das bases de dados Lilacs, Medline e Pubmed. As palavras-chave utilizadas foram: treinamento muscular inspiratório, músculos inspiratórios, músculos respiratórios e seus correspondentes na língua inglesa.

Os critérios de inclusão foram artigos científicos controlados randomizados na língua inglesa e portuguesa, publicados no período de janeiro de 2000 a setembro de 2010.

Os estudos de intervenção com TMI deveriam ser realizados com indivíduos saudáveis, protocolo de treinamento descrito e análises dos efeitos do treinamento na função pulmonar e capacidade cardiovascular.

As análises deveriam contemplar, ao menos, uma das seguintes variáveis: na função pulmonar - pressão inspiratória máxima e volumes pulmonares (ventilômetro ou

espirometria), e na capacidade cardiovascular - consumo máximo de oxigênio, frequência cardíaca, desempenho em alguma atividade física ou percepção subjetiva de esforço. Foram excluídos estudos de revisão bibliográfica, participantes portadores de doenças, TMI realizado em conjunto com a musculatura expiratória, ausência de um grupo controle e estudos que analisaram somente em uma função (pulmonar ou cardiovascular).

Os artigos foram apresentados de forma descritiva, auxiliados por tabelas. As variáveis quantitativas foram descritas através de mediana e amplitude interquartilica – AIQ (diferença entre o percentil 75 [P75] e o percentil 25 [P25]), por possuírem distribuição assimétrica. As variáveis qualitativas foram descritas através de frequências absolutas e relativas. A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio do programa BioEstat 5.0 (Ayres, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da busca inicial dos artigos nas bases de dados foram identificados 339 artigos, destes foram selecionados 28 a partir da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave. Foram excluídos 09 artigos pelos seguintes fatores: ausência de grupo controle, ausência de análise de mudanças na função pulmonar ou na capacidade cardiovascular e realização do TMI em conjunto com a musculatura expiratória. Um total de 19 artigos randomizados controlados foi incluído na revisão.

Características gerais dos participantes

Um total de 365 indivíduos saudáveis foi investigado entre os 19 estudos. O nível de condicionamento físico de acordo com o autor é apresentado nas tabelas 1 e 2.

Protocolo do TMI

A mediana do número de participantes, duração e frequência semanal foram respectivamente: 18 participantes, AIQ (P25-P75): 4,5 (16- 20,5), 6 semanas, AIQ(P25-P75): 1 (5-6) e 6 vezes por semana, AIQ(P25-P75): 2 (5-7).

Função pulmonar

Entre os artigos que analisaram a P_{lmáx}, 15 apresentaram um aumento significativo ($p < 0.05$) e a mediana do aumento na P_{lmáx} foi 20%, AIQ(P25-P75): 17,2% (10,8%-28%). Os resultados na P_{lmáx} são apresentados na tabela 3.

Entre os estudos de TMI de endurance foi encontrado aumento significativo ($p < 0.05$) nos testes de endurance respiratória em todos os artigos (100%), a mediana de aumento nos testes de endurance respiratória foi 233,35%, AIQ(P25-P75): 89,98% (165,53%-255,50%). Os resultados do TMI de endurance são vistos na tabela 4.

Capacidade cardiovascular

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2máx}) foi utilizado como medida de evolução em 08 estudos (Edwards, Wells e Butterly, 2008; Hart e colaboradores, 2001; Inbar e colaboradores, 2000; Romer, McConnell, Jones, 2002; Romer, McConnell e Jones, 2002a; Sonetti e colaboradores, 2001; Sperlich e colaboradores, 2009; Volianitis e colaboradores, 2001) e um único estudo (Edwards, Wells e Butterly, 2008) apresentou um aumento significativo ($p < 0.05$) no VO_{2máx} tanto no grupo intervenção como no grupo placebo.

A frequência cardíaca foi analisada em 14 estudos (Edwards, Wells e Butterly, 2008; Enright, Unnithan e Heward, 2006; Gething, Williams e Davies, 2004; Hart e colaboradores, 2001; Holm, Sattler e Fregosi, 2004; Inbar e colaboradores, 2000; Johnson, Sharpe e Brown, 2007; Kilding, Brown e McConnell, 2010; McMahon e colaboradores, 2002; Romer, McConnell e Jones, 2002; Romer, McConnell e Jones, 2002a; Sonetti e colaboradores, 2001; Sperlich e colaboradores, 2009; Wylegala, Pendergast e Gosselin, 2007) e um único estudo (Gething, Williams e Davies, 2004) apresentou diminuição significativa ($p < 0.05$) apenas no grupo intervenção durante a prática de atividade física após o TMI. Os efeitos do TMI de acordo com o tipo de modalidade física testado são apresentados na tabela 1 (provas até exaustão) e na tabela 2 (provas contra o relógio e provas intermitentes).

A presente revisão demonstrou que o TMI realizado por indivíduos saudáveis produz

efeitos diversos na função pulmonar e capacidade cardiovascular. Uma possível explicação para tal fato foi a heterogeneidade encontrada nos estudos, como as características dos participantes, os protocolos do TMI, tipos de modalidades e exercícios físicos analisados e também o pequeno tamanho amostral.

Efeitos Pulmonares

Entre os artigos de TMI de força existiu uma variação nos efeitos do TMI na $PI_{máx}$ (tabela 3) – nenhum efeito (Sperlich e colaboradores, 2009) até um aumento de

45,4% (Volianitis e colaboradores, 2001), onde o maior aumento aconteceu com o TMI sendo realizado por maior tempo - 11 semanas. O único estudo de TMI de força (Sperlich e colaboradores, 2009) que não apresentou um aumento significativo realizou o TMI com a maior carga resistiva – 90% da $PI_{máx}$. Menores aumentos significativos 7% (Sonetti e colaboradores, 2001), 8,9% (Kilding, Brown, McConnell, 2010), 10,8% (Wylegala, Pendergast e Gosselin, 2007) e 12,5% (Hart e colaboradores, 2001) aconteceram em estudos onde a duração semanal do TMI foi por um período entre 4 a 6 semanas.

Tabela 1 - Efeitos no desempenho físico em provas até exaustão e nível de condicionamento físico dos participantes nos estudos controlados randomizados sobre treinamento muscular inspiratório em indivíduos saudáveis de acordo com autor.

Autor	Participantes	Efeitos significativos (p<0.05)				Modalidade
		Desempenho (%)		PSE		
		INT	PLA	INT	PLA	
Inbar e colaboradores (2000)	Atletas	→	→	NA	NA	Correr
Sonetti e colaboradores (2001)	Atletas	→	→	→	→	Pedalar
Hart e colaboradores (2001)	Não espec.	→	→	NA	NA	Correr
McMahon e colaboradores (2002)	Atletas	↑ 3,26	→	→	→	Pedalar
Gething e colaboradores (2004)	Não espec.	↑ 36	→	↓	→	Pedalar
McConnell e colaboradores (2005)	Treinados m.	→	→	NA	NA	Pedalar
Enright e colaboradores (2006)	Treinados m.	↑ 23	→ ^{GC}	→	→ ^{GC}	Pedalar
Verges e colaboradores (2007)	Treinados m.	→	→	↓	→	Pedalar
Wylegala e colaboradores (2007)*	Atletas	↑ 66 ^a ; 26 ^b	→ ^{a,b}	NA	NA	Nadar
Sperlich e colaboradores (2009)	Não espec.	→	→ ^{GC}	→	→ ^{GC}	Correr

Legenda: INT: grupo intervenção, PLA: grupo placebo, PSE: percepção subjetiva de esforço, m.: moderadamente, espec.: especificado, ↑: melhora significativa correspondendo a maior tempo na realização do exercício, ↓: diminuição significativa, →: sem mudanças significativas, GC: grupo controle, NA: não analisado, *: TMI de força e TMI de endurance em grupos distintos, a: força, b: endurance.

Tabela 2 - Efeitos no desempenho físico em provas contra o relógio e em provas intermitentes e nível de condicionamento físico dos participantes nos estudos controlados randomizados sobre treinamento muscular inspiratório em indivíduos saudáveis de acordo com autor.

Autor	Participantes	Efeitos significativos (p<0.05)				Modalidade / duração
		Desempenho (%)		PSE		
		INT	PLA	INT	PLA	
Provas contra o relógio						
Volianitis e colaboradores (2001)	Atletas	↑ 3,5	→	↓	→	Remar 05 km
Romer e colaboradores (2002)	Atletas	↑ 4,6	→	↓	→	Pedalar 40 km
Holm e colaboradores (2004)	Atletas	↑ 4,75	→	→	→	Pedalar 40 km
Johnson e colaboradores (2007)	Atletas	↑ 2,66	→	NA	NA	Pedalar 25 km
Edwards e colaboradores (2008)	Não treinados	↑ 4,3	↑ 2,2	↓	→	Correr 05 km
Kilding e colaboradores (2010)	Atletas	↑ 1,7	→	↓	→	Nadar 100 m
Provas intermitentes						
Romer e colaboradores (2002)	Atletas	↑ 6,9 ^β	→	↓	→	Sprints*
Tong e colaboradores (2008)	Atletas	↑ 13 ^α	→	↓	→	YYIRT
Nicks e colaboradores (2009)	Atletas	↑ 17 ^α	→ ^{GC}	→	→ ^{GC}	YYIRT

Legenda: INT: grupo intervenção, PLA: grupo placebo, PSE: percepção subjetiva de esforço, ↑: melhora significativa, ↓: diminuição significativa, →: sem mudanças significativas, km: quilômetros, m: metros, NA: não analisado, GC: grupo controle, YYIRT: Yo-yo Intermittent Recovery Test, *deslocamentos curtos em intensidades máximas intercaladas com breves períodos de recuperação, na maior velocidade possível, α: maior número de repetições, β: menor intervalo no tempo de recuperação.

Tabela 3 - Efeitos pulmonares nos estudos controlados randomizados sobre treinamento muscular inspiratório de força em indivíduos saudáveis de acordo com autor

Autor	Efeitos significativos (p<0.05)			
	PImáx (%)		Volumes pulmonares	
	INT	PLA	INT	PLA
Edwards e colaboradores (2008)	↑ 14,9	↑ 8,0	→	→
Enright e colaboradores (2006)	↑ 41	→ ^{GC}	↑ CV; CPT	→ ^{GC}
Gething e colaboradores (2004)	↑ 34	→	→	→
Hart e colaboradores (2001)	↑ 12,5	→	→	→
Inbar e colaboradores (2000)	↑ 24,6	→	→	→
Johnson e colaboradores (2007)	↑ 17,1	→		NA
Kilding e colaboradores (2010)	↑ 8,9	→	→	→
McConnell e colaboradores (2005)	↑ 26	→	→	→
Nicks e colaboradores (2009)	↑ 20	→ ^{GC}		NA
Romer e colaboradores (2002) ^β	↑ 28	→	↑ VC	→
Romer e colaboradores (2002) [£]	↑ 30,5	→	↑ PFI	→
Sonetti e colaboradores (2001)	↑ 7,0	→	↑ CVF	→
Sperlich e colaboradores (2009)	→	→ ^{GC}	→	→ ^{GC}
Tong e colaboradores (2008)	↑ 24	→		NA
Volianitis e colaboradores (2001)	↑ 45,4	→		NA
Wylegala e colaboradores (2007)*	↑ 10,8	→	→	→

Legenda: PImáx: Pressão inspiratória máxima, INT: grupo intervenção, PLA: grupo placebo, ↑: aumento significativo, →: sem mudanças significativas, GC: grupo controle, NA: não analisado, CV: capacidade vital, CPT: capacidade pulmonar total, VC: volume corrente, PFI: pico de fluxo inspiratório, CVF: Capacidade vital forçada, *: TMI de força e TMI de endurance em grupos distintos, β: prova sprint; £ prova ciclismo.

Tabela 4 - Efeitos pulmonares nos estudos controlados randomizados sobre treinamento muscular inspiratório de endurance em indivíduos saudáveis de acordo com autor (janeiro 2000-setembro 2010).

Autor	Efeitos significativos (p<0.05)			
	Endurance (%)		Volumes pulmonares [‡]	
	INT	PLA	INT	PLA
McMahon e colaboradores (2002)	↑ 250	→ ^{GC}	↑ CV; VVM	→ ^{GC}
Holm e colaboradores (2004)	↑ 12	→	↑ VM	→
Verges e colaboradores (2007)	↑ 272	→	→	→
Wylegala e colaboradores (2007)*	↑ 216,7	→	↑ VVM; CVL; CVF; VEF1	→

Legenda: ‡: análise por meio de ventilometria ou espirometria, INT: grupo intervenção, PLA: grupo placebo, ↑: aumento significativo, →: sem mudanças significativas, GC: grupo controle, VM: ventilação minuto, CV: capacidade vital, VVM: Ventilação voluntária máxima, CVL: Capacidade vital lenta, CVF: Capacidade vital forçada, VEF1: volume expiratório forçado em 1 segundo, *: TMI de força e TMI de endurance em grupos distintos.

A PImáx foi utilizada como um meio de avaliar a fadiga da musculatura inspiratória. Volianitis e colaboradores (2001), demonstraram uma diminuição na fadiga da musculatura inspiratória por meio de análises da PImáx após o exercício (remar 06 minutos com todo esforço possível). Na sessão inicial a PImáx diminuía nos grupos treinamento e placebo, respectivamente, 11,2% e 11,1%. Após 11 semanas de TMI existiu uma diminuição de 4,5% no grupo treinamento e 10,7% no grupo placebo. Nicks e colaboradores, 2009, encontraram na sessão inicial 12% de diminuição na PImáx nos

grupos treinamento e controle. Após o TMI o grupo treinamento apresentou uma redução menor que o grupo controle, porém ela não foi significativa.

Entre os 15 estudos que analisaram os efeitos do TMI nos volumes pulmonares, 07 alcançaram efeitos positivos (tabela 3 e 4). O aumento no volume corrente e capacidade pulmonar total indicaria uma maior habilidade da musculatura inspiratória expandir o tórax após o TMI (Enright e colaboradores, 2006). O aumento também poderia ser resultado de uma maior contribuição da musculatura

respiratória acessória ao volume inspirado após o treinamento.

EFEITOS NA CAPACIDADE CARDIOVASCULAR

Consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) e frequência cardíaca (FC)

Um único estudo (Edwards, Wells e Butterly, 2008) alcançou um aumento significativo no VO₂máx porém tanto no grupo intervenção como no grupo controle, sem diferenças significativas entre os grupos, e foi realizado concomitantemente ao TMI um treinamento cardiovascular, o que pode ter influenciado no resultado do VO₂máx. Apenas 1 estudo (Gething, Williams e Davies, 2004) obteve uma diminuição significativa na FC. A incapacidade do TMI de induzir mudanças significativas no VO₂máx e na FC provavelmente não é surpreendente já que adaptações circulatórias centrais necessitam de estimulação sustentada e direta, que não é alcançada pelo mínimo desafio do TMI (Edwards e Walker, 2009).

Efeitos no desempenho físico

O tipo de exercício físico testado para avaliar o desempenho físico após o TMI pode interferir nas considerações sobre a eficácia e validade do treinamento. Ao analisar os estudos que realizaram exercícios físicos realizados em provas contra o relógio e em provas intermitentes, todos alcançaram um aumento significativo no desempenho dessas provas, justificando o efeito ergogênico do TMI no desempenho físico. Porém deve ser ressaltado que entre os 09 estudos apenas em 01 (Edwards, Wells e Butterly, 2008) os participantes não eram atletas (tabela 2).

Deve-se levar em conta que as provas contra o relógio possuem o fator motivacional – correr de forma mais rápida possível uma determinada distância. A motivação dos participantes realizarem a atividade física tão rápido quanto se sentem capazes pode os permitir expressar os benefícios do TMI (McConnell e Romer, 2004). Em provas até exaustão somente 04 estudos apresentaram um aumento significativo na duração das provas até exaustão (tabela 1).

Entre os estudos (tabelas 1 e 2) que apresentaram melhora significativa no desempenho de atividades físicas após o TMI, apenas um (Edwards, Wells e Butterly, 2008)

apresentou melhora significativa no grupo placebo. A ausência de melhora significativa no grupo placebo faz com que se acredite que não existiram efeitos psicológicos do TMI, e sim uma melhora secundária a adaptação na musculatura respiratória.

Possíveis mecanismos subjacentes a melhora no desempenho físico

A definição dos exatos mecanismos subjacentes a melhora no desempenho físico após o TMI ainda é controversa (Nicks e colaboradores, 2009; Verges e colaboradores, 2007). Alguns mecanismos propostos são a diminuição na percepção subjetiva de esforço, atraso na fadiga da musculatura inspiratória e metaboreflexo inspiratório (McConnell e Sharpe, 2005; Kilding, Brown e McConnell, 2010).

Percepção subjetiva de esforço (PSE)

Os participantes dos estudos apresentaram diminuição significativa na PSE durante o ciclismo, corrida, remada e natação (tabelas 1 e 2). Autores (Romer, McConnell, Jones, 2002; Tong e colaboradores, 2008) atribuíram a diminuição na PSE como fator que influenciou um melhor desempenho físico após o TMI, devido a uma melhora nas propriedades contráteis dos músculos inspiratórios e conseqüentemente dispneia reduzida (Romer, McConnell e Jones, 2002).

Sensações de desconforto respiratório menores podem capacitar os atletas a treinarem em uma intensidade maior e assim melhorando a qualidade do treinamento físico (Edwards, Wells e Butterly, 2008). Uma diminuição na percepção subjetiva de esforço tem um profundo efeito em aumentar o tempo de realização de provas até exaustão (Gething, Williams e Davies, 2004).

Outros estudos, entretanto, não apresentaram diminuição na PSE. Apesar do aumento no tempo de pedalar até exaustão em 23%, o estudo de Enright e colaboradores, 2006 não apresentou diminuição na PSE. Eles chegaram à conclusão que não mudar de forma significativa os escores de PSE poderia ser apenas uma capacidade dos participantes sustentarem uma maior carga sem um aumento na dispneia.

Metaboreflexo inspiratório

A melhora no desempenho no exercício físico pode ser explicada pelo metaboreflexo da musculatura respiratória sugerido em uma série de estudos conduzidos por Dempsey (Dempsey e colaboradores, 2006; Harms e colaboradores, 1997; Harms e colaboradores, 2000; Harms e colaboradores, 1998; Sheel e colaboradores, 2001) no intuito de entender o papel da musculatura inspiratória na tolerância da prática do exercício físico. O metaboreflexo implicaria numa redução do fluxo sanguíneo das pernas devido à fadiga da musculatura inspiratória, de tal modo que uma redução na fadiga da musculatura inspiratória refletiria em uma redução menor do fluxo sanguíneo das pernas. Portanto, diminuir o surgimento de fadiga da musculatura das pernas durante o exercício refletiria em melhorar o desempenho no exercício físico.

Um estudo (Harms e colaboradores, 1997) avaliou a influência de mudanças no trabalho respiratório no fluxo sanguíneo das pernas durante o exercício máximo em cicloergômetro, com o uso de assistência ventilatória. Observou-se uma relação entre o fluxo sanguíneo das pernas e o trabalho respiratório, quando o trabalho respiratório da inspiração era empreendido pelo ventilador existia um aumento de 4.3% no fluxo sanguíneo das pernas. Em contraste, quando o trabalho inspiratório era aumentado por meio de uma resistência na inspiração o fluxo sanguíneo das pernas diminuía 7%. Essas mudanças no fluxo sanguíneo das pernas eram mediadas por alterações no grau de vasoconstricção dos membros.

CONCLUSÃO

A revisão demonstrou que os estudos com TMI proporcionaram diferentes repercussões na função pulmonar e capacidade cardiovascular. A força muscular inspiratória se apresentou como fortemente influenciada pelo TMI de força. Marcadores fisiológicos cardiovasculares (VO_2 máx e FC) não foram modificados após o TMI. No desempenho físico o TMI parece ser mais eficaz em provas realizadas com distância determinada ou em provas intermitentes.

A heterogeneidade no protocolo do TMI (duração, tipo, frequência e intensidade),

modalidade de exercício físico avaliado, características físicas dos participantes e o pequeno tamanho amostral fizeram com que a comparação entre os estudos se tornasse difícil. Ela deve ser levada em conta nas discrepâncias encontradas na comparação dos resultados dos estudos.

Refletir em qual circunstância na qual o TMI seria útil é fundamental para realizar a escolha da adesão ao treinamento. Certamente mínimos benefícios no desempenho físico não seriam atraentes a indivíduos que não praticam atividade física profissionalmente, porém, em atletas esses benefícios podem resultar no êxito profissional. A melhora nos testes de desempenho físico sem alterações em marcadores cardiovasculares e sem ligações estatisticamente significativas com a pressão inspiratória máxima faz com que sejam necessários mais estudos sobre quais são os reais mecanismos subjacentes a melhora no desempenho físico após o treinamento muscular inspiratório.

REFERÊNCIAS

- 1-Ayres, M.; Ayres, J. R.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. BioEstat 5.0 – aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém-PA, Brasil, 2007.
- 2-Dempsey, J. A.; Romer, L.; Rodman, J.; Miller, J.; Smith, C. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory physiology & neurobiology*. Vol. 151. Núm. 3. 2006. p.242-250.
- 3-Edwards, A. M.; Walker, R. E. Inspiratory Muscle Training and Endurance: A Central Metabolic Control Perspective. *International journal of sports physiology and performance*. Vol. 4. Núm. 1. 2009. p.122-128.
- 4-Edwards, A, M.; Wells, C.; Butterly, R. Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5000-m running performance compared to cardiovascular training alone. *British journal of sports medicine*. Vol. 42. Núm. 10. 2008. p.523-527.
- 5-Enright, S. J.; Unnithan, V. B.; Heward, C.; Withnall, L.; Davies, D. H. Effect of High-Intensity Inspiratory Muscle Training on Lung

- Volumes, Diaphragm Thickness, and Exercise Capacity in Subjects Who Are Healthy. *Physical Therapy*. Vol. 86. Núm. 3. 2006. p.345-354.
- 6-Gething, A. D.; Williams, M.; Davies, B. Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled Trial. *British journal of sports medicine*. Vol. 38. Núm. 6. 2004. p.730-736.
- 7-Harms, C. A.; Babcock, M. A.; McClaran, S. R.; Pegelow, D. F.; Nিকেle, G. A.; Nelson, W. B. Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *Journal of applied physiology*. Vol. 82. Núm 5. 1997. p.1573-1583.
- 8-Harms, C. A.; Wetter, T. J.; McClaran, S. R.; Pegelow, D. F.; Nিকেle, G. A.; Nelson, W. B. Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of applied physiology*. Vol. 85. Núm. 2. 1998. p.609-618.
- 9-Harms, C. A.; Wetter, T. J.; St Croix, C. M.; Pegelow, D. F.; Dempsey, J. A. Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *Journal of applied physiology*. Vol. 89. Núm. 1. 2000. p.131-138.
- 10-Hart, N.; Sylvester, K.; Ward, S.; Cramer, D.; Moxham, J.; Polkey, M. I. Evaluation of an inspiratory muscle trainer in healthy humans. *Respiratory medicine*. Vol. 95. Núm. 6. 2001. p.526-531.
- 11-Holm, P.; Sattler, A.; Fregosi, R. F. Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. *BioMed Central physiology*. Vol. 6. Núm. 4. 2004.
- 12-Inbar, O.; Weiner, P.; Azgad, Y.; Rotstein, A.; Weinstein, Y. Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 32. Núm. 7. 2000. p.1233-1237.
- 13-Johnson, M. A.; Sharpe, G. R.; Brown, P. I. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European journal of applied physiology*. Vol. 101. Núm. 6. 2007. p.761-770.
- 14-Kilding, A. E.; Brown, S.; McConnell, A. K. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European journal of applied physiology*. Vol. 108. Núm 3. 2010. p.505-511.
- 15-McConnell, A. K.; Romer, L. M. Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. *International journal of sports medicine*. Vol. 25. Núm. 4. 2004. p.284-293.
- 16-McConnell, A. K.; Sharpe, G. R. The effect of inspiratory muscle training upon maximum lactate steady-state and blood lactate concentration. *European journal of applied physiology*. Vol. 94. Núm. 3. 2005. p.277-284.
- 17-McMahon, M. E.; Boutellier, U.; Smith, R. M.; Spengler, C. M. Hyperpnea training attenuates peripheral chemosensitivity and improves cycling endurance. *The Journal of experimental biology*. Vol. 205. Núm 4. 2002. p.3937-3943.
- 18-Nicks, C. R.; Morgan, D. W.; Fuller, D. K.; Caputo, J. L. The Influence of Respiratory Muscle Training Upon Intermittent Exercise Performance. *International journal of sports medicine*. Vol. 30. Núm. 1. 2009. p.16-21.
- 19-Ray, A. D.; Pendergast, D. R.; Lundgren, C. E. G. Respiratory muscle training improves swimming endurance at depth. *Undersea and hyperbaric medicine*. Vol. 35. Núm. 3. 2008. p.185-196.
- 20-Romer, L. M.; Lovering, A. T.; Haverkamp, H. C.; Pegelow, D. F.; Dempsey, J. A. Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *The Journal of physiology*. Vol. 1. Núm. 571. 2006. p.425-439.
- 21-Romer, L. M.; McConnell, A. K.; Jones, D. A. Effects of Inspiratory Muscle Training Upon Recovery Time During High Intensity, Repetitive Sprint Activity. *International journal of sports medicine*. Vol. 23. Núm. 5. 2002. p.353-360.
- 22-Romer, L. M.; McConnell, A. K.; Jones, D. A. Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Medicine*

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

and science in sports and exercise. Vol. 34. Núm. 5. 2002a. p.785-792.

23-Sheel, A. W. Respiratory muscle training in healthy individuals: Physiological Rationale and Implications for exercise performance. *Sports Medicine*. Vol. 32. Núm. 9. 2002. p.567-581.

24-Sheel, A. W.; Derchak, A. P.; Morgan, B. J.; Pegelow, D. F.; Jacques, A. J.; Dempsey, J. A. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *The Journal of physiology*. Vol. 15. Núm. 537. 2001. p.277-289.

25-Sonetti, D. A.; Wetter, T. J.; Pegelow, D. F.; Dempsey, J. A. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respiration physiology*. Vol. 127. Núm. 3. 2001 p.185-199.

26-Sperlich, B.; Fricke, H.; Marées, M.; Linville, J. W.; Mester, J. Does Respiratory Muscle Training Increase Physical Performance? *Military Medicine*. Vol. 174. Núm. 9. 2009. p.977-982.

27-Taylor, B. J.; Romer, L. M. Effect of expiratory muscle fatigue on exercise tolerance and locomotor muscle fatigue in healthy humans. *Journal of applied physiology*. Vol. 104. Núm. 5. 2008. p.1442-1451.

28-Tong, T. K.; Fu, F. H.; Chung, P. K.; Eston, R.; Lu K.; Quach B. The effect of inspiratory muscle training on highintensity, intermittent running performance to exhaustion. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. Vol. 33. Núm.4. 2008. p.671-681.

29-Verges, S.; Lenherr, O.; Haner, A. C.; Schulz, C.; Spengler, C. M. Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*. Vol. 292. Núm. 3. 2007. p.1246-1253.

30-Volianitis, S.; McConnell, A. K.; Koutedakis, Y.; McNaughton, L.; Backx, K.; Jones, D. A. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine and science in sports*

and exercise. Vol. 33. Núm. 5. 2001. p.803-809.

31-Wells, G. D.; Pyley, M.; Thomas, S.; Goodman, L.; Duffin, J. Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European journal of applied physiology*. Vol. 94. Núm. 5. 2005. p.527-540.

32-Witt, J. D.; Guenette, J. A.; Rupert, J. L.; McKenzie, D. C.; Sheel, A. W. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *The Journal of physiology*. Vol. 584. Núm. 3. 2007. p.1019-1028.

33-Wylegala, J. A.; Pendergast, D. R.; Gosselin, L. E.; Warkander, D. E.; Lundgren, C. E. G. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *European journal of applied physiology*. Vol. 99. Núm. 4. 2007. p.393-403.

Recebido para publicação 05/09/2013

Aceito em 23/10/2013