

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

Efeitos de um programa de treinamento muscular inspiratório sobre a fadiga, força muscular respiratória e desempenho físico em atletas de handebol

Charlini Simoni Hartz

2015

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CHARLINI SIMONI HARTZ

Efeitos de um programa de treinamento  
muscular inspiratório sobre a fadiga, força  
muscular respiratória e desempenho físico em  
atletas de handebol

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do Título de Mestre em Fisioterapia. Área de concentração: Intervenção fisioterapêutica. Linha de pesquisa: Processos de Intervenções Fisioterapêuticas nos Sistemas Cardiovascular, Respiratório, Muscular e Vias Metabólicas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlene Aparecida Moreno

PIRACICABA

2015

Dedico esta conquista aos meus  
amados pais, Celso e Noeli.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as oportunidades concedidas e pela força e iluminação em todos os momentos.

Aos meus pais Celso e Noeli Hartz, que mesmo distantes, sempre se fazem presentes, me apoiando, me incentivando, e acreditando que todos os sonhos podem ser realizados. A eles agradeço pela construção de tudo que tenho e que sou até aqui, por todos os ensinamentos, lições, conselhos e afeto. Mesmo estando longe durante tantos anos, nunca me deixaram desistir da caminhada na busca de crescimento e aprimoramento pessoal e profissional, mesmo sendo o maior fardo, o deles. Obrigada por acreditarem que tudo isso seria possível! Amo vocês!

Aos meus “manos” Éverton e Cristian Hartz, por todo o companheirismo e amizade durante todos esses anos longe deles. Sempre ansiosos pra minha chegada, felizes com o progresso, e orgulhosos da “mana”.

À minha querida sobrinha Gabrielly Hartz, amor da “dinda”, minha cunhada Lisiane, família linda que meu irmão constituiu, por tanto amor dedicado e pelas demonstrações de afeto e carinho em todos os momentos.

À minha avó Maria Lorni Manthei, pelo exemplo de força, persistência e amor dedicados a família. Por todo cuidado comigo, sempre muito feliz e afetuosa com a minha chegada, extremamente orgulhosa pela minha caminhada. Você é meu exemplo e meu orgulho vó!

À minha avó Orsy Hartz, que pude conviver tão pouco, e que há muitos anos me acompanha e me ilumina lá do céu. Sinto muitas saudades vó!

À minha segunda família, Tio Zé, Stella, Lygia, Lucas e Camila. Que estão comigo em todos os momentos, vivenciando as dificuldades, as felicidades, dando todo o carinho e suporte pra superar os desafios. Sem vocês nada disso seria possível! Obrigada!

A todos os meus demais parentes e amigos que sempre me apoiaram nesta caminhada, através do incentivo, do carinho, e dos abraços. Obrigada!

À querida Josiane Sabino, a quem devo grande parte de minhas conquistas. Não só pela confiança e apoio desde a jornada da graduação até aqui, mas também por todo carinho e apoio dado desde o primeiro dia de chegada em Piracicaba e no Clube Piracicabano de Handebol. Sinto a maior felicidade em poder agradecer aqui por tudo que fizeste por mim e por tantos outros atletas que passaram pelos seus cuidados, sempre focada na formação pessoal e profissional dos seus alunos. Este é o verdadeiro sentido do esporte e da educação. Muito Obrigada!

Ao José Batista e Andressa Delabio, comissão técnica do handebol, pela confiança em meu trabalho, por ter me recebido de braços abertos na Associação Desportiva de Handebol, e por todo apoio durante a execução deste trabalho.

A todos os atletas da Associação Desportiva de Handebol 15 de Piracicaba, que participaram deste estudo e tornaram destes meses não só uma construção de um trabalho científico, mas também a construção de laços de companheirismo e amizade. Obrigada!

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlene Aparecida Moreno, pela confiança, apoio, incentivo, dedicação, aprendizado e carinho. Obrigada por

dividir esse grande sonho comigo e por todos os ensinamentos e inspiração docente que me trouxe. Sem você este sonho não seria possível.

À banca examinadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fúlvia de Barros Manchado Gobatto e Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eli Maria Pazzianotto Forti pelas considerações propostas neste trabalho.

Aos colegas Ana Cláudia Petrini e Márcio Sindorf, pela ajuda nas avaliações.

À minha colega de curso e hoje grande amiga, Rafaela Ferreira, por todos os momentos de felicidade, de companheirismo, durante esta jornada longa e cansativa, mas muito prazerosa. Obrigada pela sinceridade, pela alegria em dividir todos os sonhos, expectativas e conquistas desta etapa!

A todos os professores, colegas e funcionários da UNIMEP. Muito obrigada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PROSUP) pela concessão da bolsa de estudos.

À Secretaria de Esportes, Lazer e Atividades Motoras (SELAM) e ao Secretário de Esporte João Francisco Rodrigues de Godoy, o Johnny, pelo apoio durante esta caminhada.

A todos que de alguma forma contribuíram e me apoiaram para alcançar a conquista deste grande sonho, muito obrigada!

*“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível”*

Max Weber

## RESUMO

O sistema respiratório tem sido apontado como fator limitante do desempenho físico (DF). Esta limitação está relacionada, dentre outros fatores, a fadiga da musculatura respiratória. A fadiga gera a ativação de reflexos fisiológicos que culminam na redução do fluxo sanguíneo aos músculos esqueléticos dos membros efetores do exercício, resultando na queda do desempenho muscular. Pesquisas apontam que o treinamento muscular inspiratório (TMI) é capaz de gerar melhora do DF de atletas. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de um programa de TMI sobre a fadiga, força muscular respiratória e DF aeróbio em atletas de handebol. Foram estudados 19 jogadores de handebol do gênero masculino, alocados de forma aleatória em grupo experimental (GE, n=10) e grupo placebo (GP, n=9), idade  $19\pm 1$  e  $22\pm 5$  anos, respectivamente. Foi realizada a avaliação da fadiga muscular respiratória pela eletromiografia de superfície, da força muscular respiratória (FMR) pela medida das pressões inspiratórias e expiratórias máximas (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>, respectivamente), e avaliação do desempenho físico aeróbio (DFA) pelo teste de exercício cardiopulmonar e, posteriormente os voluntários foram submetidos a um protocolo de TMI, cinco vezes por semana, durante 12 semanas. Os resultados mostraram que o TMI não exerceu influência sobre a fadiga muscular respiratória. Já para a força houve diferença significativa entre os valores pré e pós TMI para a PI<sub>máx</sub> ( $170\pm 34,3$  cmH<sub>2</sub>O;  $262\pm 33$  cmH<sub>2</sub>O) e PE<sub>máx</sub> ( $177\pm 36,2$  cmH<sub>2</sub>O;  $218\pm 37,6$  cmH<sub>2</sub>O) para o GE, e apenas da PI<sub>máx</sub> ( $173,3\pm 44,7$  cmH<sub>2</sub>O;  $213,3\pm 21,2$  cmH<sub>2</sub>O) para o GP, com um tamanho do efeito grande para a PI<sub>máx</sub>, na comparação entre os grupos após o treinamento. Quanto ao DFA, observou-se diferença significativa do consumo de oxigênio máximo pré e pós TMI ( $54\pm 8,9$  ml/kg/min;  $60\pm 7,1$  ml/kg/min) e do consumo de oxigênio no ponto de compensação respiratória ( $46,8\pm 6,7$  ml/kg/min;  $50,3\pm 5,2$  ml/kg/min,) apenas para o GE, com um tamanho de efeito moderado para ambas as variáveis. Conclui-se que o TMI proporcionou aumento significativo da força muscular respiratória e do desempenho físico do GE, sugerindo que o protocolo proposto pode ser uma ferramenta a ser incorporada no treinamento de atletas de handebol, como estratégia para favorecer a melhora do desempenho físico durante a prática esportiva.

**Palavras-chave:** Músculos respiratórios; desempenho atlético; handebol



## **ABSTRACT**

The respiratory system has been implicated as a limiting factor of physical performance (FP). This limitation is related, among other factors, to the fatigue of respiratory muscles. Fatigue causes the activation of physiological impacts, which culminate in reduced blood flow to the skeletal muscles of members effectors in the exercise, resulting in a decrease in the muscle performance. Researches indicate that inspiratory muscle training (IMT) is capable of generating improved FP in athletes. This study aimed to evaluate the effects of IMT on fatigue, respiratory muscle strength, and aerobic physical performance (APP) in handball athletes. We studied 19 handball male players, randomly divided into experimental group (EG, n= 10), and placebo group (PG, n = 9), age  $19 \pm 1$ , and  $22 \pm 5$  years old, respectively. The volunteers have been evaluated in their respiratory muscle fatigue through surface electromyography, in their respiratory muscle strength (RMS) through measuring inspiratory and expiratory maximum pressures, (MIP and MEP), respectively, and in their aerobic physical performance (APP) by the test of cardiopulmonary exercise. They were subsequently subjected to na IMT protocol, five times per week for 12 weeks. The results showed that IMT had no influence on the respiratory muscle fatigue. Whereas for the strength, there was significant difference between pre and post IMT for MIP ( $170 \pm 34.3$  cm H<sub>2</sub>O;  $262 \pm 33$  cmH<sub>2</sub>O) and MEP ( $177 \pm 36.2$  cmH<sub>2</sub>O;  $218 \pm 37.6$  cm H<sub>2</sub>O) for EG, and only the MIP ( $173.3 \pm 44.7$  cmH<sub>2</sub>O;  $213.3 \pm 21.2$  cm H<sub>2</sub>O), to the GP, with a large effect size for MIP, in the comparison between the groups, after training. For the APP, there was a significant difference in the maximum consumption of oxygen, pre and post IMT ( $54 \pm 8.9$  ml / kg / min;  $60 \pm 7.1$  ml / kg / min) and in the oxygen consumption at the respiratory compensation point ( $46.8 \pm 6.7$  ml / kg / min and  $50.3 \pm 5.2$  ml / kg / min), only in the EG, with a moderate effect size for both variables. The research concluded that the IMT provided a significant increase in the respiratory muscle strength and aerobic physical performance in EG, suggesting that the proposed protocol can be a tool to be incorporated into the training of handball athletes, as a strategy to optimize the enhance of physical performance during sports practice.

**Keywords:** Respiratory muscles; athletic performance; handball

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVO .....	16
3. HIPÓTESE .....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
4.1 Desenho do estudo e aspectos éticos .....	18
4.2 Casuística .....	18
4.3 Procedimentos experimentais .....	21
4.3.1 Avaliação da fadiga muscular inspiratória .....	21
4.3.2 Avaliação força muscular respiratória.....	26
4.3.3 Avaliação do desempenho físico aeróbio.....	28
4.3.4 Treinamento muscular Inspiratório .....	29
4.4 Análise Estatística .....	31
5. RESULTADOS.....	33
6. DISCUSSÃO .....	37
7. CONCLUSÃO .....	43
8. REFERÊNCIAS .....	44
ANEXO 1 .....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b>%</b>	Porcentagem
<b>±</b>	Mais ou menos
<b>DF</b>	Desempenho físico
<b>DFA</b>	Desempenho físico aeróbio
<b>GE</b>	Grupo Experimental
<b>GP</b>	Grupo Placebo
<b>ATS</b>	American Thoracic Society
<b>cmH<sub>2</sub>O</b>	Centímetros de água
<b>FACIS</b>	Faculdade de Ciências da Saúde
<b>FC</b>	Frequência cardíaca
<b>FMR</b>	Força muscular Respiratória
<b>FMI</b>	Força muscular inspiratória
<b>IMC</b>	Índice de massa corporal
<b>kg</b>	Quilograma
<b>ml/kg/min</b>	Mililitro por quilograma por minuto
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mmHg</b>	Milímetros de mercúrio
<b>MMSS</b>	Membros superiores
<b>MR</b>	Músculos respiratórios
<b>N</b>	Número de participantes
<b>P</b>	Índice de significância estatística
<b>PA</b>	Pressão arterial

<b>PE<sub>máx</sub></b>	Pressão expiratória máxima
<b>PI<sub>máx</sub></b>	Pressão inspiratória máxima
<b>TMI</b>	Treinamento muscular inspiratório
<b>UNIMEP</b>	Universidade Metodista de Piracicaba
<b>VO<sub>2</sub>máx</b>	Consumo máximo de oxigênio
<b>LV</b>	Limiar ventilatório
<b>PCR</b>	Ponto de compensação respiratória
<b>Hz</b>	Hertz
<b>V</b>	Voltz
<b>AH</b>	Ampére
<b>EMG</b>	Eletromiografia de superfície
<b>CIVM</b>	Contração isométrica voluntária máxima
<b>TS</b>	Trapézio Superior
<b>ECM</b>	Esternocleidomastóideo
<b>PM</b>	Peitoral maior
<b>Seg</b>	Segundo
<b>Cm</b>	Centímetro

## 1. INTRODUÇÃO

A principal função do sistema respiratório frente ao aumento da intensidade do exercício físico é manter a ventilação alveolar proporcional às necessidades metabólicas, e manter o equilíbrio das trocas gasosas. O elevado nível de trabalho muscular respiratório, necessário durante exercícios intensos, pode ser uma das causas de fadiga muscular respiratória induzida pelo exercício, e pode ter implicações diretamente relacionadas ao desempenho do atleta (Romer & Polkey, 2008).

A fadiga muscular pode ser definida como uma perda da capacidade do desenvolvimento de força e de velocidade contrátil de um músculo, resultante da atividade muscular em sobrecarga (American Thoracic Society, 2002). A eletromiografia de superfície (EMG) tem sido utilizada com destaque para avaliação do índice de fadiga muscular em condições musculoesqueléticas, por meio da análise da densidade espectral de potência (DEP) do sinal EMG. Dessa forma, para analisar o sinal EMG em seus componentes de frequência, é necessário o cálculo da frequência média e/ou mediana da DEP, apesar dos valores de frequência mediana serem mais utilizados por serem menos sensíveis a ruídos e/ou interferências (De Luca, 1997). Como respostas funcionais relacionadas a fadiga muscular inspiratória, observa-se mudanças no esforço e no padrão respiratório, alterações no fluxo sanguíneo e tolerância ao exercício dos membros em atividade, que podem refletir em diminuição do desempenho físico do indivíduo (Janssens et al., 2013).

Segundo Wells & Norris (2009), o desempenho da musculatura respiratória encontra-se diminuído em exercícios de alta intensidade (> 85%  $\text{VO}_2\text{max}$ ), especialmente nos exercícios de alta resistência, onde estão

presentes alguns fatores limitantes, como o aumento do trabalho respiratório, a hipoxemia arterial induzida pelo exercício, a fadiga da musculatura respiratória, e a dispneia. Esses fatores limitantes, estão associados a necessidade de recrutamento da musculatura acessória, na busca de auxiliar a atuação do musculo diafragma, já que sua contribuição torna-se diminuída ao longo do incremento do exercício (Polla et al., 2004). Esse maior recrutamento da musculatura acessória, necessário durante o incremento do exercício, continua a reduzir a eficiência da mecânica respiratória, aumentando as exigências metabólicas e fluxo de sangue desses músculos (Dodds et al., 1989), levando a ativação sensorial do sistema nervoso central, desencadeando assim, a ativação do mecanismo metaboreflexo (Mcconnell & Romer, 2004).

O mecanismo metaboreflexo diminui a oferta de sangue e oxigênio a musculatura diafragmática em decorrência do aumento da pressão abdominal durante a inspiração forçada, comprimindo as artérias que são responsáveis pela perfusão sanguínea diafragmática, além da ativação das fibras aferentes mecanossensitivas do tipo III e quimiossensitivas do tipo IV, responsáveis pela liberação de mediadores simpáticos que promovem vasoconstrição e consequente diminuição do fluxo sanguíneo a musculatura periférica em atividade (StCroix et al., 2000). Como subproduto desse mecanismo, ocorre liberação principalmente do ácido láctico, que está intimamente ligado a diminuição da capacidade dos músculos para gerar força, induzindo a diminuição no desempenho, dispneia e fadiga desta musculatura (Bender & Martin, 1985; Mador et al., 1993; Johson et al., 1993). Considerando a relação entre diminuição do desempenho físico associada a fadiga muscular respiratória (Polla et al., 2004, Romer & Polkey, 2008; Janssens et al., 2013),

estudos tem investigado o efeito benéfico do uso do treinamento muscular inspiratório (TMI) em diferentes populações, entre elas, em atletas de diferentes modalidades (Volanitis et al., 2001; Griffiths & McConnell, 2007; Johnson et al., 2007; Wylegala et al., 2007; Witt et al., 2007; Tong et al., 2008; Kilding et al., 2010; Bailey et al., 2010).

A utilização do TMI tem sido empregada como uma estratégia para minimizar a fadiga respiratória, atuando sobre a melhora do desempenho da musculatura respiratória, melhora do desconforto respiratório, e da percepção do esforço durante o exercício físico, sendo interesse de recentes estudos o entendimento do seu potencial ergogênico em atletas, entretanto, os resultados encontrados são conflitantes, visto que muitas pesquisas possuem limitações relacionadas ao controle de cargas de treinamento, a distribuição de subgrupos para comparação após treinamento, a utilização de ferramentas inadequadas de avaliação, o que pode comprometer os resultados apresentados (Hajghanbari et al., 2013).

Mesmo o TMI sendo aplicado em diferentes modalidades, não foram encontrados nas fontes pesquisadas, estudos relacionados ao handebol, que é uma modalidade que demanda alto gasto energético, muita agilidade, e necessita trabalhar capacidades físicas variadas como velocidade, força, resistência aeróbia, resistência anaeróbia, controle emocional, inteligência, entre outros (Tenroller, 2005).

O handebol possui como características de movimentação, a frequente realização de *sprints*, por exemplo, durante os contra-ataques e recuperações defensivas, arremessos e penetrações ofensivas, todos, movimentos de alta intensidade, e de curta duração, caracterizando esforços intermitentes, sempre

realizados por um período prolongado de grande necessidade das capacidades aeróbias, já que as partidas na categoria adulta tem duração em torno de sessenta minutos (Povoas et al., 2014). Assim, o treinamento desses atletas deve objetivar menor efeito de fadiga, para manutenção de um desempenho de maior intensidade por um maior tempo durante a partida (Eleno et al., 2002).

Certamente em modalidades que apresentam características de alta intensidade, o trabalho da musculatura respiratória é muito elevado, entretanto, recentes investigações apontam que em modalidades de alta intensidade que realizam muita atividade nos membros superiores, como atletas remadores e nadadores, a sobrecarga sobre a musculatura respiratória é ainda mais elevada. A dupla exigência sobre a musculatura inspiratória durante a execução da prática esportiva nessas modalidades, esta relacionada a alta exigência da musculatura acessória em manter a grande demanda ventilatória, bem como, à necessidade de participação de alguns músculos acessórios inspiratórios na realização do gesto esportivo específico, culminando em maior fadiga dessa musculatura, queda no desempenho muscular e físico (Steinacker, Both & Whipp, 1993; Volianitis, 2001; Stirn, Kapus & Strojnik, 2011; Ikuta, et al., 2012 ; Lomax, Tasker & Bostanci, 2014). A utilização do TMI, objetivando aumento de força e resistência da musculatura respiratória pode ser um método a ser empregado em modalidades esportivas com tais características, buscando melhor desempenho esportivo (Volianitis, 2001).



## **2. OBJETIVO**

Avaliar os efeitos de um programa de treinamento muscular inspiratório sobre a fadiga, força muscular respiratória e o desempenho físico aeróbio em atletas de handebol.

### **3. HIPÓTESE**

O programa de 12 semanas de TMI pode diminuir a fadiga muscular, e aumentar a força muscular respiratória, promovendo assim, a melhora no desempenho físico aeróbio de atletas de handebol.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Desenho do estudo e aspectos éticos**

Estudo intervencional, prospectivo, randomizado e unicego, com cegamento dos voluntários, e que seguiu as recomendações para pesquisa experimental com seres humanos (Resolução 196/96 do CNS), sendo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – (UNIMEP) pelo parecer 62/13 (Anexo 1). Foram estudados voluntários que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### **Casuística**

O cálculo amostral foi realizado por meio do aplicativo GraphPad StateMate 2.0, com significância de 5% e um poder de teste de 80%. Foi baseado nos desvios-padrão da Plmáx de um estudo piloto dos pesquisadores, que realizaram a avaliação de 10 jogadores, sendo sugerido o número de 12 voluntários por grupo.

Foram triados 24 atletas, da modalidade de handebol, participantes da equipe da Associação Desportiva de Handebol (ADH) de Piracicaba/SP, que atenderam os seguintes critérios:

- Gênero masculino
- Nível competitivo há, no mínimo, doze meses.
- Ter idade entre 16 a 30 anos
- Disponibilidade para participar dos treinamentos com assiduidade
- Ausência de doenças respiratórias e/ou cardiovasculares
- Ausência de tabagismo

- Ausência de uso de medicamentos ou suplementos que interferissem no protocolo experimental.
- Ausência de qualquer tipo de lesão osteomioarticular na região de ombro e pescoço

Após a triagem, os voluntários foram divididos aleatoriamente por tabela numérica, pelo aplicativo GraphPad StateMate 2.0, sendo distribuídos em dois grupos de 12 participantes, sendo um o grupo placebo (GP) e o outro denominado grupo experimental (GE), o qual realizou o protocolo recomendado para o TMI. Todos os atletas eram vinculados a equipe da Associação desportiva de handebol 15 de Piracicaba/SP, e realizavam o treinamento específico, técnico e tático da modalidade, com a mesma periodização, e não realizavam nenhum tipo ou modalidade de treinamento, ou prática esportiva diferenciada do planejamento da equipe. Quanto o TMI, os atletas não tinham conhecimento sobre a efetividade dos protocolos utilizados. No decorrer do estudo, houve perda amostral de cinco voluntários, tendo o mesmo sido concluído com 10 atletas no GE e nove no GP, conforme apresentado no fluxograma de participação dos voluntários do estudo (Figura 1).



**Figura 1:** Fluxograma de participação dos voluntários no estudo.

### Local da pesquisa

As Avaliações foram realizadas no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia Cardiorrespiratória, Laboratório de Recursos Terapêuticos, e Laboratório de *Performance* Humana do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, e Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Campus Taquaral/ UNIMEP.

O protocolo de TMI foi aplicado no centro de treinamento dos atletas, no Ginásio Municipal de Esportes “Waldemar Blatkauskas”, em Piracicaba, São Paulo.

## **Procedimento experimental**

Todos os voluntários foram submetidos a duas avaliações, sendo a primeira no pré-treinamento e a segunda, após o término do programa de TMI.

Todo o protocolo de avaliações foi realizado em sala climatizada artificialmente, de forma que a temperatura e umidade relativa variassem entre 22 a 24 °C e 40 a 60%, respectivamente. As medidas de umidade relativa do ar e temperatura foram obtidas por meio de um termo-higrômetro (INSTRUTHERM<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil). O controle da temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado por um aparelho de ar condicionado e um umidificador e purificador de ambiente.

## **Avaliação dos sinais vitais**

Os voluntários foram familiarizados com o ambiente do laboratório, com os pesquisadores e com o protocolo experimental à que foram submetidos. Foi recomendado que não realizassem atividades físicas extenuantes no dia prévio ao exame.

Antes do início das medidas, os voluntários permaneceram em repouso durante aproximadamente dez minutos na posição sentada para estabilização dos sinais vitais, então, foram registradas a pressão arterial (PA) e a FC, sendo verificado se as mesmas se encontraram satisfatórias para o início do experimento.

## **Avaliação da fadiga muscular respiratória por meio da frequência mediana (Hz)**

Para realização do exame eletromiográfico de superfície foi utilizado um módulo de aquisição de 8 canais EMG 830C (EMG System do

Brasil Ltda<sup>®</sup>), conversor analógico/digital (EMG System do Brasil Ltda<sup>®</sup>) com resolução de 16 bits, com frequência de aquisição de 2000 Hz. O sistema de aquisição de sinais foi conectado a um notebook via USB e a uma bateria com capacidade de  $\pm 12$  volts (V) e 2,2 ampère hora (AH).

Os sinais eletromiográficos coletados foram amostrados de forma sincrônica e armazenados para posterior visualização e processamento. Para a aquisição e armazenamento em arquivos de dados dos sinais digitalizados, foi utilizado o software EMG System do Brasil para *Windows*.

Os sinais foram processados *off-line* no software *Matlab*<sup>®</sup> R2014a, no qual foi aplicado um filtro digital do tipo *Butterworth* de 4<sup>a</sup> ordem, de dois polos com passa alta de 20 Hz e passa baixa de 500 Hz. A análise foi realizada no domínio da frequência para obtenção dos valores espectrais de potência EMG (frequência mediana – Hz) por meio do algoritmo de transformada rápida de Fourier (FFT). Cabe ressaltar que foi eliminado o 1<sup>o</sup> e último segundo de cada sinal coletado, para evitar quaisquer interferências ou ruídos que pudessem ocorrer nessas fases.

Para captação do potencial de ação dos músculos trapézio superior (TS), peitoral maior (PM) porção clavicular, e esternocleidomastóideo (ECM), bilateralmente, foram utilizados eletrodos simples diferenciais, constituídos de duas barras de prata pura de 10 mm de comprimento por 1 mm de largura cada, posicionadas paralelamente com distância intereletrodo de 10 mm. O encapsulamento do eletrodo tinha a forma retangular (35x20x10 mm). O eletrodo apresentava sob a cápsula um circuito pré-amplificador com ganho de 20 vezes ( $\pm 1\%$ ). O eletrodo de referência, constituído de metal com formato circular e gel condutivo/adesivo para fixação foi colocado sobre o manúbrio

esternal dos voluntários com o objetivo de eliminar eventuais interferências externas.

Os eletrodos simples diferenciais foram posicionados nos ventres dos músculos supracitados, paralelos às fibras musculares dos mesmos e com as barras de prata perpendiculares às mesmas, sendo fixados, por meio adesivo, à pele previamente limpa com algodão embebido em solução de álcool 70%, friccionada com lixa e tricotomizada, quando necessário.

Seguindo as recomendações de Cram, Kassman e Holtz (1998), para o músculo ECM direito (D) e esquerdo (E), os eletrodos foram colocados a 2 cm de distância do processo mastóideo, ligeiramente posterior ao centro do ventre, paralelamente às fibras musculares. Para o músculo TS D e E, os eletrodos foram colocados no ponto médio da margem superior, a uma distância de aproximadamente oito centímetros da sétima vértebra cervical, em direção ao acrômio. Para o músculo PM D e E, os eletrodos foram colocados 2 centímetros abaixo da clavícula, medial à prega axilar, em um ângulo oblíquo em relação à clavícula (Figuras 2 e 3).



Figura 2: Colocação dos eletrodos na vista lateral





Figura 3: Colocação dos eletrodos na vista frontal

Para coleta eletromiográfica, os voluntários permaneceram sentados em uma cadeira. A coleta do sinal deu-se na condição de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) com duração de 30 segundos de contração. O procedimento de coleta foi repetido por 3 vezes com intervalo de recuperação de 2 minutos. Para análise da fadiga através da frequência mediana foram realizados dois janelamentos com duração de 2 segundos, sendo o primeiro de (2<sup>o</sup> - 3<sup>o</sup> seg), e o último do (28<sup>o</sup> - 29<sup>o</sup> seg). A diferença extraída entre o valor da frequência mediana da primeira janela e da última janela foi utilizada para análise, ressaltando que, utilizamos o valor médio da diferença entre os dois janelamentos das três repetições realizadas.

Para a CIVM do músculo TS, foi realizada a elevação dos ombros (Kendall e Mc Creary,1990) contra um suporte fixo a cadeira superiormente (Figura 4). Para o músculo PM foi realizada a flexão em 90 graus (Kendall e Mc Creary, 1990) contra resistência manual do avaliador (Figura 5), e para o músculo ECM foi realizada a flexão cervical em posição neutra (Kendall e Mc

Creary, 1990) com um suporte fixado na região anterior da cabeça do voluntário (Figura 6).



Figura 4: Posicionamento para a contração isométrica voluntária máxima do músculo Trapézio superior.



Figura 5: Posicionamento para a contração isométrica voluntária máxima do músculo Peitoral maior.



Figura 6: Posicionamento para a contração isométrica voluntária máxima do músculo Esternocleidomastoideo.

### **Medida das pressões respiratórias máximas: pressão inspiratória máxima (P<sub>I</sub>máx) e pressão expiratória máxima (P<sub>E</sub>máx)**

Estas medidas tiveram como objetivo avaliar a força muscular respiratória. Para isso foi utilizado um manovacuômetro analógico (Ger-ar<sup>®</sup>, São Paulo, Brasil), adaptado para pressões inspiratórias e expiratórias máximas.

Foi conectado ao equipamento um dispositivo de plástico rígido com um orifício de 2mm de diâmetro interno, com a finalidade de propiciar pequeno vazamento de ar e prevenir a elevação da pressão da cavidade oral gerada pela contração da musculatura facial, com fechamento da glote (Black & Hyatt, 1969).

Todas as medidas foram coletadas pelo mesmo pesquisador e realizadas sob comando verbal homogêneo, com o voluntário sentado, tendo

encosto e assento fixos, proporcionando um ângulo de flexão de quadril de 90°, a cabeça foi mantida em posição neutra e um clipe nasal foi usado para evitar vazamento de ar pelas narinas (Figura 7). A P<sub>lmáx</sub> foi medida durante esforço inspiratório iniciado a partir do volume residual, enquanto que a P<sub>Emáx</sub> foi medida a partir da capacidade pulmonar total. Cada voluntário executou no mínimo cinco esforços de inspiração e expiração máximas, tecnicamente satisfatórios, ou seja, sem vazamento de ar perioral, sustentados por pelo menos um segundo, e com valores próximos entre si ( $\leq 10\%$ ), sendo considerada para o estudo, a medida de maior valor (Neder et al., 1999).



**Figura 7:** Ilustração da medida das pressões respiratórias máximas.

## Teste de exercício cardiopulmonar (TECP)

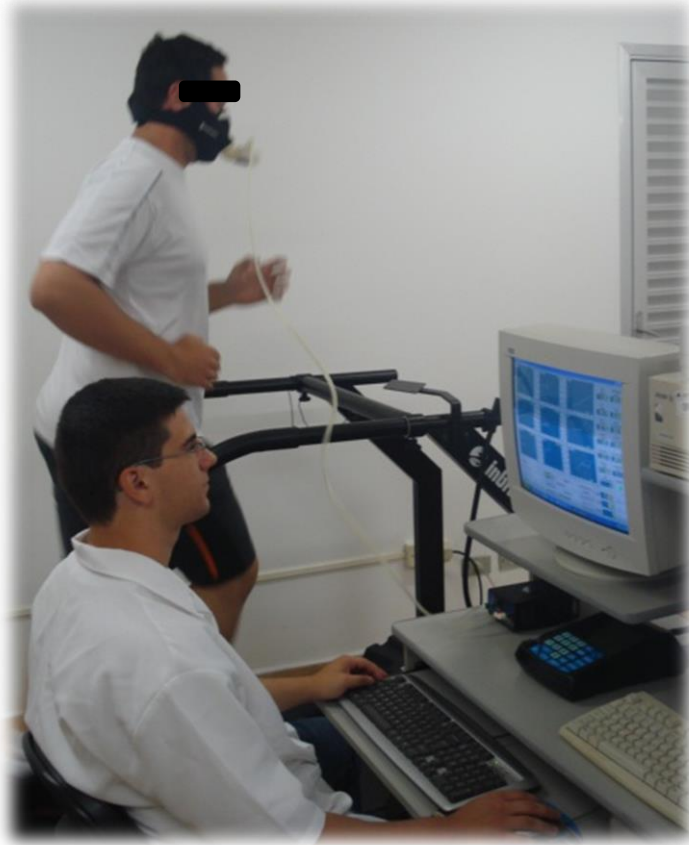
Os voluntários realizaram o teste de esforço máximo em esteira ergométrica (Inbrasport ATL<sup>®</sup>, Porto Alegre, Brasil) com medida dos gases expirados. Os testes foram realizados em laboratório climatizado (22 a 24°C). As variáveis cardiorrespiratórias foram mensuradas diretamente por meio de analisador de gases metabólicos (VO2000 – Medical Graphics<sup>®</sup>, St. Paul, MN, USA).

Todos foram orientados a manter seus hábitos alimentares, evitar exercícios físicos vigorosos nas 24 horas que antecederam o teste, e realizar jejum (água *ad libitum*) de duas horas antes do teste.

O teste de esforço máximo foi realizado conforme protocolo proposto por Lourenço et al. (2011) para determinação do limiar ventilatório (LV), ponto de compensação respiratória (PCR) e consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max).

O protocolo consistiu em três minutos a velocidade constante de 9 km/h, após a velocidade foi incrementada em 0,3 km/h a cada 25 segundos sob inclinação fixa a 1% até exaustão voluntária. Depois de atingida a exaustão, os sujeitos realizaram a fase de recuperação, caracterizada por decréscimos relativos à velocidade máxima atingida (60%, 55%, 50%, 45%, 40%), a cada minuto para evitar possíveis desconfortos (Figura 8). Antes de cada teste, foi realizada a calibração automática do analisador de gases metabólicos.

O último estágio completado foi utilizado para determinação do VO<sub>2</sub>max, independente da presença ou não do platô do VO<sub>2</sub> (Lourenço et al., 2011). Para determinação do LV e PCR foi utilizado o método *V-slop*, o qual caracteriza o LV pela perda da linearidade da relação VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub> e o PCR pela perda da linearidade da relação VE/VCO<sub>2</sub> (Lourenço et al., 2011).



**Figura 8:** Ilustração de um voluntário realizando o teste de exercício cardiopulmonar.

### **Treinamento muscular inspiratório**

Todos os atletas foram orientados a manter a sua rotina normal de treinamentos de acordo com o proposto pela periodização da equipe, assim como manter a dieta normal, sem a utilização de suplementos alimentares ou medicamentos que alterassem o desempenho físico durante a pesquisa.

O programa de treinamento muscular inspiratório foi realizado com um exercitador muscular inspiratório (*POWERbreathe* - modelo *Plus Heavy Resistance Sports*), seguindo o seguinte protocolo:

- Grupo experimental (GE):

- 1<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup> semanas: intensidade de 50% da  $PI_{m\acute{a}x}$

- 5ª a 8ª semanas: intensidade de 60% da P<sub>Imáx</sub>
- 9ª a 12ª semanas: intensidade de 70% da P<sub>Imáx</sub>
- Grupo placebo (GP):
  - 1ª a 12ª semanas: intensidade de 15% da P<sub>Imáx</sub>

Ambos os grupos realizaram duas séries de trinta inspirações máximas e encorajadas com manutenção do padrão muscular inspiratório diafragmático, na posição em pé, antes do início do treinamento específico da modalidade (Figura 9). Cada série foi dividida pelo intervalo mínimo de 5 minutos, e o protocolo proposto foi realizado cinco dias por semana, durante 12 semanas (HajGhanbari et al., 2013).

Para manter a carga inspiratória proposta, evitando o efeito de adaptação ao treinamento, a cada semana foram reavaliadas as pressões inspiratórias máximas pela manovacuômetria, com o mesmo protocolo descrito anteriormente, e realizado o reajuste da carga de treinamento.



**Figura 9:** Ilustração de um voluntário realizando o treinamento muscular inspiratório.

## **Treinamento específico da modalidade**

Todos os atletas realizavam o mesmo volume de treinamento específico da modalidade durante as 12 semanas de treinamento. O treinamento específico consistiu em cinco treinos semanais divididos em dois treinos com ênfase em treinos físicos e três treinos de quadra com ênfase em atividades técnicas e táticas, com duração de 2 horas cada, sempre realizados no período da noite. A frequência de treinamento foi baseada no cronograma de competição e seguiu o tradicional modelo anual, que é dividido em três períodos: preparatório, competitivo e de transição. As avaliações foram realizadas após o término do período competitivo. Durante o período de preparação os exercícios físicos realizados pelos atletas foram globalizadas, de alto volume e intensidade, priorizando os treinamentos físicos das capacidades de força, velocidade e potência. Durante o período de competição, onde os atletas realizaram um total de 20 jogos, sendo em média 2 jogos semanais, em função do alto número de jogos, o volume de treinamento físico foi reduzido e a ênfase maior foi dada aos treinamentos de exercícios específicos táticos e técnicos para o aprimoramento dos fundamentos do jogo e das movimentações ofensivas e defensivas. O período de transição foi focado na recuperação e reabilitação dos atletas. Todos foram monitorados durante todo o período de execução da pesquisa, em relação a assiduidade no TMI, condição de saúde e participação nos treinamentos e competições.

## **Análise estatística**

Após a análise da distribuição dos dados realizada pelo teste de Shapiro-Wilk, foi aceita a hipótese de normalidade para todas as variáveis.



Testes paramétricos foram utilizados para determinação da significância dos dados. Para a comparação intra grupo foi utilizado o Teste t de Student para amostras pareadas, e para a comparação inter grupos, o Teste t de Student para amostras não pareadas.

Todos os resultados estão descritos em médias e seus respectivos desvios-padrões. Para todas as análises, adotou-se significância de 5%. Os procedimentos estatísticos foram realizados pelo aplicativo GraphPad InStat versão 3.05.

Com a finalidade de se quantificar a magnitude do efeito do treinamento entre o GP e o GE, foi calculado o “Effect size”. Para esta análise foi utilizado o aplicativo “Effect Size Generator”, versão 2.3 (Swinburne University of Technology, Center for Neuropsychology, Melbourne, Australia). Sendo os resultados interpretados de acordo com os propostos por Rhea (2004) para sujeitos treinados. Sendo considerado sem efeito quando o resultado dos cálculos foi inferior a 0,35, pequeno quando o resultado foi de 0,35 a 0,80, moderado de 0,80 a 1,50, e tamanho do efeito grande, quando o resultado foi superior a 1,5.

## 5. RESULTADOS

As características da amostra referentes a idade, massa corporal, estatura e tempo de prática esportiva estão apresentadas na Tabela 1. Não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos.

**Tabela 1:** Características dos grupos no início do protocolo experimental.

Variáveis	Placebo (n=9)	Experimental (n=10)	p valor
Idade (anos)	22 ± 1	19 ± 4	0,15
Massa corporal (kg)	83,1± 12,5	79,4± 13,6	0,42
Estatura (m)	1,8±0,0	1,7±0,0	0,34
Tempo de prática esportiva (meses)	91,3 ±36	73 ± 38	0,23

Os resultados obtidos pelo teste de eletromiografia de superfície estão apresentados na Tabela 2. Não foram observadas diferenças significativas na comparação dos valores das médias gerais da frequência mediana (Hz) pré e pós treinamento, nem nos valores de comparação entre o GP e GE. Em relação ao tamanho do efeito de diminuição da diferença entre a primeira e a última janela da frequência mediana, após o treinamento entre o GP e GE, observa-se que para o músculo TS do lado D, e ECM do lado E, o efeito foi pequeno.

**Tabela 2:** Comparação das médias gerais da frequência mediana (Hz) obtida pelo teste de eletromiografia de superfície pré e pós treinamento, dos grupos placebo (GP) e grupo experimental (GE). Análise do tamanho do efeito do treinamento entre os grupos.

MÚSCULOS	GP				GE				Tamanho Efeito GE vs. GP	
	PRÉ (TMI)		PÓS (TMI)		PRÉ (TMI)		PÓS (TMI)		D	E
	D	E	D	E	D	E	D	E		
ECM (Hz)	38,3 ±19,4	44,6 ±21,5	37,2 ±15,4	41,7 ±21,8	29,5 ±10,4	38,8 ±12,5	36,7 ±15,7	34,2 ±16,1	0	0,36
PM (Hz)	19,0 ±10,6	17,1 ±7,9	12,8 ±5,5	15,1 ±7,8	19,1 ±13,5	14,7 ±13,5	14,2 ±10,5	11,3 ±10,7	0,11	0,32
TS (Hz)	15,0 ±13,2	16,7 ±13,2	15,8 ±6,3	19,7 ±10,2	12,4 ±7,1	13,1 ±7,6	12,2 ±5,9	20,5 ±18,5	0,39	0

ECM= Esternocleidomastóideo; PM=Peitoral maior (porção clavicular); TS=trapézio superior; D=lado direito; E=Lado esquerdo.

Os resultados referentes a força muscular respiratória, estão apresentados na Tabela 3. Após o protocolo de TMI, os valores da P<sub>l</sub>máx e PEmax foram significativamente maiores no GE, com incremento de 54,11% e 23,16%, respectivamente, e para o GP, apenas a P<sub>l</sub>máx teve aumento significativo, com 23,08% de incremento. Em relação ao tamanho do efeito do treinamento entre o GP e GE, observa-se que para a P<sub>l</sub>máx o efeito foi grande.

**Tabela 3:** Comparação das pressões respiratórias máximas entre o período pré e pós treinamento muscular inspiratório (TMI), dos grupos placebo (GP) e grupo experimental (GE). Análise do tamanho do efeito do treinamento entre os grupos.

Pressões (cmH <sub>2</sub> O)	GP			GE			Tamanho do efeito GE vs. GP
	Pré TMI	Pós TMI	%	Pré TMI	Pós TMI	%	
P <sub>Imáx</sub>	173,3 <sub>±</sub> 44,7	213,3 <sub>±</sub> 21,2* #	23,0	170 <sub>±</sub> 34,3	262 <sub>±</sub> 33* #	54,1	1,73
P <sub>E máx</sub>	188,9 <sub>±</sub> 58,2	206,7 <sub>±</sub> 54,5	9,42	177 <sub>±</sub> 36,2	218 <sub>±</sub> 37* #	23,1	0,23

P<sub>Imáx</sub>= pressão inspiratória máxima; P<sub>E máx</sub>= pressão expiratória máxima.

\*p<0,05: comparação entre pré e pós treinamento; # p<0,05: comparação entre os grupos.

Os resultados do TECP estão apresentados na Tabela 4. Houve aumento significativo do VO<sub>2</sub>max e PCR, na comparação entre o pré e pós treinamento, somente para o GE. Em relação ao tamanho do efeito do treinamento entre o GP e GE, observa-se que tanto para o VO<sub>2</sub>max como para o PCR, o efeito foi moderado.

**Tabela 4:** Comparação das variáveis do teste de exercício cardiopulmonar entre o pré e pós treinamento, dos grupos placebo (GP) e grupo experimental (GE). Análise do tamanho do efeito do treinamento entre os grupos.

Variáveis	GP		GE		Tamanho efeito GE vs. GP
	Pré (TMI)	Pós (TMI)	Pré (TMI)	Pós (TMI)	
VO <sub>2</sub> max(mL/kg/min)	55,3 ± 4,5	53,8 ± 6,1	54,0 ± 8,9	60,0 ± 7,1 * #	0,89
FC VO <sub>2</sub> max (bpm)	191,3 ± 7,4	192 ± 7,5	193,6 ± 7,1	195,8 ± 7,6	0,40
i VO <sub>2</sub> max (Km/h)	14,6 ± 0,8	14,33 ± 0,92	14,9 ± 1,4	15,6 ± 0,9 #	1,41
LV (mL/kg/min)	39,1 ± 3,2	39,41 ± 4,03	39,8 ± 6,1	40,5 ± 3,1	0,28
FC LV (bpm)	172,8 ± 11,1	169,5 ± 10,9	167,3 ± 11,4	170,8 ± 8,8	0,1
i LV (Km/h)	10,9 ± 0,5	10,8 ± 0,8	10,7 ± 0,5	11,1 ± 0,5	0
PCR (mL/kg/min)	45,9 ± 3,2	46,9 ± 3,6	46,8 ± 6,7	50,3 ± 5,2 *	0,66
FC PCR (bpm)	180 ± 8,5	184,5 ± 5,8	181,3 ± 12,2	186,1 ± 9,6	0,12
i PCR (Km/h)	12,8 ± 0,6	12,7 ± 0,6	13,0 ± 1,1	13,5 ± 0,7 #	0

VO<sub>2</sub>max= consumo máximo de oxigênio; LV= limiar ventilatório ; PCR= ponto de compensação respiratória; FC= frequência cardíaca; i = intensidade.

\*p<0,05: valores entre pré e pós treinamento; # p<0,05: comparação entre os grupos.

## 6. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo investigar se 12 semanas de TMI pode gerar diminuição de fadiga muscular inspiratória, aumento da força muscular respiratória, bem como, melhora no desempenho físico aeróbio de atletas da modalidade handebol. Os resultados mostraram que houve aumento significativa da  $P_{lm\acute{a}x}$ ,  $P_{Em\acute{a}x}$ ,  $VO_2max$  e PCR, para o GE, e aumento apenas da  $P_{lm\acute{a}x}$  para o GP, apresentando um tamanho do efeito grande para a  $P_{lm\acute{a}x}$ , moderado para o  $VO_2max$  e PCR na comparação do GE em relação ao placebo após o treinamento. Não foram observadas alterações significativas para a mudança no comportamento eletromiográfico dos músculos respiratórios para ambos os grupos.

O aumento na força muscular respiratória, principalmente da FMI, pode representar uma adaptação ao treinamento específico inspiratório, proporcionando melhora do condicionamento desta musculatura, o que provavelmente colabora para a redução das exigências musculares para a mesma carga exercida pré treinamento (Volianitis et al., 2001), e também pode ser responsável pela diminuição do esforço respiratório, para a mesma intensidade de exercício, atenuando o mecanismo de fadiga muscular respiratória (Romer, McConnell & Jones, 2001; Wells & Norris, 2009), refletindo assim, em um melhor desempenho dos atletas durante as atividades de maior intensidade.

Os achados do presente estudo mostraram aumento significativo da  $P_{lm\acute{a}x}$  após o TMI para ambos os grupos, entretanto, para o GP este aumento não refletiu em melhor desempenho físico aeróbio. Achados semelhantes foram encontrados em outros estudos, em que houve aumento da força

muscular inspiratória, porém, não houve melhora do desempenho físico, sugerindo que esta melhora após o TMI pode estar relacionada com maiores incrementos na FMR (Hart, 2001; Volianitis, 2001; Griffiths & McConnell, 2007), o que possivelmente justifica o aumento do  $VO_2\text{max}$  e PCR somente para o grupo GE, que apresentou incremento de 54,11% da  $PI_{\text{máx}}$ , enquanto o GP apresentou incremento de 23,16%.

Não foram encontrados na literatura pesquisada, estudos que aplicassem o TMI em atletas da modalidade handebol. Em outras modalidades de característica intermitente, Nicks et al. (2009) avaliaram atletas de futebol, confirmando o potencial ergogênico do TMI sobre a força muscular inspiratória e desempenho dos jogadores, avaliado através da melhora do teste específico de recuperação intermitente, o teste Yo-Yo. Em contrapartida, outros estudos (Williams et al., 2002; Wells, 2005; Sperlich, 2009) não apresentaram resultados favoráveis do TMI na melhora do desempenho dos atletas, o que talvez possa ser justificado pelas características específicas de mecânica de movimentação, de intensidades e de necessidade metabólica para cada modalidade (Hajghanbari et al., 2013).

Modalidades que apresentam grande utilização dos membros superiores associadas a altas intensidades de exercício podem apresentar fadiga em músculos que possuem dupla exigência mecânica, o que foi verificado em atletas nadadores através da EMG, pela fadiga do músculo peitoral maior. Essa dupla exigência é justificada pela ação deste músculo durante o gesto esportivo, bem como simultânea ativação no processo de inspiração em altas intensidades do exercício (Lomax, 2014).

O presente estudo avaliou a fadiga de músculos acessórios inspiratórios através da EMG, não observando diferenças significativas dos valores da frequência mediana após o TMI, porém, deve-se considerar a impossibilidade de avaliação pela EMG de superfície do principal músculo motor inspiratório, o diafragma, o que talvez justifique estes resultados. Em contrapartida, estes resultados apontam que mesmo após as 12 semanas de TMI, e um elevado número de treinamentos e jogos, o comportamento da frequência mediana não se modificou significativamente, podendo esta, ser uma resposta de manutenção do desempenho muscular. Entretanto, não foram encontrados na literatura pesquisada estudos que realizaram a EMG após um programa de TMI, o que dificulta a interpretação dos resultados obtidos em relação ao comportamento da fadiga muscular respiratória pela EMG após o TMI, e sua influência sobre o desempenho dos atletas.

Resultados benéficos do TMI, em atletas remadores, que realizam grande movimentação de tronco e de membros superiores, foram relacionados à melhora da força muscular inspiratória, e justificados pela diminuição da sobrecarga gerada pela dupla exigência mecânica a musculatura inspiratória, em níveis de alta intensidade de exercício (Volianitis, 2001). De forma semelhante, a modalidade handebol apresenta uma exigência mecânica muito elevada no tronco e nos membros superiores, em decorrência do esforço durante os momentos de contato físico corporal, e do alto número de arremessos realizados durante a partida (Pieper, 1998), assim, a melhora da força da musculatura respiratória pode ter proporcionado uma menor exigência mecânica, em altas intensidades de exercício, podendo justificar-se como um dos fatores associados aos achados da melhora no desempenho dos atletas.



Os achados do presente estudo sugerem que há potencial ergogênico do TMI em atletas de handebol, pelo aumento do consumo de oxigênio máximo bem como para o ponto de compensação respiratória, o que pode representar a melhor utilização da via glicolítica anaeróbia. Recente revisão da literatura estudou as demandas físicas de jogadores de handebol de elite, demonstrando que em comparação a outras modalidades de característica intermitente, como o basquete ou futebol, em uma mesma intensidade de exercício, no handebol os níveis de lactato sanguíneo são semelhantes, entretanto, os valores de FC são mais baixos, sugerindo que a via glicolítica anaeróbia é altamente utilizada por estes atletas (Karcher & Buchheit, 2014). Além disto, as demandas cardíacas das diversas posições de jogo dos atletas de handebol são elevadas durante a partida, representando um elevado nível de esforço, destacando que a utilização de estratégias para prevenir a fadiga excessiva devem ser adotadas, através de treinamentos com ênfase sobre a função cardiopulmonar (Karcher & Buchheit, 2014).

Em condições em que o débito cardíaco está em níveis máximos, o trabalho muscular respiratório é um importante determinante na condutância vascular para os membros em atividade durante o exercício (St Croix et al., 2000), sendo que em níveis elevados de trabalho dos músculos respiratórios, ocorre vasoconstrição nos membros em atividade (Harms et al., 1997). Esse mecanismo se dá pela ativação de fibras aferentes do tipo III e IV, mecanosensitivas e quimiossensitivas ricamente presentes no diafragma, responsáveis pela ativação de um mecanismo reflexo inibitório, induzido pela fadiga do musculo diafragma, ativado pelo incremento das cargas de trabalho requeridas a musculatura respiratória (StCroix et al., 2000). Durante o

incremento do exercício, as fibras do tipo III e IV aferentes no diafragma são ativadas, entretanto, em níveis mais elevados de exercício onde se apresenta menor tensão do diafragma, pela fadiga, a ativação das fibras do tipo IV é aumentada, enquanto a ativação das fibras do tipo III é reduzida, tendo evidências que as fibras do Tipo IV compreendem o maior efeito inibitório da fadiga induzida pelo reflexo originário do diafragma (Hill, 2000), provavelmente induzidas pelas alterações quimiosensitivas.

A melhora da força dos músculos respiratórios pode ser responsável pela melhor eficiência ventilatória e maior resistência à fadiga, através de uma menor exigência metabólica dessa musculatura durante o exercício, impedindo ou minimizando a ativação do mecanismo reflexo de vasoconstrição dos músculos locomotores (Sheel, 2002), podendo assim, proporcionar melhora do desempenho atlético.

O estudo apresentou como uma das limitações a não realização de um teste de desempenho físico específico para caracterização das capacidades intermitentes dos atletas. Entretanto, a literatura aponta que mesmo os estudos que apresentaram caracterização de movimentação e as características fisiológicas de atletas de handebol, possuem dados incompletos e resultados contraditórios, o que se deve a utilização de testes com limitações metodológicas, já que os estudos não apresentam detalhadamente o perfil de atividade durante os jogos, levando em consideração os movimentos de baixa e de alta intensidade, e as ações específicas do handebol como as fintas, saltos, arremessos, mudanças de direção, e o contato corporal um contra um em situações de ataque e defesa nas diferentes fases do jogo, o que dificulta a utilização dos testes físicos já descritos para caracterização específica das

capacidades físicas desses atletas (Povoas et al., 2014). Outra limitação deste estudo foi a avaliação da fadiga muscular inspiratória através da eletromiografia de superfície, visto que, esta ferramenta impossibilita a avaliação do principal músculo motor inspiratório, o diafragma.

## **7. CONCLUSÃO**

O treinamento muscular inspiratório refletiu em aumento significativo da força muscular respiratória e do desempenho físico aeróbio do GE, sugerindo que o protocolo utilizado pode ser uma ferramenta a ser incorporada no treinamento de atletas de handebol, como estratégia para favorecer um maior tempo de permanência em quadra e melhor desempenho físico durante a prática esportiva.

## 8. REFERÊNCIAS

American Thoracic Society /European Respiratory Society (ATS/ERS). Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166 : 518-624.

Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969. 103: 641-50.

Bender PR, Martin B J. Maximal ventilation after exhausting exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1985; 17:164-7.

Bailey SJ, Romer LM, Kelly J, Wilkerson DP, Dimenna FJ, Jones AM. Inspiratory muscle training enhances pulmonary O<sub>2</sub> uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. *J Appl Physiol.* 2010; 109: 457–68.

Cram JR, Kasman G S, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg, Maryland: Aspen, 1998.

De Luca CJ: The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997; 13:135-163.

Dodds SL, Powers SK, Thompson D, Landry G, Lawler J. Exercise performance following intense, short-term ventilatory work. *Int J Sports Med.* 1989; 10: 48–52.

Eleno TG, Barela JA, Kokubun E. Tipos de esforços e qualidades físicas do Handebol. *Rev. Bras. Cienc. Esporte.* 2002; 24(1): 83-98.

Griffiths LA, Mcconnell AK. The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 99: 457–66.

HajGhanbari B, Yamabayashi, C, Buna, TR, Coelho, JD, Freedman, KD, Morton, TA, Palmer, SA, Toy, MA, Walsh, C, Sheel, AW, and Reid, WD. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(6): 1643–1663.

Hart N, Sylvester K, Ward S, Cramer D, Moxham J, Polkey MI. Evaluation of an inspiratory muscle trainer in healthy humans. *Respir Med.* 2001; 95:526–53.

Harms CA, Wetter TJ, St Croix CM, Pegelow DF, Dempsey JA . Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *J Appl Physiol.* 1997; 89:131–138.

Hill JM. Discharge of group IV phrenic afferent fibers increases during diaphragmatic fatigue. *Brain Research.* 2000; 856:240–244.

Ikuta Y, Matsuda Y, Yamada Y, Kida N, Oda S, Moritani T. Relationship between decreased swimming velocity and muscle activity during 200-m front crawl. *Eur ApplPhysiol* 2012;112:3417–3429.

Johnson BD, Babcock MA, Suman OE, Dempsey JA. Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. *J Physiol.* 1993;460: 385-405.

Johnson MA, Sharpe GR, Brown PI. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 101: 761– 770.

Janssens L, Brumagne S, McConnell AK, Raymaekers J, Goossens N, Gayan-Ramirez G, Hemans G, Trooters T. The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: A systematic review. *Respiratory Medicine*. 2013; 107: 331-46.

Karcher C, Buchheit M. On-Court Demands of Elite Handball, with Special Reference to Playing Positions. *Sports Medicine*. 2014;44(6):797-814.

Kendall FP, McCreary EK. *Músculos: provas e funções*. Terceira edição, São Paulo, Editora Manole Ltda., 1990.

Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;108(3): 505-511.

Lomax M, Tasker L, Bostanci O. An electromyographic evaluation of dual role breathing and upper body muscles in response to front crawl swimming. *Scand J Med Sci Sports* 2014.

Lourenço TF, Martins LE, Tessutti LS, Brenzikofer R, Macedo DV. Reproducibility of an incremental treadmill  $VO_2$ max test with gas exchange analysis for runners. *J Strength Cond Res*. 2011; 25: 1994-99.

McConnell AK, Romer LM. Dyspnea in health and obstructive pulmonary disease : the role of respiratory muscle function and training. *Sports Med*. 2004; 34:117–132.

Mador MJ, Magalang UJ, Rodis A, Kufel T. J. Diaphragmatic fatigue after exercise in healthy human subjects. *Am Rev Respir Dis*. 1993; 148:1571–75.

Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*. 1999; 32(6): 719-27.

Nicks CR, Morgan DW, Fuller DK, Caputo JL. The influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. *Int J Sports Med.* 2009; 30: 16–21.

Pieper HG. Humeral torsion in the throwing arm of handball players. *Am J Sports Med.* 1998; 28: 247-53.

Polla B, D'antona G, Bonttinelli R, Reggiani C. Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. *Thorax.* 2004; 59(9): 808–17.

Povoas SC, Ascensão AA, Magalhães J, Seabra AF, Krstrup P, Soares JM, Rebelo AN. Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *J Strength Cond Res.* 2014; 28(2):430-42.

Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res.* 2004; 18 (4): 000-000.

Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *J Sports Sci.* 2001; 20: 547–562.

Romer LM, Polkey MI. Exercise induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *J Appl Physiol.* 2008; 104(3): 879-88.

Sheel AW. Respiratory muscle training in healthy individuals: Physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Med.* 2002; 32: 567–581.

Sperlich B, Fricke H, Mares M, Linville JW, Mester J. Does respiratory muscle training increase physical performance? *Mil Med* 2009; 174: 977–982.



Stcroix CM, Morgan BJ, Wetter TJ, Dempsey JA. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *J Physiol.* 2000; 529: 493-504.

Steinacker, JM, Both, M, Whipp, BJ. Pulmonary mechanics and entrainment of respiration and stroke rate during rowing. *Int J Sports Med.* 1993; 14(1): 15–19.

Stirn, IJ, T, Kapus, V, and Strojnik, V. Evaluation of muscle fatigue during 100-m front crawl. *Eur J Appl Physiol* 111: 101-113, 2011.

Tenroller CA. *Handebol teoria e Prática.* Sprint, 2005; (2): 20-26.

Tong TK, Fu FH, Chung PK, Eston R, Lu K, Quach B, Nie J. Effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism.* 2008; 33: 671- 81.

Volianitis, S, McConnell, AK, Koutedakis, Y, McNaughton, L, Backx, K, and Jones, DA. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports Exerc* 33: 803–809, 2001.

Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, Mckenzie DC, Sheel AW. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *J Physiol.* 2007; 584:1019-28.

Wylegala JA, Pendergast DR, Gosselin LE, Warkander DE, Lundgren CE. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *European Journal of Applied Physiology.* 2007; 99(4): 393-404.

Wells GD, Plyley M, Thomas S, Goodman L, Duffin J. Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol* 2005; 94: 527–540.

Wells GD, Norris SR. Assessment of physiological capacities of elite athletes and respiratory limitations exercise performance. *Pediatric Respiratory Reviews*. 2009; 10: 91-98.

Williams JS, Wongsathikun J, Boon SM, Acevedo EO. Inspiratory muscle training fails to improve endurance capacity in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34: 1194–1198.

## ANEXO I

 <b>UNIMEP</b> Universidade Metodista de Piracicaba	<b>Comitê de Ética em Pesquisa</b> <b>CEP-UNIMEP</b>
<h3><i>Certificado</i></h3>	
<p>Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado <i>"Efeitos de um programa de treinamento muscular inspiratório sobre a função cardiorrespiratória, índice de fadiga mioelétrica e desempenho físico de atletas de handebol"</i>, sob o protocolo nº 62/13, da pesquisadora <i>Prfa. Marlene Aparecida Moreno</i> esta de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 12/12/2012, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.</p>	
<p>We certify that the research project with title <i>Effects of a inspiratory muscle training program on the cardiorespiratory function, index myoelectric fatigue and physical performance athletes of handball</i>", protocol nº 62/13, by Researcher <i>Prfa. Marlene Aparecida Moreno</i> is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.</p>	
 Prof. Dr. Rodrigo Batagello Coordenador CEP - UNIMEP	Piracicaba, 26 de novembro de 2013