



CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Pró-Reitoria de Pós-Graduação

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação – PPGCR

Mestrado em Ciências da Reabilitação

Rodrigo Luis Cavalcante Silva

**TREINAMENTO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, REDUÇÃO DOS
NÍVEIS DE FADIGA E MELHORA DO DESEMPENHO FÍSICO DE ATLETAS
PROFISSIONAIS DE FUTEBOL**

RIO DE JANEIRO

2019



CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA – UNISUAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS DA
REABILITAÇÃO

TREINAMENTO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, REDUÇÃO DOS NÍVEIS
DE FADIGA E MELHORA DO DESEMPENHO FÍSICO DE ATLETAS PROFISSIONAIS
DE FUTEBOL

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta como requisito para obtenção do grau de mestre, na linha de pesquisa: Ciências da Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Alex Souto Maior

Rio de Janeiro – RJ
2019

RODRIGO LUIS CAVALCANTE SILVA

**TREINAMENTO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, REDUÇÃO DOS
NÍVEIS DE FADIGA E MELHORA DO DESEMPENHO FÍSICO DE ATLETAS
PROFISSIONAIS DE FUTEBOL**

Dissertação de mestrado
apresentado ao programa de pós-
graduação *stricto sensu* em ciências da
reabilitação, do Centro Universitário
Augusto Motta, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
mestre em ciências da reabilitação.

Aprovado em: 28 de fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA:

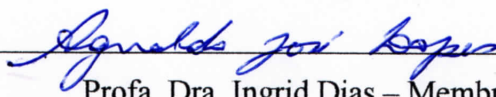
Prof. Dr. Alex Souto Maior – Orientador

Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



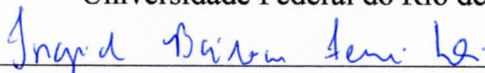
Prof. Dr. Agnaldo Lopes – Membro Interno

Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



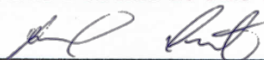
Profa. Dra. Ingrid Dias – Membro Externo

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



Prof. Dr. Gustavo Monnerat – Membro Externo

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



RIO DE JANEIRO

2019

“O sucesso nada mais é que ir de fracasso em fracasso sem que se perca o entusiasmo” (Winston Churchill)

AGRADECIMENTOS

Este trabalho se tornaria inviável sem a consolidada base familiar criada por minha mãe, Carla Cavalcante e composta por mim e meu irmão Luis Felipe Mello.

Estendo os agradecimentos a este centro universitário que nos fornece as ideais condições para realização de pesquisas e trabalhos voltados a sociedade.

Aos meus primeiros orientadores e amigos da vida acadêmica Victor Corrêa Neto e Claudio Melibeu Bentes, que me introduziram ao meio da pesquisa.

Ao meu orientador do Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação, Alex Souto Maior, que sempre esteve presente durante a construção deste estudo e soube entender os percalços ocorridos.

Em maior magnitude a Deus e aos guias espirituais, por me manterem amparado durante esta jornada.

RESUMO

Introdução: O treinamento dos músculos inspiratórios (TMI) apresenta-se como um importante método para melhorar a capacidade respiratória e atenuar a percepção de esforço no exercício. Consequentemente este método aumenta a *performance* neuromuscular, resultando na melhora da capacidade física. **Objetivo:** Este estudo teve como objetivo a investigar os efeitos do TMI na tolerância ao exercício, desempenho no teste *Repeated Sprint Ability* (RSA), pressão máxima inspiratória (PMI) e pico de fluxo inspiratório (PFI). O presente estudo apresenta característica transversal com atletas profissionais de futebol. **Métodos:** Foram investigados 22 atletas profissionais do futebol masculino ($18,3 \pm 1,4$ anos de idade; $174,5 \pm 6,1$ cm; $70,5 \pm 4,6$ kg; percentual de gordura $10,1 \pm 4,2$ %) de um clube de futebol participante da primeira divisão do futebol brasileiro. O TMI consistiu em 15 e 30 inspirações (cada uma a 50% da pressão máxima inspiratória [P_0]) na primeira e segunda sessão do período de intervenção, respectivamente. O TMI foi realizado anteriormente ao treinamento de campo (1 série/dia; 6 dias/semana). O teste RSA foi realizado pré-intervenção e na segunda semana pós TMI. **Resultados:** Os resultados apresentaram redução significativa ($p < 0,001$) no tempo de *Sprint* pós TMI, RSA_{melhor} , RSA_{medio} , tempo total de *Sprint* e percentual de decréscimo ($RSA_{\% \text{dec}}$) pós TMI. Medidas adicionais incluindo PMI e PFI também foram significativamente elevadas ($p < 0,0002$) após o período de 2 semanas de TMI. **Conclusão:** O presente estudo apresenta duas questões interessantes. A primeira delas foi o aumento

da força muscular inspiratória em jogadores de futebol profissional com TMI. Adicionalmente conclui-se que esta melhora da eficiência respiratória acarreta na melhora do desempenho físico durante os *Sprint* e a melhora a tolerância ao exercício.

Palavras-chave: Treinamento dos músculos inspiratórios; Sprint repetidos; Jogadores de futebol.

ABSTRACT

Background: Inspiratory muscle training (IMT) is an important method of attenuating both respiratory and peripheral effort perceptions, consequently improving neuromuscular performance and resulting in greater improvements in exercise capacity than with exercise training alone.

Objective: The aim of this study was to investigate the effects of IMT on exercise tolerance, repeated sprint ability (RSA) performance, maximal inspiratory pressure (MIP) and peak inspiratory flow (PIF) in a cohort of professional male soccer players.

Methods: Twenty-two healthy male professional soccer players (18.3 ± 1.4 years; 174.5 ± 6.1 cm; $70.5 \text{ kg} \pm 4.6 \text{ kg}$; body fat 10.1 ± 4.2 %) from a club participating in the Brazilian first division soccer league participated in this study.

IMT consisted of 15 and 30 self-paced inspiratory breaths (each to 50% maximal static inspiratory pressure [P_{0i}]) in the 1-and 2-week intervention period, respectively. IMT was performed prior to soccer training (1 sets. d^{-1} ; 6 d. wk^{-1}) with repeated sprint ability (RSA) assessed pre- and post the 2-week period of IMT.

Results: Statistical analyses identified a significant ($p < 0.001$) decrease in sprint time post-IMT. Additionally, RSA_{best} , RSA_{mean} , total sprint time and percentage of RSA performance decrement ($\text{RSA \% dec}$) also showed significant decreases ($p < 0.0001$) post-IMT.

Additional measures including MIP and PIF were also significantly elevated ($p < 0.0002$) following the 2-week period of IMT.

Conclusion: In conclusion, our results raise two important issues. Firstly, IMT demonstrated enhanced inspiratory muscle strength in professional

soccer players. Secondly, this increase in inspiratory muscle efficiency led to a decrease in sprint time and improved exercise tolerance.

Key-words: Inspiratory muscle training; repeated sprint ability test; soccer players.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ECPI – Equipamento de Pressão Inspiratória

IL-1 β Interleucina-1 β

IL-6 – Interleucina-6

MI – Músculos inspiratórios

MIP – Pressão de Inspiração Máxima

PIF – Pico de Fluxo Inspiratório

RSA – *Repeat Sprint Ability*

RSA MÉDIA – Média dos tempos dos *Sprints* Repetidos

RSA MELHOR – Melhor Tempo dos *Sprints* Repetidos

RSA % DEC – Percentual de Decréscimo dos *Sprints* Repetidos

RSA TEST – Teste de *Sprints* Repetidos

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TMI – Treinamento dos Músculos Inspiratórios

TTS – Tempo total dos *Sprints* Repetidos

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

	pág.
Figura 1. Anatomia dos músculos respiratórios.....	17
Figura 2. Equipamento de carga e pressão inspiratória (ECPI).....	20
Figura 3. Diagrama do <i>Repeat Sprint Ability</i> (RSA).....	28
Figura 4. Figura ilustrativa da análise da composição corporal por bioimpedância.....	30
Figura 5. Valores em média $\pm$ desvio padrão para durante seis séries de RSA em jogadores profissionais de futebol.....	32
Figura 6. Valores em média $\pm$ desvio padrão para pré e pós período de duas semanas de TMI em jogadores profissionais de futebol.....	34

LISTA DE TABELAS

PPág.

233

Tabela 1. Desempenho físico e variáveis respiratórias de jogadores profissionais de futebol.....

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1. Termo de consentimento livre e esclarecido.....	43
Apêndice2. Carta de Aceite do Artigo.....	44
Apêndice 3. Artigo Aceito.....	45

Sumário

	Pág.
1.Introdução	14
1.1. Revisão da Literatura.....	16
1.1.1. Músculos inspiratórios e suas distintas funções.....	16
1.1.2. Treinamento Inspiratório e Desempenho Físico.....	20
1.1.3. A importância dos Músculos Inspiratórios no Desempenho de Atletas de Futebol.....	23
1.4. Justificativa.....	25
1.5. Problema.....	26
1.6. Objetivos.....	26
1.6.1. Objetivo Geral.....	26
1.6.2. Objetivos Específicos.....	27
1.7. Hipóteses.....	27

CAPÍTULO II.....	28
2.1. Delineamento do estudo.....	28
2.2. Amostra.....	28
2.3. Local de realização do estudo.....	29
2.4. Cálculo ou justificativa do tamanho amostral.....	29
2.5. Teste de <i>Sprints</i> Repetidos (RSA test).....	30
2.6. Medidas de Composição Corporal.....	31
2.7. Treinamento dos Músculos Inspiratórios	32
2.8. Análise Estatística	33
CAPÍTULO III.....	34
3.1 Resultados.....	34
3.2 Discussão.....	36
3.3 Limitações do Estudo.....	39
3.4 Conclusão.....	39
 REFERÊNCIAS.....	 40

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

As partidas de futebol são caracterizadas pelos estímulos de alta velocidade concomitantemente a mudanças bruscas de direção, chutes, passes, condução de bola, exigindo do jogador ações rápidas e precisas para execução destas tarefas. Estas rápidas mudanças de direção exigem dos atletas constantes acelerações e desacelerações durante a partida, expondo-os a severas demandas físicas (SPENCER *et al.*, 2005; MAIOR *et al.*, 2017). A realização de períodos de corridas curtas em alta intensidade e de maneira repetida (*Sprint*) contribui com demandas tanto anaeróbia, quanto aeróbia. Devido à existência dessas diferentes demandas durante a partida, os atletas precisam apresentar excelente rendimento e preparo físico para executá-las (SPENCER *et al.*, 2005).

O aumento da demanda ventilatória durante o exercício estimula um aumento do *drive* neural dos músculos respiratórios, e consequentemente a promoção da força destes músculos (BUTLER *et al.*, 2014). Portanto a investigação e utilização de novos métodos de treino podem potencializar a resposta neuromuscular e a capacidade respiratória, resultando em aumento da tolerância ao exercício. O treinamento dos músculos inspiratórios (TMI) caracteriza-se como um método de treinamento que promove uma sobrecarga no diafragma e intercostais, com o objetivo de aumentar a força e a resistência destes músculos (BUTLER *et al.*, 2014; VERGES *et al.*, 2014; GUY *et al.*, 2014). Estudos anteriores mostraram que o TMI pode ser um bom método para atenuar tanto a fadiga respiratória quanto a percepção de esforço (BUTLER *et al.*, 2014; VERGES *et al.*, 2014; GUY *et al.*, 2014; ARCHIZA *et al.*, 2018). Estas atenuações resultam em melhoras do desempenho neuromuscular e capacidade de suportar o exercício por mais tempo (ARCHIZA *et al.*, 2018; GUY *et al.*, 2014). Também foram observadas expressivas melhoras das capacidades supracitadas em indivíduos praticantes de esportes de longa duração (ILLI *et al.*, 2012).

Adaptações da musculatura respiratória promovidas pelo TMI podem contribuir com a melhora do desempenho durante exercícios anaeróbios, consequentemente, tornando-se uma importante ferramenta para potencializar a capacidade inspiratória de atletas profissionais de futebol (ARCHIZA *et al.*, 2018; GUY *et al.*, 2014). Um estudo recente mostrou que o TMI auxiliou no fornecimento de oxigênio aos músculos dos membros inferiores durante os *sprints* de atletas profissionais de futebol feminino (ARCHIZA *et al.*, 2018). Contudo alguns estudos sugerem que o TMI pode apresentar benefícios sobre a capacidade respiratória de atletas de futebol, porém, sem mudanças na tolerância ao exercício (GUY *et al.*, 2014; OZMEN *et al.*, 2017). Por outro lado, os

resultados apresentados pela literatura sobre a utilização do TMI e RSA em atletas profissionais de futebol ainda são contraditórios e escassos.

1.1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1.1 MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS E SUAS DISTINTAS FUNÇÕES

O sistema respiratório é constituído pelos pulmões (órgão responsável pela hematose) e pela parede torácica e abdominal responsáveis pela mecânica respiratória. Este sistema tem como função primária deslocar a parede torácica impulsionando o ar para dentro e para fora dos pulmões, auxiliando diretamente na manutenção da troca gasosa (RIBERIO et al., 2012).

No entanto, como protagonista do trabalho inspiratório, o músculo do diafragma é considerado o principal músculo inspiratório. Este músculo é innervado pelo nervo frênico, a partir dos segmentos cervicais 3, 4 e 5 e apresenta significativa resistência à fadiga por ser morfológicamente constituído por uma bainha de músculos esqueléticos, com predominância de aproximadamente 80% de fibras oxidativas em sua composição (LISBOA et al., 1994).

O diafragma apresenta característica de cúpula, separa a cavidade torácica e abdominal e apresenta o funcionamento similar à de um pistão, consequentemente, contribui com 70% do volume inspirado de repouso (MCCONNELL, 2013). Durante a contração diafragmática ocorre um achatamento da cúpula em direção à cavidade abdominal promovendo aumento da pressão intra-abdominal, consequentemente, as costelas inferiores se deslocam para frente e para cima e contribuem para a expansão torácica (aumento do volume da cavidade torácica). Além disso, os

músculos intercostais contraem-se para fora e para cima para estabilizar a caixa torácica (MCCONNELL, 2013).

Além dos músculos intercostais e diafragma, os músculos que compõe a região do pescoço (esternocleidomastóideos e escalenos) também possuem importante função durante ainspiração. Os músculos intercostais anatomicamente são divididos em externos e internos. Os músculos intercostais externos percorrem os espaços intercostais entre o tubérculo costal e a junção costochondral e suas fibras musculares se estendem entre a margem inferior a superior das costelas (DANGELO & FATTINI, 2007). Enquanto os intercostais internos se localizam entre a extremidade medial dos espaços e o ângulo da costela. Em relação as suas fibras, estas possuem direção oposta à dos músculos intercostais externos e se inserem na porção inferior das costelas e cartilagens costais e na porção superior das costelas e cartilagens a baixo (FIGURA 1).

O músculo esternocleidomastóideo cruza de maneira oblíqua dividindo-se nos trógonos lateral e anterior. Sua origem se localiza no manúbrio do esterno e no terço medial da clavícula, enquanto sua inserção se dá no processo mastoide (FIGURA 1). Em sua porção superior, este músculo é cruzado pelos nervos cutâneos da região cervical e pela veia jugular externa. O esternocleidomastóideo é innervado pelo nervo acessório do 11º par craniano, além de receber fibras do 2º nervo cervical (DANGELO & FATTINI, 2007). Sua função mecânica é a flexão lateral (quando somente só um músculo se contrai) e extensão (quando ocorre em primeiro momento a ativação dos músculos pós-vertebrais) da cabeça.

Os escalenos fazem parte do conjunto de músculos paravertebrais e se dividem em anterior, médio e posterior. Os escalenos são innervados pelas ramificações dos ramos anteriores dos nervos espinhais e possuem a função mecânica de flexão lateral da coluna cervical (FIGURA 1). Assim, durante a inspiração forçada estes elevam as 1ª e 2ª costelas (POLLA *et al* 2004).

Suas origens e inserções se dividem em (DANGELO & FATTINI, 2007):

- **Escaleno anterior:** Possui origem nos processos transversos das vértebras C3 a C4. E origem no tubérculo do escaleno da 1ª costela.
- **Escaleno médio:** Possui origem nos processos transversos das vértebras C1 a C5. E origem na face superior da 1ª costela, entre o tubérculo do escaleno anterior e o sulco da articulação subclávica.
- **Escaleno posterior:** Possui origem no nos processos transversos das vértebras C4 a C6. E origem na face lateral da 2ª costela, localizada atrás da tuberosidade do músculo serrátil anterior.

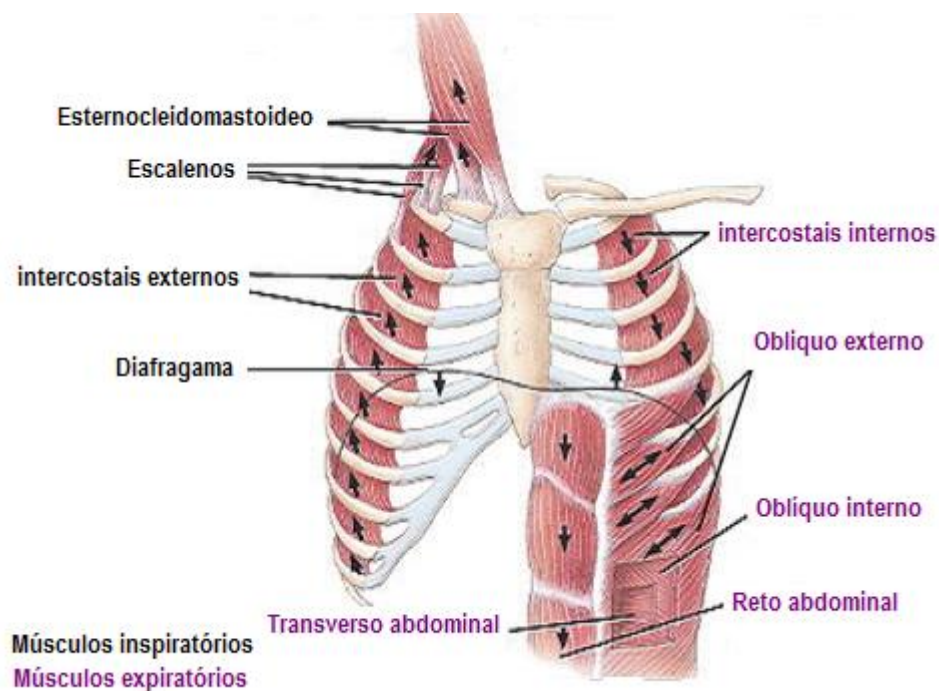


FIGURA 1: Anatomia dos músculos respiratórios.

A musculatura esquelética possui em sua composição diferentes tipos de fibras musculares, para suprirem as diferentes demandas existentes. Entre os tipos de fibras musculares podemos citar as fibras de contração lenta (Tipo I) e as de contração rápida (tipos IIA e IIB) (POLLA *et al*, 2004). De modo geral, as fibras dos músculos inspiratórios são caracterizadas de acordo com a sua capacidade de contração e metabólica. Fibras de contração lenta (oxidativas) (Tipo I) apresentam alta concentração de mitocôndrias, densidade capilar e mioglobinas, ao passo que fibras de contração rápida (glicolíticas) (IIA e IIB) apresentam baixa capacidade oxidativa e pouca densidade capilar, apresentando menor resistência a fadiga (POLLA *et al*, 2004). As fibras do tipo IIA apresentam

características mistas das fibras anteriores, tornando-se assim mais resistentes a fadiga, apesar de sua característica de contração rápida. Estas possuem capacidade de contração rápida e moderada resistência a fadiga (CHAILLOU, 2018).

Por sua alta capacidade de resistência a fadiga, a composição específica de fibras do tipo I torna estes músculos capazes de sustentar atividades por períodos prolongados a partir de sucessivas expansões da caixa torácica durante os ciclos respiratórios. Especificamente, os MI possuem aproximadamente 80% de fibras oxidativas ao passo que músculos expiratórios possuem cerca de 100% dessas fibras em sua composição (MC CONNELL, 2013). Adicionalmente, músculos envolvidos na respiração necessitam ser ricamente nutridos, já que o processo isquêmico poderia acelerar o processo de fadiga, uma vez que ausência de capilares sanguíneos poderia limitar tanto o fornecimento de oxigênio quanto de substratos energéticos (POLLA *et al*, 2004).

1.1.2 TREINAMENTO INSPIRATÓRIO E DESEMPENHO FÍSICO

Como estratégia não invasiva para melhora da capacidade respiratória de indivíduos com distintas patologias do sistema respiratório e para a melhora da tolerância ao esforço, o treinamento dos músculos inspiratórios (TMI), vem se destacando desde a reabilitação (BEAUMONT *et al.*, 2018) até o desempenho físico (OZMEN *et al.*, 2017). O TMI é caracterizado por séries de inspirações através de um bocal com uma válvula de duas vias e uma resistência na linha inspiratória que promovem ajustes mecânicos que impactarão em respostas metabólicas e cardiovasculares (OZMEN *et al.*, 2017) (FIGURA 2). Assim, o TMI apresenta influência durante o exercício pelo aumento da força e resistência dos músculos inspiratórios, conseqüentemente, potencializa a mecânica dos

músculos inspiratórios (BUTLER *et al.*, 2014). Desta forma, o TMI surge como estratégia para aumentar a tolerância ao exercício, já que este método de treinamento promove redução da fadiga respiratória, redução da concentração de lactato sanguíneo e melhora do estímulo barorreceptor torácico (BUTLER *et al.*, 2014). Corroborando com esta afirmativa, o TMI mostra bons resultados sobre o nível de fadiga, tempo de *Sprint* e oxigenação das musculaturas periféricas ao ser realizado durante 6 semanas, 5 vezes na semana, duas vezes por dia e a 50% da pressão máxima inspiratória (ARCHIZA *et al.*, 2018). Isto mostra que em tempo reduzido, realizar o trabalho de fortalecimento e aumento da espessura do diafragma e dos demais músculos inspiratórios, pode melhorar significativamente o rendimento dos atletas. Além disto, é possível dar ao indivíduo a condição de suprir demandas cada vez maiores com o menor estresse cardiorrespiratório. É importante salientar que o TMI associado aos exercícios físicos apresenta 50% a mais de ajustes fisiológicos quando comparado somente aos exercícios físicos (WANKE *et al.*, 1994).

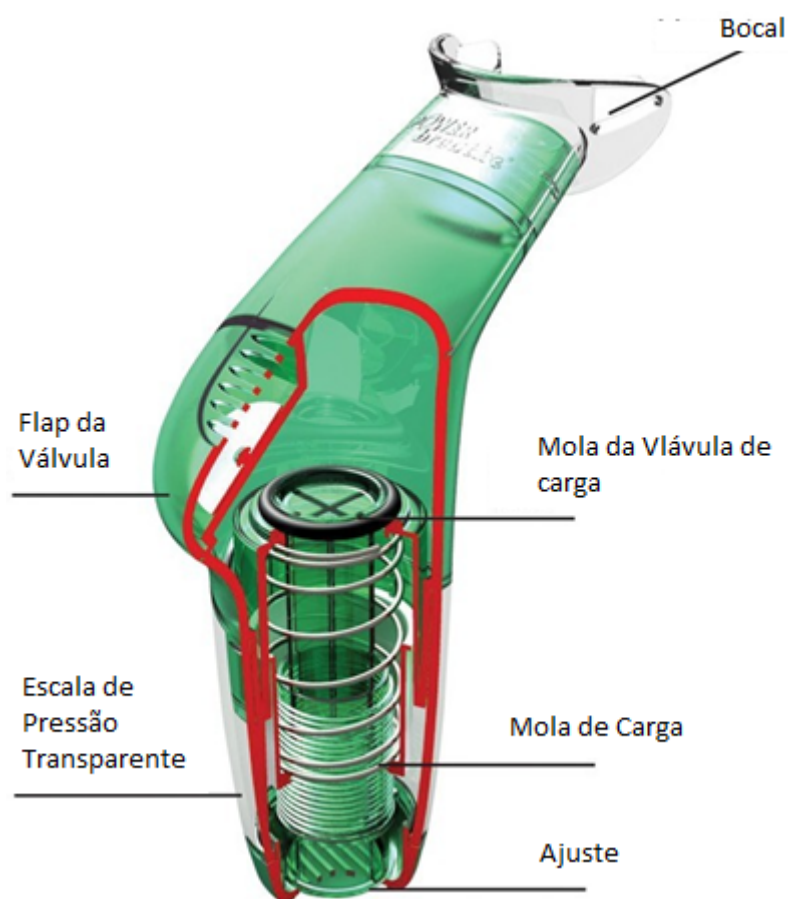


FIGURA 2. Equipamento de carga e pressão inspiratória (ECPI)

Uma recente revisão sistemática incluiu 7 estudos totalizando 203 pacientes realizando distintos protocolos de TMI (SADECK *et al.*, 2018). No estudo foram verificados TMI 3, 6 e 7 vezes na semana, com intensidades variando de 30 a 60% da inspiração máxima, com duração de 6 a 12 meses. Os resultados desta revisão sistemática desta observou que a TMI a 60% da inspiração máxima realizado 6 vezes por semana contribui com o aumento da tolerância ao exercício e aumento das distâncias percorridas durante os testes de caminhada. Estes resultados mostram que o

fortalecimento dos MI promove significativos ajustes cardiorespiratórios, metabólicos e neuromusculares (OZMEN *et al.*, 2017; SADECK *et al.*, 2018). Podemos hipotetizar que a hipertrofia dos MI, aumento da força muscular destes músculos e a melhora da complacência pulmonar apresenta uma relação direta com receptores mecânicos existentes nesta região e interação com as fibras aferentes e eferentes do sistema autonômico cardíaco (MARÃES. 2010). Por outro lado, ainda são limitados os estudos que verificaram os ajustes fisiológicos relacionando TMI e atletas de alto rendimento.

1.1.3 – A IMPORTÂNCIA DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE FUTEBOL

O futebol é caracterizado como um esporte intermitente de alta intensidade, devido às ações motoras, a demanda energética, o volume e a intensidade da partida (BANGSBO; MOHR; KRUSTRUP, 2006). Dentre as valências físicas envolvidas neste esporte destacam-se as capacidades aeróbica e anaeróbica, força, resistência e potência muscular (TUERNER & STEWART, 2014; STOLEN, 2005). Cada valência será explorada de acordo com o posicionamento do jogador e a intensidade das partidas, ou seja, um atleta pode percorrer diferentes distâncias e apresentar distintas intensidades de carga externa. Como exemplo é possível mencionar que atletas profissionais de futebol chegam a percorrer de 10 a 12km enquanto goleiros percorrem apenas 4km ao longo de uma partida (MOHR, 2003). Além disso, os indicadores carga externa mensurado pelas acelerações associado à mudança de direção apresentam uma significativa exigência cardiorespiratória e neuromuscular (MAIOR *et al.*, 2017). Ao analisar o tempo total de uma partida de futebol (média 90 minutos) é possível observar a predominância da capacidade aeróbica.

Entretanto o nível de intensidade em determinados momentos da partida é capaz de fazer com que determinado jogador se aproxime do limiar anaeróbio, mostrando haver uma relação direta da relação volume e intensidade sobre as demandas fisiológicas e valências físicas envolvidas no esporte (TUERNER & STEWART, 2014; STOLEN, 2005).

Demandas de alta intensidade no futebol são caracterizadas através de estímulos gerados em uma zona de 80 a 90% da FC máxima. Entretanto, falando em termos fisiológicos, seria impossível uma atleta manter tal zona durante toda a partida, fazendo-se necessária a realização de momentos de baixa intensidade para minimizar o acúmulo metabólico. Estas alternâncias de estímulos confirmam a exigência e ajustes fisiológicos que atletas de futebol necessitam durante treinamentos e partidas oficiais (TUERNER & STEWART, 2014; STOLEN, 2005).

Observando a necessidade do organismo em suprir demandas tanto aeróbias quanto anaeróbia, o bom funcionamento do sistema cardiorrespiratório e cardiovascular pode traduzir além do aumento à tolerância ao esforço, aumento do limiar anaeróbio e aumento da força dos músculos inspiratórios (ARCHIZA *et al.* 2018). Uma vez que fortalecimento dos MI tende a aumentar o aporte sanguíneo para áreas periféricas, é possível reduzir o esforço cardiovascular ao potencializar a funcionalidade destas musculaturas e consequentemente melhorar a capacidade de resistência à fadiga e aumento da potência muscular (SALES *et al.* 2005). Corroborando com esta hipótese, Archiza *et al.* (2018) observaram que treinar os MI durante 6 semanas foi capaz de melhorar o tempo que as atletas levaram para executar *sprints* repetidos e aumentar oxigenação e nutrientes para os músculos periféricos, uma vez que dentre as funções do sistema circulatório destaca-se o transporte de substrato para os tecidos. Contudo, são escassos os estudos que avaliaram as demandas fisiológicas associando atletas de futebol profissional e TMI.

Potencializar a capacidade execução de trabalhos intermitentes repetidos e de alta intensidade significa dar ao atleta condições de suprir as diferentes demandas existentes neste esporte. De maneira concomitante é possível citar que as consecutivas mudanças de direção existentes no futebol recrutam significativamente os músculos intercostais tornando necessário o trabalho de fortalecimento desta região (BUTLER *et al.*, 2014). De acordo com estes achados, é possível observar que o trabalho de fortalecimento dos MI fortalece este grupo muscular e pode reduzir o esforço cardiovascular, cardiorrespiratório, melhorar a tolerância ao exercício, reduz os níveis de esforço, além de aumentar o aporte de oxigênio e substratos para músculos periféricos que estão sendo altamente exigidos. Adicionalmente este fortalecimento parece mostrar bons resultados sobre o sistema imunológico, aumentando a concentração de Interleucina-1 β (IL-1 β) e redução plasmática de interleucina-6 (IL-6) (MILLS *et al.*, 2013, 2014).

A importante função dos músculos inspiratórios também se faz presente no cenário esportivo, ao observarmos que realização do treinamento dos MI durante 6 semanas mostrou haver um aumento da concentração de hemoglobinas tanto nos músculos intercostais, quanto na musculatura periférica ativa (vasto lateral) em atletas de futebol (ARCHIZA *et al.*, 2018). Tais resultados nos mostram que o trabalho de fortalecimento dos MI possui importância na melhora dos padrões fisiológicos dos indivíduos, melhorando a tolerância ao exercício, reduzindo a fadiga e favorecendo a nutrição das musculaturas alvo durante o exercício físico.

1.4. Justificativas

Com o aumento da popularidade do futebol (FIFA 2014) e profissionalização deste esporte, cresce de maneira considerável tanto no âmbito prático, quanto no corpo científico (JONES, 2014; EKSTRAND, 2011), o interesse por estratégias e investigações que visem o aumento da

performance dos atletas. Para tal, a ciência vem contribuindo de maneira direta com esporte através de levantamentos que quantifiquem o nível de crescimento do esporte e sua evolução (FIFA 2014). Porém ainda são escassas as investigações sobre os efeitos do TMI no futebol. Apesar de apresentar bons resultados nos aspectos fisiológicos (CALLEGARO *et al.*, 2011; GUY *et al.*, 2014), o corpo científico ainda não direcionou as pesquisas relacionando os efeitos do TMI no desempenho físico de atletas. Assim, justifica-se a necessidade de investigar e quantificar a importância do TMI em atletas de futebol na resistência a fadiga, desempenho físico e prevenção de lesões.

1.5.Problema

O questionamento deste trabalho é compreender se o TMI é capaz de reduzir o tempo que os atletas realizam os *sprints*, conseqüentemente, maior rendimento em semelhantes estímulos durante uma partida de futebol profissional.

1.6 Objetivos

1.6.1.Objetivo geral

Investigar o impacto do TMI na resistência a fadiga, melhora da capacidade dos músculos inspiratórios e desempenho físico de atletas profissionais de futebol.

1.6.2. Objetivos específicos

- Analisar a influência do TMI na resistência a fadiga de atletas profissionais de futebol durante *sprints* repetidos;
- Investigar o impacto do TMI na capacidade inspiratória de atletas profissionais de futebol;
- Analisar a influência do TMI no desempenho físico de atletas profissionais de futebol durante *sprints* repetidos.

1.7 Hipóteses

As características de um jogo oficial e ou treinamento de futebol impõem aos atletas uma determinada demanda fisiológica tanto para estímulos com características explosivas, rápidas mudanças de direção, deslocamentos em alta velocidade e capacidade aeróbica. Sendo assim, a hipótese do presente estudo baseia-se na capacidade do TMI de potencializar a realização de *sprints* repetidos. Tal achado poderia promover ajustes fisiológicos de uma partida, uma vez que aumentando índices de variáveis respiratórias, o jogador tenderia a apresentar maior rendimento durante o tempo em que permanecer em campo.

CAPÍTULO II.

2.1. Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo transversal, pois as medições foram realizadas em uma população específica com o intuito de investigar as possíveis alterações na resistência a fadiga, capacidade dos músculos inspiratórios e no desempenho físico.

2.2. Amostra

Foram recrutados 22 atletas profissionais de futebol masculino ($18,3 \pm 1,4$ anos de idade; $174,5 \pm 6,1$ cm; $70,5 \pm 4,6$ kg; percentual de gordura $10,1 \pm 4,2\%$) de um clube da primeira divisão do campeonato brasileiro de futebol, organizado pela confederação brasileira de futebol (CBF). A frequência de treino dos jogadores foi de $6,2 \pm 0,7$ dias na semana. Os programas de treino consistiam em saltos, *sprints*, treinamento de força, acelerações e desacelerações.

Os critérios de exclusão foram:

- 1) histórico de tabagismo nos últimos 3 meses;

- 2) presença de qualquer doença cardiovascular e/ou metabólica;
- 3) hipertensão arterial sistêmica ($\geq 140/90$ mmHg ou utilização medicamento anti-hipertensivo);
- 4) uso de esteróides anabólicos, drogas ou medicamentos com potencial de impactar no desempenho físico (Declarado pelo voluntário);
- 5) lesão musculoesquelética (6 meses);
- 6) sintoma de dor em qualquer região do corpo.

O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) e foi realizado em acordo com os padrões de ética em pesquisas científicas no esporte e exercício (CAE: 76189817.0.0000.5235). Todos os dados foram coletados no início dos treinamentos.

2.3. Local de realização do estudo

O presente estudo teve sua coleta de dados realizada no Centro de treinamento do Clube de Regatas do Flamengo (Rio de Janeiro, Brasil). Todos os avaliados se apresentaram voluntariamente ao local dos testes, com total conhecimento da rotina das coletas e com assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2.4. Cálculo ou justificativa do tamanho amostral

Foi utilizado o *software* G-power 3.0 com nível de significância de 5% e poder de teste de 70% em concordância com a análise de variância para medidas repetidas (*ANOVA oneway*).

2.5. Teste de *Sprints* Repetidos (RSA test)

Este teste consiste na realização de 6 séries *sprints* em uma raia de 2 x 20 metros, com apenas uma mudança de direção de 180° e 20 segundos de intervalo entre as séries (Gharbiet *al.*, 2014). Para registro preciso do tempo dos *sprints* foram utilizadas fotocélulas (*Brower Timing System, Salt Lake City, 174 UT, USA*; acuracia de 0.01s) posicionadas a 30 cm do ponto de partida (**Figura 3**). Não houve qualquer exclusão por lesão durante a condução dos testes. Os indivíduos foram verbalmente encorajados para que obtivessem o melhor rendimento possível durante os *sprints*.

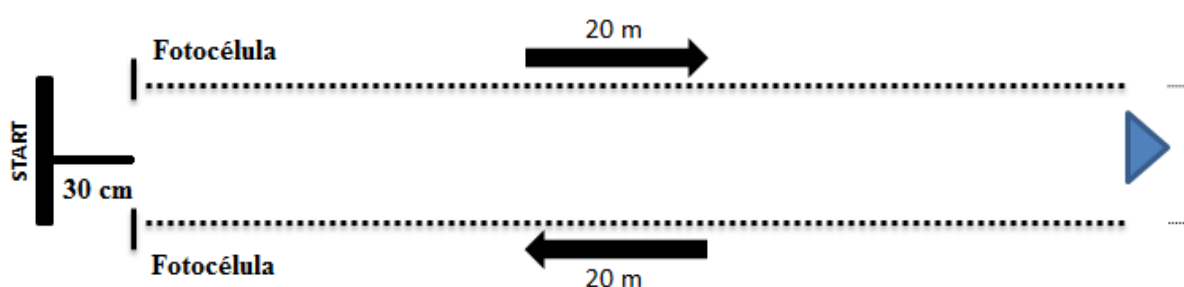


Figura 3 Diagrama do Repeated Sprint Ability test.

Foram avaliadas as seguintes variáveis RSA_{melhor}= RSA melhor tempo; RSA_{média}= RSA média do tempo nas 6 séries; tempo total dos *sprints* (TTS); RSA_{% dec}= percentual de decréscimo de desempenho físico durante o RSA test. O RSA_{%dec} foi calculado através da seguinte equação:

$$RSA_{dec}(\%) = \left[\frac{TTS}{RSA_{best} \times \text{NÚMERO DE SPRINTS}} - 1 \right] \times 100$$

2.6. Medidas de composição corporal

A composição corporal foi avaliada pelo método de impedância bioelétrica através de um dispositivo com eletrodos embutidos para as mãos e pés (InBody 720). Os sujeitos utilizaram roupas íntimas e foram instruídos a ficarem descalços na posição vertical com os dois pés posicionados em dois eletrodos na superfície da máquina, com os braços estendidos e as mãos segurando dois eletrodos fixados na superfície de duas alças (**Figura 4**). Todas as análises foram realizadas após um jejum de 8 horas. Todas as medidas biométricas foram realizadas em sala climatizada (21° C; 65% de umidade relativa). Nenhum problema clínico ocorreu durante o estudo.



Figura 4. Figura ilustrativa da análise da composição corporal por bioimpedância.

2.7. Treinamento dos músculos inspiratórios (TMI)

Para a realização do TMI foi utilizado um equipamento de carga de pressão inspiratória portátil do modelo *Power Breathe KHI* (*POWER Breathe KHI INSPIRATORY METER*; Gaiam). Foram realizadas três tentativas para que se obtivesse o melhor resultado. Para avaliação inspiratória foram mensuradas a pressão de inspiração máxima (MIP) e o pico de fluxo inspiratório (PIF). A realização da mensuração do MIP seguiu as normas da *American Thoracic Society* (ATPS)/*European Respiratory Society* (ERS) para os testes de força muscular respiratória (*American Thoracic Society/European Respiratory Society*, 2002). De acordo com estas recomendações, foram

utilizados *clips* nasais, todos os indivíduos permaneceram sentados e foram verbalmente encorajados para obter um melhor rendimento de MIP e PIF.

Após os testes iniciais, todos os indivíduos foram instruídos a correta utilização do equipamento (*PowerBreatheInternationalLtd, Warwickshire, United Kingdom*) e todos os TMI ocorreram pela manhã, antes dos treinamentos específicos de futebol (1 série; 6 dias da semana). O protocolo TMI consistiu de 15 e 30 respirações (cada uma com 50% da pressão inspiratória estática máxima [P_{0I}]) nos períodos de intervenção de 1 e 2 semanas, respectivamente. O teste pós-treino ocorreu no final da 2ª semana.

2.8. Análise estatística

Todos os resultados foram expressos em média $\pm$ desvio padrão. As análises estatísticas foram inicialmente realizadas pela utilização do teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* e pelo teste de homocedasticidade (*Barlett's criterion*). Para comparações entre o tempo de *sprints* pré e pós-treino foi utilizada a ANOVA *two-way* seguido do *Bonferroni* *post-hoc*. O *Student's t-test* foi utilizado para aferir diferenças entre os momentos (pré Vs. Pós-TMI) para as variáveis de RSA, MIP e PIF. Adicionalmente a magnitude do *Effect Size* (tamanho do efeito da diferença entre os índices de pré e pós-teste, dividido pelo desvio-padrão do pré-teste) foi utilizada pela escala proposta por Rhea (2004), para RSA_{melhor}, RSA_{média}, RSA_{% dec}, Tempo total do Sprint e velocidade (m/s e km/h). O nível de significância para todas as comparações estatísticas foi estabelecido em $p < 0.05$, utilizando o programa *GraphPad*® (Prism 6.0, San Diego, CA, USA).

CAPÍTULO III

3.1 Resultados

A análise de ANOVA *two-way* (FIGURA 5) demonstrou significativa redução ($p < 0,001$) no tempo dos *sprints* para todas as séries quando comparado pré ao pós TMI. Igualmente, a Tabela 2 foi verificado redução significativa no tempo total de *Sprint* e percentual de decréscimo na *performance* do RSA pós-treino. Somado a estes resultados, a velocidade no Sprint aumentou de maneira significativa no pós-treino quando comparado ao pré-treino ($P < 0,0001$). O Tamanho do Efeito pré e pós-treino apresentou grandes valores para RSA_{melhor}, RSA_{média}, Tempo Total de Sprint, e Velocidade (m/s e km/h) e moderado efeito para RSA_{% dec} (tabela 2).

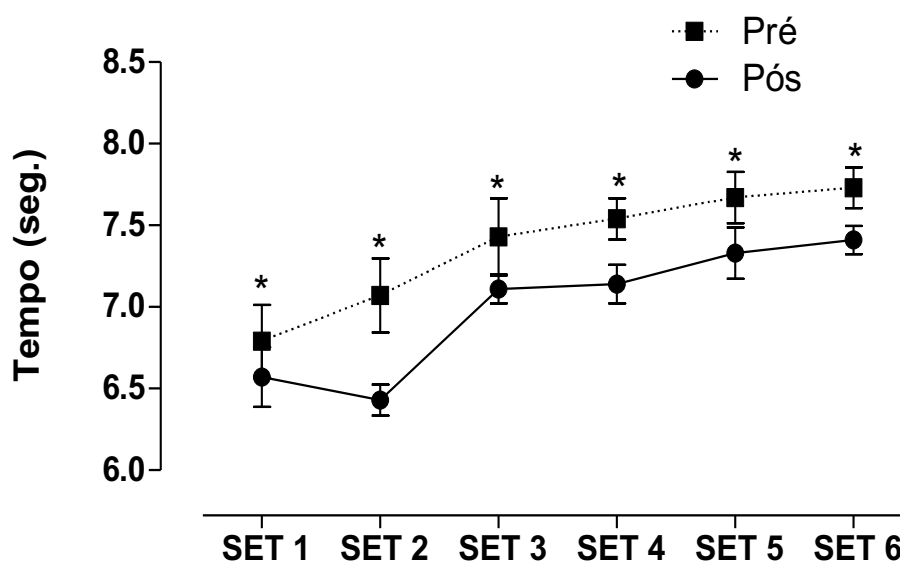


Figura 5. Valores em Média $\pm$ desvio padrão durante seis séries de RSA em atletas profissionais de futebol.

*p<0.001 – pré Vs. pós-TMI.

TABELA 1. Desempenho físico e variáveis respiratórias de jogadores profissionais de futebol.

	PRE	PÓS	p<	ES
RSA_{melhor} (s)				1.37 (grande)
	6.7 ± 0.1	6.4 ± 0.1	0.0001	
RSA_{média} (s)				8.79 (grande)
	7.3 ± 0.1	6.9 ± 0.1	0.0001	
RSA % dec (%)				0.67 (moderado)
	9.8 ± 1.4	9.0 ± 0.8	0.04	
TTS (s)				7.92 (grande)
	44.2 ± 0.4	41.9 ± 0.5	0.0001	
VELOCIDADE (m/s)				1.46 (grande)
	5.9 ± 0.1	6.2 ± 0.1	0.0001	
VELOCIDADE (km/h)				1.49 (grande)
	21.4 ± 0.3	22.4 ± 0.4	0.0001	

RSA_{melhor}= Melhor tempo no RSA; **RSA_{média}** = média de tempo no RSA; **RSA_{dec}**= decréscimo no RSA; **TTS** = Tempo total de Sprint; **ES** = Tamanho do Efeito.

Os resultados de TMI pré e pós-treino estão apresentados na Figura 6. Foi observada significativa melhora PIF no pós-treino ($\Delta\%$ = 19.1%; p=0.0002; Figura 6A) e MIP ($\Delta\%$ = 15.4%; Figura 6B) após as 2 semanas do período de TMI.

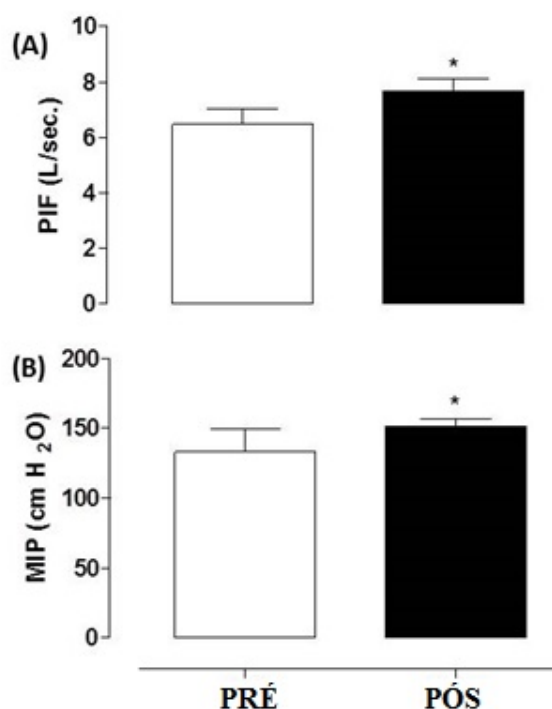


Figura6. Valores em média $\pm$ desvio padrão para pré e pós período de 2 semanas de TMI em jogadores profissionais de futebol. * $p < 0.0002$ – pré vs. pós-TMI. MPI = Pressão Inspiratória Máxima. PIF = Pico de Fluxo inspiratório

3.2. Discussão

Cresce o interesse pelo corpo científico em investigar os benefícios do TMI sobre a capacidade pulmonar e desempenho físico durante o período de treinamento (VERGES *et al.*, 2007; CALLEGARO *et al.*, 2011; GUY *et al.*, 2014; ARCHIZA *et al.*, 2018). Porém é escasso o número de estudos que se dedicou a analisar os efeitos do TMI sobre *sprints* e a tolerância ao exercício em jogadores profissionais de futebol masculino. Os resultados do presente estudo mostram

significativo aumento da força dos músculos respiratórios (representado por MIP e PIF), tolerância ao exercício e velocidade de Sprint (m/s e km/h) no RSA teste pós-TMI. Além destes achados, foram observadas reduções no tempo total de Sprint, RSA_{melhor} , $RSA_{\text{média}}$, e $RSA_{\% \text{ decpós-TMI}}$. Corroborando a outro achado, em estudos anteriores (TMI = 6 semanas, 5 dias por semanas e 30 inalações repetidas), sugerimos que o TMI possui a capacidade de atenuar a ação metaborreflexa nos músculos inspiratórios e acúmulo de lactato sanguíneo, além de promover aumento da oxigenação aporte sanguíneo para a musculatura periférica durante exercício alta intensidade (ARCHIZA *et al.*, 2018). Adicionalmente, o TMI parece contribuir com o aumento da força dos músculos respiratórios, melhora na recuperação durante a execução de *sprints* repetidos e aumento da tolerância ao exercício (BUTLER *et al.*, 2014; VERGES *et al.*, 2007; CALLEGARO *et al.*, 2011; GUY *et al.*, 2014). Além disto, o TMI realizado acima de 4 semanas (30 inspirações a 50% do esforço máximo da pressão inspiratória [P_0]) antes de cada treino, possui o potencial de aumentar a tolerância ao exercício em aproximadamente 27% (TONG *et al.*, 2010).

O TMI apresenta-se como uma medida alternativa para avaliar a capacidade e a força muscular respiratória (BUTLER *et al.*, 2014). Estudos anteriores em jovens, observaram um aumento de 14% a 28% na MIP, sugerindo a existência de adaptação neural entre 1 e 2 semanas de TMI (BUTLER *et al.*, 2014; AZNAR-LAIN *et al.*, 2007). Por outro lado, esta adaptação parece ocorrer somente com 11 semanas de TMI em remadores de elite, contribuindo com uma melhora de 33.9% no MIP, porém quando o TMI ultrapassa 11 semanas resulta em uma queda de 9.5% no MIP (KLUSIEWICZ *et al.*, 2008). Jogadores recreacionais de futebol que foram submetidos ao TMI duas vezes por dia (manhã e noite) realizando 30 inspirações, durante 6 semanas, apresentaram melhora de 13.4% no MIP pós-intervenção. Esta melhora foi associada ao aumento da tolerância ao exercício

e redução do lactato sanguíneo, porém não houve significativas alterações no tempo de *Sprint* (GUY *et al.*, 2014).

Um recente estudo observou aumento de 22.5% no MIP e melhoras na *performance* RSA_{best} após 6 semanas de TMI em atletas profissionais de futebol feminino (ARCHIZA *et al.*, 2018). Nossos resultados mostraram uma melhora de 15.4% no MIP após 2 semanas, concomitantemente a uma redução do tempo total de *sprint* e aumento da velocidade (m/s e km/h). A combinação destes resultados sugere que o TMI pode ter a capacidade de aumentar a força da musculatura inspiratória e melhorar a *performance* de *Sprint* em atletas profissionais de futebol, porém não em jogadores recreacionais de futebol. Cabe ressaltar que o TMI realizado entre 2 e 6 semanas resulta em efeitos fisiológicos positivos. O mecanismo pelo qual o TMI contribui com a *performance* da musculatura esquelética é multifatorial e complexa, potencialmente resulta na melhora da perfusão muscular, transferência de substratos e adaptações do sistema imunológico. Portanto, o TMI induz a resposta hipertrófica na musculatura inspiratória, a qual contribui com a melhora da MIP e capacidade pulmonar total (DOWNEY *et al.*, 2007). Além disso, alguns estudos mostraram a importância do TMI no sistema imunológico com concomitante aumento de Interleucina-1 β (IL-1 β) e redução plasmática de interleucina-6 (IL-6), responsiva ao aumento do esforço dos músculos respiratórios (MILLS *et al.*, 2013, 2014). Esta resposta imunológica pode contribuir com a absorção de glicose na contração dos miócitos, estimulando a miogênese, lipólise e a proliferação de células satélites (CAREY *et al.*, 2006; Wolsk *et al.*, 2010; Kharrazet *et al.*, 2013). Adicionalmente, a rotação do tronco durante as mudanças de direção no RSA pode contribuir com um melhor esforço mecânico das fibras musculares intercostais, comparado as fibras diafragmáticas (BUTLER *et al.*, 2014). Contudo sugere-se que o TMI poderia, de fato, intervir na *performance* pelo

desenvolvimento de hipóxia arterial e nível de fadiga da musculatura inspiratória (CHILFet *al.*, 2016).

3.3. Limitações do estudo

As limitações deste estudo incluem a idade dos participantes e o fato deste ser o estudo transversal que observou atletas bem treinados. Ambos podem ter influenciado na *performance* e força dos músculos inspiratórios. Embora nossa amostra tenha sido homogênea, o tamanho amostral pode não ter sido robusto o suficiente para avaliar diferentes condições de capacidade inspiratória, para separar em subgrupos de jogadores profissionais, afim de quantificar os efeitos de diferentes protocolos nas variáveis medidas. Futuras investigações podem avaliar a oxigenação tecidual, utilizando infravermelho combinado com a eletromiografia. Assim poderiam ser explicitados outros mecanismos não observados nas alterações inspiratórias na força muscular pelo TMI.

3.4. Conclusão

Conclui-se que a combinação dos nossos resultados com outros dois achados. Proporcionou aumento da força muscular observada em atletas profissionais de futebol após 2 semanas de TMI.

Em segundo lugar, a melhora na eficiência da musculatura inspiratória contribuiu com a redução do tempo de *Sprint* e aumentou a tolerância ao exercício. Contudo, se faz necessário um melhor entendimento dos tipos e modelos de TMI utilizados, bem como dados replicados para confirmar os resultados do TMI.

REFERÊNCIAS

American Thoracic Society/European Respiratory Society. **Ats/ Ers Statement On Respiratory Muscle Testing**. Am J Respir Crit Care Med 166: 518–624, 2002.

Archiza,B., Andaku,D.K., Caruso,F.C.R.,2018.**Effects Of Inspiratory Muscle Training In Professional Women Football Players:A Randomizedsham-Controlled Trial**.JSports Sci. 36, 771-780.

Acd, Mattiello Sm, Libardi Ca, Phillips Sa, Arena R, Borghi-Silva A.

Effects Of Inspiratory Muscle Training In Professional Women Football Players:

A Randomizedsham- Controlled Trial. J Sports Sci. 2017:1-10. Doi: 10.1080/02640414.2017.1340659.

Aznar-Lain, S., Webster, A.L., Canete, S., Et Al., 2007. **Effects Of Inspiratory Muscle Training On Exercise Capacity And Spontaneous Physical Activity In Elderly Subjects: A Randomized Controlled Pilot Trial**. Int J Sports Med. 28, 1025–1029.

Bangsbo J. **The Physiology Of Soccer: With Special Reference To**

With Soccer Sportswear.Intense Intermittent Exercise. Acta Physiol Scand 1994; 15 Suppl. 619: 1-156

Bangsbo, J.; Mohr, M.; Krstrup, P. **Physical And Metabolic Demands Of Training And Match-Play In The Elite Football Player.** Journal Of Sports Sciences, V. 24, N. 07, P. 665-674, 2006

Beaumont M, Mialon P, Le Ber C, Le Mevel P, Péran L, Meurisse O, Morelot-Panzini C, Dion A, Couturaud F. **Effects Of Inspiratory Muscle Training On Dyspnoea In Severe Copd Patients During Pulmonary Rehabilitation: Controlled Randomised Trial.** Eur Respir J. 2018 Jan 25;51(1). Pii: 1701107. Doi: 10.1183/13993003.01107-2017. Print 2018 Jan.

Brewer J, Davis J. **The Female Player.** In: Ekblom B, Editor. **Football (Soccer).** London: Blackwell Scientific, 1994: 95-9 Butler Je, Hudson Al, Gandevia Sc. **The Neural Control Of Human Inspiratory Muscles.** Prog Brain Res. 2014;209:295-308.

Butler, J.E., Hudson, A.L., Gandevia, S.C., 2014. **The Neural Control Of Human Inspiratory Muscles.** Prog Brain Res. 209, 295-308. Dangelo & Fattini. **Anatomia Humana Sistêmica E Segmentar 3ª Edição.** Editora Atheneu. 2007. P.433-548

Callegaro Cc, Ribeiro Jp, Tan Co, Taylor Ja. **Attenuated Inspiratory Muscle Metaboreflex Inendurance-Trained Individuals.** Respir Physiol Neurobiol. 2011;177(1):24-9.

Carey, A.L., Steinberg, G.R., Macaulay, S.L., Et Al., 2006. **Interleukin-6 Increases Insulin-Stimulated Glucose Disposal In Humans And Glucose Uptake And Fatty Acid Oxidation In Vitro Via Amp-Activated Protein Kinase.** Diabetes. 55, 2688–2697.

Chaillou T. **Skeletal Muscle Fiber Type In Hypoxia: Adaptation To High-Altitude Exposure And Under Conditions Of Pathological Hypoxia.** Frontiers In Physiology. 2018 (9).

Chilif, M., Keochkerian, D., Temfemo, A., Et Al., 2016. **Inspiratory Muscle Performance In Endurance-trained Elderly Males During Incremental Exercise.** *Respir Physiol Neurobiol.* 228, 61-68.

Downey, A.E., Chenoweth, L.M., Townsend, D.K., Et Al., 2007. **Effects Of Inspiratory Muscle Training On Exercise Responses In Normoxia And Hypoxia.** *Respir Physiol Neurobiol.* 156, 137–146.

Drawer S, Fuller Cw. **Evaluating The Level Of Injury In English Professional Football Using A Risk Based Assessment Process.** *Br. J. Sports Med.* 2002;36:446y51.

Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. **Epidemiology Of Muscle Injuries In Professional Football (Soccer).** *Am. J. Sport Med.* 2011;39:1226y32.

Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. **Injury Incidence And Injury Patterns In Professional Football: The Uefa Injury Study.** *Br. J. Sports Med.* 2011;45:553y8.

Fifa. Big Count 2006. **Available From: [Http://Www.Fifa.Com/Worldfootball/Bigcount](http://www.fifa.com/worldfootball/bigcount).**

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* 28(2): 483–491, 2014.

Gharbi Z, Dardouri W, Haj-Sassi R, Castagna C, Chamari K, Souissi N. **Effect Of the Number Of Sprint Repetitions On the Variation Of Blood Lactate Concentration In Repeated Sprint Sessions.** *Biol Sport.* 2014;31(2):151-156.

Guy, J.H., Edwards, A.M., Deakin, G.B., 2014. **Inspiratory Muscle Training Improves Exercise Tolerance In Recreational Soccer Players Without Concomitant Gain In Soccer-Specific Fitness.** J Strength Cond Res. 28, 483–491.

Illi, S.K., Held, U., Frank, I., 2012. **Effect Of Respiratory Muscle Training On Exercise Performance In Healthy Individuals: A Systematic Review And Meta-Analysis.** Sports Med. 42, 707-724.

Jones Ms. **Update: Soccer Injury And Prevention Concussion And Chronic Groin Pain.** V.13;N. 5. 2014

Kharraz, Y., Guerra, J., Mann, C.J., Et Al., 2013. **Macrophage Plasticity And The Role Of Inflammation In Skeletal Muscle Repair.** Mediators Inflamm. 2013, 491-497.

Klusiewicz, A., Borkowski, L., Zdanowicz, R., 2008. **The Inspiratory Muscle Training In Elite Rowers.** J Sports Med Phys Fitness. 48, 279-284.

Lisboa, C.; Muñoz, V.; Beroiza, T.; Leiva, A.; Cruz, E. **Inspiratory Muscle Training In Chronic Airflow Limitation: Comparison Of Two Different Training Loads With A Threshold Device.** Eur Respir J.; V.7, N.7, 1994, P.1266-1274

Maior, As, Leporace, G, Tannure, M, Marocolo, M. **Profile Of Infrared Thermography In Elite Soccer Players.** Motriz 23: E101654, 2017.

Marães V.R. **Frequência Cardíaca E Sua Variabilidade: Análises E Aplicações.** Rev Andal Med Deporte. 2010;3(1):33-42

Mcconnell A. **Treinamento Respiratório Para Um Desempenho Superior.** 2013.Ed. Manole.

Mills, D.E., Johnson, M.A., Mcphilimey, M.J., Et. Al., 2013. **The Effects Of Inspiratory Muscle Training On Plasma Interleukin-6 Concentration During Cycling Exercise And A Volitional Mimic Of The Exercise Hyperpnea.** J Appl Physiol. 115:1163–1172.

Mills, D.E., Johnson, M.A., Mcphilimey, M.J., Et Al., 2014. **Influence Of Oxidative Stress, Diaphragm Fatigue, And Inspiratory Muscle Training On The Plasma Cytokine Response To Maximum Sustainable Voluntary Ventilation.** J Appl Physiol. 116, 970–979.

Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. **Match Performance Of High- Standard Soccer Players With Special Reference To Development Side Between 10m And 20m) With A 25-Second Walk Of Fatigue.** J Sports Sci 2003 Jul; 21 (7): 519-28

Ozmen, T., Gunes, G.Y., Ucar, I., 2017. **Effect Of Respiratory Muscle Training On Pulmonary Function And Aerobic Endurance In Soccer Players.** J Sports Med Phys Fitness. 57, 507-513

Polla B, D'antona G, Bottinelli R, Reggiani C **Respiratory Muscle Fibres: Specialisation And Plasticity** thorax. Thorax. 2004 Sep; 59(9): 808–817.

Rhea, Mr. **Determining The Magnitude Of Treatment Effects In Strength Training Research Through The Use Of The Effect Size.** J Strength Cond Res 18: 918–920, 2004.

Ribeiro Jp, Chiappa Gr, Callegaro Cc. **The Contribution Of Inspiratory Muscles Function To Exercise Limitation In Heart Failure: Pathophysiological Mechanisms.** Rev Bras Fisioter, São Carlos, V. 16, N. 4, P. 261-7, July/Aug. 2012

Sadek Z., Salami A , Joumaa Wh , Awada C. , Ahmaidi S., Ramadan W. **Best Mode Of Inspiratory Muscle Training In Heart Failure Patients: A Systematic Review And Meta-Analysis.** Europ. J. Of Prevent. Cardiology. 2018

Sales, At., Fregonezi, Ga., Ramsook, Ah ., Guenette, Ja., Lima In, Reid Wd. (2016). **Respiratory Muscle Endurance After Training In Athletes And Non-Athletes: A Systematic Review And Meta-Analysis**. *Physical Therapy In Sport*, 17, 76–86. Doi:10.1016/J.Ptsp.2015.08.001

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Et Al., 2005.**Physiological And Metabolic Responses Of Repeated-Sprint Activities Specific To Field Based Team Sports**. *Sports Med*. 35, 1025–1044.

Sporis G, Jukic I, Ostojic Sm, Milanovic D.**Fitness Profiling In Soccer: Physical And Physiologic Characteristics Of Elite Players**. *J. Of Strength And Cond. Research* 2009 23(7)/1947–1953

Spencer, M, Bishop, D, Dawson, B, And Goodman, C. **Physiological And Metabolic Responses Of Repeated-Sprint Activities Specific To Field Based Team Sports**. *Sports Med* 35: 1025–1044, 2005.

Verges S, Lenherr O, Haner Ac, Schulz C, Spengler Cm. **Increased Fatigue Resistance Of Respiratorymuscles During Exercise After Respiratory Muscledurand Training**. *Am J Physiol Regul Integrcomp Physiol*. 2007;292(3):R1246-53.

Wanke T, Formanek D, Lahrmann H, Et Al. **The Effects Of Combined Inspiratory Muscle And Cycle Ergometer Training On Exercise Performance In Patients With Copd**.*Eur Respir J* 1994; 7: 2205–2211.

Wolsk, E., Mygind, H., Grondahl, T.S., Et Al., 2010. **Il-6 Selectively Stimulates Fat Metabolism In Human Skeletal Muscle**.*Am J Physiol Endocrinol Metab*.299, E832–E840.

Apêndice 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TREINAMENTO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE FADIGA E MELHORA DO DESEMPENHO FÍSICO DE ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL

Nome do participante: _____ Este é um projeto de pesquisa realizado pelo laboratório do programa de Pós-graduação stricto sensu em Ciências da Reabilitação, no Centro Universitário Augusto Motta, *campus* Bonsucesso (RJ), sob a responsabilidade do pesquisador Rodrigo Luis Cavalcante Silva.

Objetivos do estudo Investigar os efeitos do treinamento respiratório sobre os *Sprints* repetidos. **Como será feito o estudo** Se você aceitar participar deste estudo, será realizada uma análise de composição corporal, juntamente com avaliação da inspiração máxima e capacidade de realizar *Sprints* repetidos. Estas análises acontecerão antes do período de testes. Os exercícios de treinamento inspiratório ocorrerão antes de casa treino específico de futebol. **Desconfortos e riscos** Os desconfortos envolvidos neste estudo são os de possíveis alterações na pressão arterial, sensação de cansaço e fadiga muscular.

Benefícios esperados Você terá acesso a todos os resultados de melhora do poder de inspiração e melhora nos *Sprints*. **Liberdade de recusar** A participação no estudo é totalmente voluntária e você pode deixar de participar a qualquer momento da coleta.

Confidencialidade Todas as informações obtidas neste estudo são confidenciais, uma vez que seu nome não será associado às análises a serem realizadas. Os dados serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos. **Em caso de dúvidas** O participante poderá acessar o profissional responsável, Rodrigo Luis Cavalcante Silva (CPF: 133.285.327-73) no telefone (21) 99904-3831, sob orientação do Prof.Dr. Alex Souto Maior. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): Praça das Nações, nº 34 - Bonsucesso, Rio de Janeiro – RJ, Tel.: (21) 3882-9797 (ramal 1015), e-mail: comitedeetica@unisua.edu.br.

Responda as perguntas a seguir, circulando a resposta SIM ou NÃO: 1- O senhor (a) leu o termo de consentimento? SIM NÃO 2- Foram respondidas todas as suas perguntas sobre o estudo? SIM NÃO 3- O senhor (a) se sente completamente esclarecido (a) sobre o estudo? SIM NÃO

Se concorda em participar deste estudo, por favor assine o seu nome abaixo:

Assinatura do Participante Assinatura do profissional responsável

Apêndice 2 – Carta de AceiteAceitação Do Artigo

----- Mensagem encaminhada -----

De: JBMT Editorial Team <editorjbmt@gmail.com>

Data: qua, 26 de dez de 2018 às 18:20

Assunto: Accepted YJBMT1361 INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

Para: Alex Souto Maior <alex.bioengenharia@gmail.com>

Dear Alex Souto Maior,

I am pleased to inform you that your paper YJBMT1361 "INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS" has been accepted for publication.

At this point, please complete the following tasks so that we can move forward with the publication process.

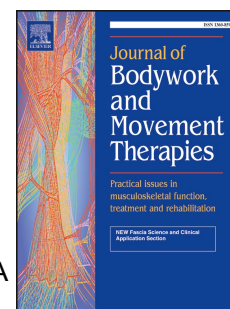
- Please send me a final clean copy, which has no changes since the last revision.
- Please check that English usage is correct.
- If there are figures or tables please reference these in the text. For example (see table 1).
- Also, please mark clearly in the text – between paragraphs and in red - precisely where you wish these to be placed: For example: PLACE FIGURE (OR TABLE) XX HERE.
- On the title page please ensure that all author details are stated - including qualifications (PhD, PT Etc.) as well as affiliations, and the full address of the corresponding author.

Thank you for choosing the Journal of Bodywork and Movement Therapies for submission of your manuscript. Please let us know if you have any questions.

Kind regards,
Jerrilyn Cambron

Apêndice 3 – Artigo Aceito

Accepted Manuscript



INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

Rodrigo Luis Cavalcante Silva, Elliott Hall, Alex Souto Maior

PII: S1360-8592(19)30070-1

DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.01.016>

Reference: YJBMT1766

To appear in: *Journal of Bodywork & Movement Therapies*

Received Date: 28 January 2019

Accepted Date: 28 January 2019

Please cite this article as: Cavalcante Silva, R.L., Hall, E., Maior, A.S., INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS, *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.01.016>.

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please

note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

Rodrigo Luis Cavalcante Silva¹; Elliott Hall²; Alex Souto Maior³

¹ Graduate candidate of the Master's Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Brazil.

² PhD candidate, School of Sport and Exercise Sciences at Liverpool John Moores University.

³ PhD, Professor of the Master's and Doctorate Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Brazil.

Corresponding Author:

Alex SoutoMaior, PhD.

Augusto Motta University Center -
UNISUAM Postgraduate Program in
Rehabilitation Sciences Praça das Nações, 34 -
Bonsucesso

ZIP Code 21041010 - Rio de Janeiro, RJ –
Brasil E-mail: alex.bioengenharia@gmail.com

**INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A
REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS**

Conflicts of interest: We have nothing to declare.

INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

Rodrigo Luis Cavalcante Silva¹; Elliott Hall²; Alex Souto Maior³

¹ Graduate candidate of the Master's Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Brazil.

² PhD candidate, School of Sport and Exercise Sciences at Liverpool John Moores University.

³ PhD, Professor of the Master's and Doctorate Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Brazil.

Corresponding Author:

Alex SoutoMaior, PhD.

Augusto Motta University Center -
UNISUAM Postgraduate Program in
Rehabilitation Sciences Praça das Nações, 34 -
Bonsucesso

ZIP Code 21041010 - Rio de Janeiro, RJ –
Brasil E-mail: alex.bioengenharia@gmail.com

**INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A
REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS**

Conflicts of interest: We have nothing to declare.

ABSTRACT

Background: Inspiratory muscle training (IMT) is an important method of attenuating both respiratory and peripheral effort perceptions, consequently improving neuromuscular performance and resulting in greater improvements in exercise capacity than with exercise training alone.

Objective: The aim of this study was to investigate the effects of IMT on exercise tolerance, repeated sprint ability (RSA) performance, maximal inspiratory pressure (MIP) and peak inspiratory flow (PIF) in a cohort of professional male soccer players.

Methods: Twenty-two healthy male professional soccer players (18.3 ± 1.4 years; 174.5 ± 6.1 cm; 70.5 ± 4.6 kg; body fat 10.1 ± 4.2 %) from a club participating in the Brazilian first division soccer league participated in this study. IMT consisted of 15 and 30 self-paced inspiratory breaths (each to 50% maximal static inspiratory pressure [P_0]) in the 1- and 2-week intervention period, respectively. IMT was performed prior to soccer training (1 sets. $\cdot$ d⁻¹; 6 d.wk⁻¹) with repeated sprint ability (RSA) assessed pre- and post the 2-week period of IMT.

Results: Statistical analyses identified a significant ($p < 0.001$) decrease in sprint time post-IMT. Additionally, RSA_{best} , RSA_{mean} , total sprint time and percentage of RSA performance decrement ($RSA_{\%dec}$) also showed significant decreases ($p < 0.0001$) post-IMT. Additional measures including MIP and PIF were also significantly elevated ($p < 0.0002$) following the 2-week period of IMT.

Conclusion: In conclusion, our results raise two important issues. Firstly, IMT demonstrated enhanced inspiratory muscle strength in professional soccer players. Secondly, this increase in inspiratory muscle efficiency led to a decrease in sprint time and improved exercise tolerance. We recommend that a standard training protocol be developed and tested in an experimental and control group with a large representative sample.

Key-words: Inspiratory muscle training; repeated sprint ability test; soccer players.

INTRODUCTION

Soccer matches are characterized by high-speed running while dribbling, passing, kicking or throwing the ball, with players required to make quick, precise movements, actions requiring multi-directional deceleration and acceleration, in addition to rapid changes of direction, all placing high demands on several physical components (Spencer et al., 2005; Maior et al., 2017). Execution of high-intensity, intermittent endurance and repeated-sprints actions incur high demands upon both aerobic and anaerobic metabolism, therefore professional soccer players must have the capacity to cope with these demands in order to maintain optimal performance (Spencer et al., 2005).

Increased ventilatory demands during exercise stimulate increased neural drive to the respiratory muscles, consequently promoting an increase in mechanical power developed by the inspiratory muscles (Butler et al., 2014). Thus, the development of new methods of training applied to performance could potentially improve neuromuscular responses and respiratory capacity, augmenting overall exercise tolerance. Inspiratory muscle training (IMT) is a method of training which applies additional load to the diaphragm and accessory inspiratory muscles with the aim of enhancing their strength and endurance (Butler et al., 2014; Verges et al., 2007; Callegaro et al., 2011; Guy et al., 2014). Studies report IMT as a useful method to attenuate both respiratory and peripheral effort perceptions, consequently improving neuromuscular performance and resulting in greater improvements in exercise capacity than with exercise training alone (Archiza et al., 2018; Guy et al., 2014). Greater improvements are evident in less fit individuals and in those participating in sports of longer durations (Illi et al., 2012).

Peripheral muscle aerobic adaptations may affect repeated sprint ability (RSA) performance, which is a crucial fitness component for soccer players due to its involvement in many decisive activities during a soccer match, such as sprinting, accelerations, decelerations, and changes of direction (Archiza et al., 2018; Guy et al., 2014). A recent study showed that IMT aided the supply of oxygen and blood to limb muscles during sprint performance in professional female soccer players (Archiza et al., 2018). However, some studies suggest IMT may be beneficial for soccer players to improve their maximal inspiratory pressure but not the ability to tolerate high intensity exercise (Guy et al., 2014; Ozmen et al., 2017). Results from the existing scientific literature are contradictory, and there is a paucity of evidence relating to IMT and RSA for high performance in male soccer players. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of IMT on exercise tolerance, repeated sprint ability (RSA), maximal inspiratory pressure (MIP) and peak inspiratory flow (PIF) in professional male soccer players. It was hypothesized that inspiratory muscle fatigue in the respiratory musculature, exercise tolerance, and sprint time would improve following IMT.

METHODS

Subjects and anthropometric measurements

The study included 22 healthy male professional soccer players (18.3 ± 1.4 years; 174.5 ± 6.1 cm; $70.5 \text{ kg} \pm 4.6$ kg; body fat 10.1 ± 4.2 %) from a club of the Brazilian first division soccer league participating in national competitions organized by the Brazilian

Soccer Confederation (CBF). The players' training frequency was 6.2 ± 0.7 days/week, with training programs consisting of jumps, contesting possession, sprints,

resistance training, accelerations and decelerations. Exclusion criteria included: 1) smoking history during the previous 3 months, 2) presence of any cardiovascular or metabolic disease, 3) systemic hypertension ($\geq 140/90$ mmHg or use of antihypertensive medication), 4) use of anabolic steroids, drugs or medication with the potential to impact physical performance (self-reported), or 5) recent musculoskeletal injury, 6) symptoms of pain in any region of the body. The study was approved by the local institutional Ethics Committee for Human Experiments and was performed in accordance with ethical standards in sport and exercise science research (CAE: 76189817.0.0000.5235). All data collection was carried out at the beginning of training sessions during pre-season.

Body composition was assessed via bioelectrical impedance analysis using a device with built-in electrodes for the hands and feet (InBody 720). Subjects wore their normal indoor clothing and were instructed to stand barefoot in an upright position with both feet on two separate electrodes on the surface of the machine, with arms abducted and hands gripping two electrodes fixed within the surface of two handles. All analyses were performed after an 8-hour fast. All biometric measures were undertaken in an acclimatized room (21°C). No clinical problems occurred during the study.

Repeated sprint ability test (RSA test)

The RSA test comprised 6 bouts of 2×20 -m sprints which included one change of direction (180° turn) followed by 20 seconds of rest between efforts. All sprints were timed, with subjects starting 50 cm before the first photocell beam (Brower Timing System, Salt

Lake City, 174 UT, USA; accuracy of 0.01 s). The photocell beam was fixed at a height of 1 m and for each sprint, subjects were instructed to sprint until they

had crossed the 20 m line, before turning and sprinting back to cross the first photocell beam (Gharbi et al., 2014). Verbal encouragement was provided at all times and no subjects were excluded through injury during the experimental procedure. The following variables were derived from all RSA efforts: RSA_{best}: best RSA performance time; RSA_{mean}: mean RSA performance time; Total time sprint (TTS): the sum of all RSA sprint times; RSA_{%dec}: the percentage of RSA performance decrement; The RSA_{dec} (%) was calculated using the following formula:

$$RSA_{dec}(\%) = \left[\frac{TTS}{RSA_{best} \times \text{number of sprint}} - 1 \right] \times 100$$

Inspiratory muscle assessment and training

Respiratory muscle strength was tested through a single point of maximal pressure development at the mouth using portable handheld devices (POWER Breathe KH1 INSPIRATORY METER; GaiaM). Three trials were performed for each, with the best result recorded for analysis. Inspiratory muscle assessments were used to measure maximal inspiratory pressure (MIP) and peak inspiratory flow (PIF). The testing procedure for MIP assessment in the present study strictly followed the American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS) guidelines for the testing of volitional respiratory muscle strength (American Thoracic Society/European Respiratory Society, 2002). In accordance with these guidelines, nose clips were used at all times, subjects were

seated during each assessment and verbal encouragement was provided for subjects to perform maximal MIP and PIF efforts.

After baseline assessment (pre-training) all subjects were instructed to use the handheld pressure threshold breathing device (POWER breathe International Ltd, Warwickshire, United Kingdom) in the morning before soccer training (1 sets.d⁻¹; 6 d.wk⁻¹). The IMT protocol consisted of 15 and 30 self-paced inspiratory breaths (each to 50% maximal static inspiratory pressure [P_0]) in the 1-and 2-week intervention periods, respectively. Post-training testing occurred 2 weeks after baseline and involved an identical testing battery.

Statistical Analysis

All data are presented as mean $\pm$ SD. Statistical analysis was initially performed using the Shapiro–Wilk normality test and the homocedasticity test (Bartlett criterion). Comparisons between RSA sets pre- and post-training were performed by two-way ANOVA with Bonferroni post-hoc tests. A Student's t-test was used to assess differences within conditions (pre vs. post-IMT) for variables of the RSA test, MIP, and PIF. Additionally, the magnitude of effect sizes (ES; the difference between pretest and posttest scores divided by the pretest SD) was calculated from the scale proposed by Rhea (Rhea, 2004), for RSA_{best}, RSA_{mean}, RSA_{%dec}, TTS, SPEED (m/s) and SPEED (km/h). The level of significance for all statistical comparisons was set at $p < 0.05$ using GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, USA) software.

Results

Two-way ANOVA (Figure 1) demonstrated a significant decrease ($p < 0.001$) in sprint times for all sets when comparing *pre-* to *post-* IMT. Likewise, Table 1 shows significant decreases in sprint times and the percentage decrement in RSA performance

post-training. In addition, sprint speed increased significantly at post-training when compared to pre-training ($P<0.0001$). The ES statistics pre- and post-training present large values for RSA_{best} , RSA_{mean} , TTS, and SPEED (m/s and km/h) with a moderate effect for $RSA_{\%dec}$ (table1).

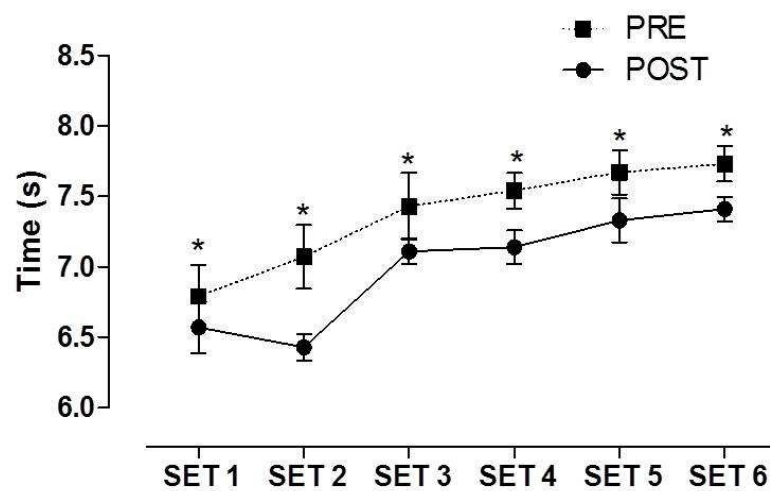


Figure 1. Mean $\pm$ SD values from pre- and post-inspiratory muscle training during six sets of repeated sprints in professional soccer players. IMT= Inspiratory muscle training; * $p<0.001$ – pre vs. post-IMT.

Table 1: Performance and respiratory variables of professional soccer players pre- and post-IMT (n = 22).

	PRE	POST	p<	ES
RSA_{best} (s)	6.7 ± 0.1	6.4 ± 0.1	0.0001	1.37 (large)
RSA_{mean} (s)	7.3 ± 0.1	6.9 ± 0.1	0.0001	8.79 (large)
RSA_{%dec} (%)	9.8 ± 1.4	9.0 ± 0.8	0.04	0.67 (moderate)
TTS (s)	44.2 ± 0.4	41.9 ± 0.5	0.0001	7.92 (large)
SPEED (m/s)	5.9 ± 0.1	6.2 ± 0.1	0.0001	1.46 (large)
SPEED (km/h)	21.4 ± 0.3	22.4 ± 0.4	0.0001	1.49 (large)

IMT= Inspiratory muscle training; **RSA_{best}** = RSA best performance time; **RSA_{mean}** = RSA mean performance time; **RSA_{dec}** = RSA performance decrement; **TTS** = total time sprint; **ES** = effectsize.

Inspiratory muscle data from the pre- and post-training are presented in Figure 2. A significantly improved PIF was evident post-training ($\Delta\%$ = 19.1%; $p=0.0002$; Figure 2A) alongside significantly improved MIP ($\Delta\%$ = 15.4%; Figure 2B) after the 2-week period of IMT.

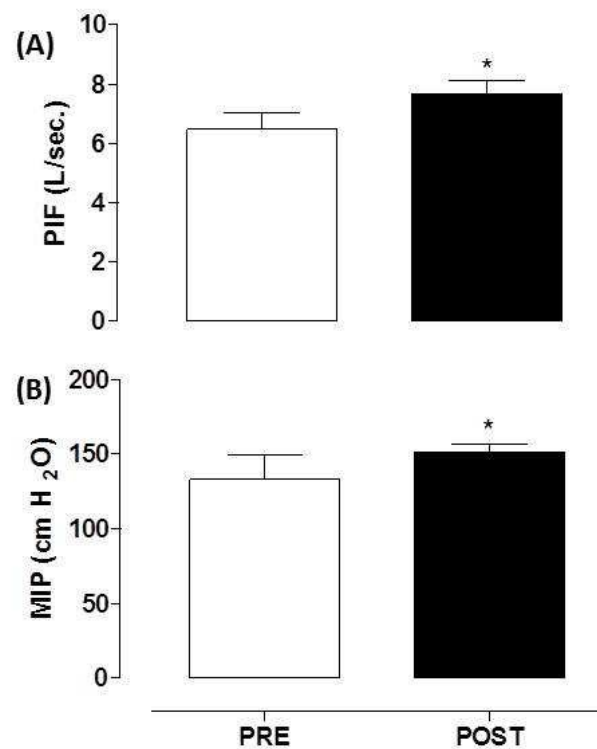


Figure 2. Mean $\pm$ SD values from pre- and after the 2-week period of IMT in professional soccer players. PIF= peak inspiratory flow; MIP= maximal inspiratory pressure; IMT= Inspiratory muscle training; * $p < 0.0002$ – pre vs. post-IMT.

DISCUSSION

IMT has been investigated by multiple studies, with inspiratory muscles benefits demonstrated following periods training (Verges et al., 2007; Callegaro et al., 2011; Guy et al., 2014; Archiza et al., 2018). However, few studies have evaluated the effect of IMT on

improvements in sprint time and exercise tolerance in professional male soccer players. The results of the present study show significantly increased inspiratory muscle strength (represented by MIP and PIF), exercise tolerance, and sprint speed(m/s

and km/h) during post-intervention RSA testing. Furthermore, we observed a decrease in TTS, RSA_{best} , RSA_{mean} , and $RSA_{\%dec}$ post-IMT. According to our results and previous studies (IMT = 6 week, 5 days per week and 30 inhalation repetitions), we suggest that IMT has the capacity to attenuate inspiratory muscle metaboreflex and blood lactate accumulation, and to improve oxygenation and blood supply to peripheral muscles during high-intensity exercise in this population (Archiza et al., 2018). In addition, IMT appears to contribute toward increases in inspiratory muscle strength, improvements in cumulative recovery during repeated sprint performance, and enhancements exercise tolerance (Butler et al., 2014; Verges et al., 2007; Callegaro et al., 2011; Guy et al., 2014). Furthermore, chronic IMT over 4-weeks (30 inspiratory efforts at 50% maximal static inspiratory pressure [P_0] per set, 2 sets. d^{-1} , 6 d.wk $^{-1}$) before a 6-week interval training program, and an acute IM warm-up regimen (2 sets of 30 inspiratory efforts at 40% [P_0]) before each workout, have the potential to augment exercise tolerance to an interval program by approximately 27% (Tong et al., 2010).

MIP is a surrogate measurement for assessing respiratory capacity and inspiratory muscle strength (Butler et al., 2014). Previous studies in younger individuals observed an increase of 14% and 28% in MIP, suggesting neural adaptation, between 1 and 2 weeks post-IMT (Butler et al., 2014; Aznar-Lain et al., 2007). However, it appears that up to 11 weeks of IMT in elite rowers contributes to a 33.9% increase in MIP, but IMT > 11 weeks resulted in a 9.5% decrease in MIP (Klusiewicz et al., 2008). Recreational soccer players practicing IMT twice daily (morning and evening) for 30 self-paced inspiratory breaths across the 6-week intervention period showed a 13.4% increase in MIP post-intervention, associated with improved exercise tolerance and reduced blood lactate, but with no significant change in sprint time (Guy et al., 2014). A recent study observed increases of 22.5% in MIP and improvements in RSA_{best}

performance time after 6 weeks of IMT in elite female soccer players (Archiza et al., 2018). Our results show a 15.4% increase in MIP after 2 weeks of IMT, in combination with decreased total sprint times and increases in sprint speed (m/s and km/h). The combinations of these results suggest IMT may have the capacity to increase the strength of the inspiratory musculature and improve sprint performance in male and female professional soccer players, but not in recreational players. It is also noteworthy that the IMT performed for 2-6 weeks resulted in the most beneficial effects.

The potential mechanisms by which IMT contributes to skeletal muscle performance are multifactorial and complex, potentially resulting from altered muscle perfusion, substrate transfer, and immunological system adaptation. Thus, IMT elicits a hypertrophic response in the inspiratory muscles, which may contribute to increases in MIP, total lung capacity and spare the O₂ and blood-flow requirements of ventilation and offset the metaboreflex, thereby increasing limb O₂ delivery (Bailey et al., 2010; Downey et al., 2007). In addition, the reduction in expired minute ventilation during maximal-intensity exercise after IMT might also reduce the metabolic requirements of the inspiratory muscles, result in reduced VO₂ slow-component amplitude and delay the recruitment of low-efficiency fibers (Bailey et al., 2010). Some studies highlight the importance of IMT to the immunological system through the concomitant increase of plasma interleukin-1 β (IL-1 β) and reduction of plasma interleukin-6 (IL-6) responses to increased respiratory muscle exertion (Mills et al., 2013; Mills et al., 2014). These immunological responses may contribute to glucose uptake in the contracting myocytes, stimulating myogenesis, lipolysis and satellite cell proliferation (Carey et al., 2006; Wolsk et al., 2010; Kharraz et al., 2013). In addition, trunk rotation during changes of direction during the RSA test may contribute greater mechanical effort from parasternal intercostal muscle fibers compared to costal diaphragm fibers (Butler et al., 2014).

However, the suggestion that IMT might in fact limit exercise performance by the development of exercise-induced arterial hypoxemia and from fatiguing levels of respiratory muscle effort should be noted (Chilf et al., 2016).

STUDY LIMITATIONS

Limitations of our investigation include the participants' age range and the fact we studied a cohort of well-trained athletes, both of which could influence both performance and inspiratory muscle strength capacity. Whilst our sample was homogenous, the sample size was not substantial enough to provide different inspiratory muscle conditioning programmes to separate sub-groups of professional soccer players, in order to quantify the effects of different protocols on the variables measured. Future investigations should assess tissue oxygenation using near-infrared spectroscopy, coupled with surface electromyography, to further explain the mechanisms underpinning alterations in inspiratory muscle strength following IMT.

CONCLUSION

In conclusion, the combinations of our results contribute to two key findings. Firstly, enhanced inspiratory muscle strength was observed in professional male soccer players after 2 weeks of IMT. Secondly, the increased efficiency of inspiratory musculature contributed to decreases in sprint time and improvements intolerance to intense exercise. However, there is a need for better understanding of the types and models (i.e., fixed vs. variable) of IMT loads used, as well as replicative data to confirm the outcomes of IMT.

REFERENCE:

American Thoracic Society/European Respiratory Society, 2002.ATS/ ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 166,518–624.

Archiza, B., Andaku, D.K., Caruso, F.C.R., 2018. Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. *J Sports Sci.* 36, 771-780.

Aznar-Lain, S., Webster, A.L., Canete, S., et al., 2007. Effects of inspiratory muscle training on exercise capacity and spontaneous physical activity in elderly subjects: a randomized controlled pilot trial. *Int J Sports Med.* 28, 1025–1029.

Bailey, S.J., Romer, L.M., Kelly, J., et al., 2010. Inspiratory muscle training enhances pulmonary O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. *J Appl Physiol.* 109, 457-468.

Butler, J.E., Hudson, A.L., Gandevia, S.C., 2014. The neural control of human inspiratory muscles. *Prog Brain Res.* 209, 295-308.

Callegaro, C.C., Ribeiro, J.P., Tan, C.O., 2011. Attenuated inspiratory muscle metaboreflex in endurance-trained individuals. *Respir Physiol Neurobiol.* 177, 24-29.

Carey, A.L., Steinberg, G.R., Macaulay, S.L., et al., 2006. Interleukin-6 increases insulin-stimulated glucose disposal in humans and glucose uptake and fatty acid oxidation in vitro via AMP-activated protein kinase. *Diabetes.* 55, 2688–2697.

Chlif, M., Keochkerian, D., Temfemo, A., et al., 2016. Inspiratory muscle performance in endurance-trained elderly males during incremental exercise. *Respir Physiol Neurobiol.* 228, 61-68.

Downey, A.E., Chenoweth, L.M., Townsend, D.K., et al., 2007. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol.* 156, 137–146.

Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj-Sassi, R., 2014. Effect of the number of sprint repetitions on the variation of blood lactate concentration in repeated sprint sessions. *Biol Sport*. 31, 151-156.

Guy, J.H., Edwards, A.M., Deakin, G.B., 2014. Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players without concomitant gain in soccer-specific fitness. *J Strength Cond Res*. 28, 483-491.

Illi, S.K., Held, U., Frank, I., 2012. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 42, 707-724.

Kharraz, Y., Guerra, J., Mann, C.J., et al., 2013. Macrophage plasticity and the role of inflammation in skeletal muscle repair. *Mediators Inflamm*. 2013, 491-497.

Klusiewicz, A., Borkowski, L., Zdanowicz, R., 2008. The inspiratory muscle training in elite rowers. *J Sports Med Phys Fitness*. 48, 279-284.

Maior, A.S., Leporace, G., Tannure, M., et al., 2017. Profile of infrared thermography in elite soccer players. *Motriz*. 23, e101654.

Mills, D.E., Johnson, M.A., McPhillimey, M.J., et al., 2013. The effects of inspiratory muscle training on plasma interleukin-6 concentration during cycling exercise and a volitional mimic of the exercise hyperpnea. *J Appl Physiol*. 115:1163–1172.

Mills, D.E., Johnson, M.A., McPhillimey, M.J., et al., 2014. Influence of oxidative stress, diaphragm fatigue, and inspiratory muscle training on the plasma cytokine response to maximum sustainable voluntary ventilation. *J Appl Physiol*. 116, 970–979.

Ozmen, T., Gunes, G.Y., Ucar, I., 2017. Effect of respiratory muscle training on pulmonary function and aerobic endurance in soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 57, 507-513.

Rhea, M.R., 2004. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res*. 18, 918–920.

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., et al., 2005. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities specific to field based team sports. *Sports Med*. 35, 1025–1044.

Tong, T.K., Fu, F.H., Eston, R., 2010. Chronic and acute inspiratory muscle loading augment the effect of a 6-week interval program on tolerance of high intensity intermittent bouts of running. *J Strength Cond Res*. 24, 3041–3048.

Verges, S., Lenherr, O., Haner, A.C., et al., 2007. Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 292, R1246-1253.

Wolsk, E., Mygind, H., Grondahl, T.S., et al., 2010. IL-6 selectively stimulates fat metabolism in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 299, E832–E840.

INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IMPROVES PERFORMANCE OF A REPEATED SPRINTS ABILITY TEST IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

Rodrigo Luis Cavalcante Silva¹; Elliott Hall²; Alex Souto Maior³

¹ Graduate candidate of the Master's Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Brazil.

² PhD candidate, School of Sport and Exercise Sciences at Liverpool John Moores University.

³ PhD, Professor of the Master's and Doctorate Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Brazil.

Conflict of interest: We have nothing to declare.