

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO  
MOVIMENTO HUMANO

Efeitos da associação do treinamento muscular inspiratório e treinamento do CORE sobre a função muscular respiratória e desempenho físico em atletas de handebol

Charlini Simoni Hartz

2018

TESE DE DOUTORADO

CHARLINI SIMONI HARTZ

Efeitos da associação do treinamento muscular  
inspiratório e treinamento do CORE sobre a  
função muscular respiratória e desempenho  
físico em atletas de handebol.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciências do Movimento Humano, da Universidade  
Metodista de Piracicaba, para obtenção do Título de  
Doutora em Ciências do Movimento Humano.

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

PIRACICABA

2018

Dedico esta conquista especialmente aos meus amados pais, Celso e Noeli, e a todos meus familiares e amigos que me apoiaram nesta caminhada.

## AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais Celso e Noeli Hartz, que mesmo distantes, sempre se fazem presentes, apoiando, incentivando, e acreditando que todos os sonhos podem ser realizados. A eles só posso agradecer por todos ensinamentos, educação e formação familiar que me prepararam para enfrentar todos os desafios que a vida nos coloca. Mesmo 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 irmãos Éverton e Cristian Hartz, minha sobrinha Gabrielly Hartz e minha cunhada Lisiane por todo o companheirismo amor e amizade durante todos esses anos longe deles. Sempre ansiosos para minha chegada, felizes com o progresso, e orgulhosos com o meu crescimento.

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

Especialmente à toda “Família Handebol” que ao longo de todos estes anos contribuíram com minha formação acadêmica e pessoal. O esporte realmente é um instrumento fortemente capaz de promover educação e formação de um indivíduo dentro da sociedade! À querida Josiane Sabino e a Ana Silvia Dias não só pela confiança e apoio desde o início desta jornada da graduação até aqui, mas também por todo carinho e recepção desde o primeiro

dia de chegada em Piracicaba e no Clube Piracicabano de Handebol. Muito Obrigada!

Ao José Batista e Andressa Delabio, comissão técnica da Associação Desportiva de Handebol, pela confiança e parceria em nosso trabalho com as categorias do handebol de Piracicaba, e especialmente, por todo apoio durante a execução desta pesquisa.

Aos 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!

Aos colegas de pesquisa, que auxiliaram na execução das coletas, Camila Moretti Junqueira, Leonardo Henrique Dalcheco Messias, Natália de Almeida Rodrigues, Emanuel Elias Camolese Polisel, Caroline Razeira Ferreira. Especialmente à professora Dr<sup>a</sup> Fúlvia de Barros Manchado Gobatto pelo auxílio em todas as fases do planejamento e execução deste trabalho. Agradeço imensamente pelo apoio incondicional. Muito Obrigada!

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlene Aparecida Moreno, pela confiança, apoio, incentivo, dedicação, aprendizado e carinho. Seguir inspirações durante nosso desenvolvimento é fundamental para nosso estímulo e crescimento. A você manifesto aqui todo meu respeito e admiração, pela pessoa, pesquisadora, docente e gestora educacional que és. Espero continuar seguindo o caminho de seriedade e dedicação com a pesquisa e educação que você construiu dentro de mim. Não há palavras para expressar meu sentimento de agradecimento por todo crescimento que obtive sob sua orientação durante estes anos. Você é minha inspiração! Muito Obrigada!

À todos membros da banca examinadora pelas considerações propostas neste trabalho.

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 minha formação.

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

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento,  
mais evidente fica nossa ignorância”

(John F. Kennedy)

## RESUMO

**Introdução:** O sistema respiratório tem sido apontado como um fator limitante do desempenho físico (DF), relacionado especialmente, à fadiga da musculatura inspiratória (FadMI). A FadMI pode gerar redução do fluxo sanguíneo periférico, bem como, instabilidade no controle de tronco, interferindo no DF. O treinamento muscular inspiratório (TMI) é uma estratégia que tem sido utilizada para reduzir a FadMI e melhorar o DF em diversas modalidades esportivas. **Objetivo:** Avaliar os efeitos de um programa de TMI em associação ao treinamento do core (TC) sobre a função muscular respiratória e DF em atletas de handebol, após o período preparatório de periodização anual. **Metodologia:** Foram avaliados 22 jogadores de handebol, randomizados em grupo treinamento (GT, n=11) e grupo placebo (GP, n=11). Foram realizadas as avaliações da força muscular respiratória pelas pressões inspiratórias e expiratórias máximas (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>), da resistência muscular respiratória (RMR) pela ventilação voluntária máxima (VVM), do DF pelo teste de resistência e função global do core (F<sub>core</sub>), bem como, desempenho aeróbio e anaeróbio pelo teste lactato mínimo (LacMin). O protocolo de TMI associado ao TC foi realizado, três vezes por semana, durante 10 semanas. O GT realizou o TMI associado ao TC com carga de 50% da PI<sub>máx</sub> por 5 semanas e 60% por mais 5 semanas, enquanto o GP realizou TC associado sem carga. **Resultados:** Foi observada interação significativa entre os grupos e momentos de treinamento para a PI<sub>máx</sub> (F=14,18; p=0,000), PE<sub>máx</sub> (F=4,21; p=0,022), F<sub>core</sub> (F=7,98; p=0,001) bem como as variáveis anaeróbias de potência média relativa (F=4,57; p=0,016) e potência mínima relativa (F=3,67; p=0,034). Após o treinamento foi observado aumento significativo da PE<sub>max</sub>, F<sub>core</sub> para ambos grupos, e da PI<sub>máx</sub>, e potência anaeróbia, apenas para o GT, além de, diferenças significativas entre os grupos para as variáveis de PI<sub>max</sub>, F<sub>core</sub> e desempenho de potência anaeróbia, considerando p<0,05. Observada correlação significativa moderada entre a PI<sub>máx</sub> e a intensidade no LacMin, e significativa alta entre a F<sub>core</sub> e potência média relativa para o GT após o treinamento. **Conclusão:** O TMI em associação ao TC proporcionou aumento significativo da força muscular respiratória, F<sub>core</sub>, e da potência anaeróbia. em atletas de handebol.

**Palavras-chave:** Músculos respiratórios; músculos core; desempenho atlético; handebol.



## ABSTRACT

**Introduction:** Respiratory system has been considered as a limiting factor on physical performance (PP), and especially related to inspiratory muscle fatigue (IMF). IMF can lead to reduction on peripheral blood flow, as well as, instability of the trunk control, interfering with PP. Inspiratory muscle training (IMT) is a strategy that has been used to reduce the IMF and improve PP in different sports modalities. **Objective:** Investigate the effects of an IMT program in association with core training (CT) on respiratory muscle function and PP in handball athletes, after preparatory period of an annual periodization. **Methods:** Twenty-two male handball players were randomly allocated into an training group (TG, n = 11) and an placebo group (PG, n = 11). Their respiratory muscle strength was evaluated by measuring the maximum inspiratory and expiratory pressures (MIP and MEP), muscular respiratory resistance by maximum voluntary ventilation (MVV) and PP by the resistance and global function of the core test (Fcore), as well as, aerobic and anaerobic PP by the lactate minimum test (LacMin). Experimental protocol was performed three times a week for ten weeks. TG performed the IMT associated with CT with 50% loading of the MIP for 5 weeks and 60% for another 5 weeks, while, PG performed associated IMT and CT without load **Results:** Significant interaction was observed between the groups and training moments for MIP ( $F = 14.18$ ,  $p = 0.000$ ), MEP ( $F = 4.21$ ,  $p = 0.022$ ), Fcore ( $F = 7.98$ ,  $p = 0.001$ ), as well as, for anaerobic variables, the relative mean power ( $F = 4.57$ ,  $p = 0.016$ ) and relative minimum power ( $F = 3.67$ ,  $p = 0.034$ ). Significant increase was observed after training in MEP and Fcore for both groups, as well as, for MIP and anaerobic PP for TG. Significant differences between the groups were observed for variables of MIP, Fcore and anaerobic PP after training, considering  $p < 0.05$ . Moderate significant correlation between MIP and intensity on LacMin, and significant high correlation between Fcore and relative mean power was observed for TG after training. **Conclusion:** IMT in association with CT provided a significant increase in respiratory muscle strength, Fcore and anaerobic PP in handball.

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

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVO .....	21
3. HIPÓTESE .....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
4.1 Desenho do estudo e aspectos éticos .....	23
4.2 Casuística .....	23
4.3 Procedimentos experimentais .....	26
4.3.1 Avaliação da composição corporal .....	27
4.3.2 Avaliação força muscular respiratória .....	28
4.3.4 Avaliação da resistência muscular respiratória .....	29
4.3.5 Avaliação do desempenho físico – teste do lactato mínimo .....	30
4.3.6 Avaliação da função global do core.....	33
4.3.7 Treinamento muscular Inspiratório e core .....	34
4.3.8 Treinamento específico da modalidade .....	38
4.4 Análise Estatística .....	39
5. RESULTADOS.....	40
6. DISCUSSÃO .....	46
7. CONCLUSÃO .....	62
8. REFERÊNCIAS .....	63
ANEXO 1 .....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b>ATS</b>	American Thoracic Society
<b>DF</b>	Desempenho físico
<b>cmH<sub>2</sub>O</b>	Centímetros de água
<b>FACIS</b>	Faculdade de Ciências da Saúde
<b>FR</b>	Frequência respiratória
<b>FMR</b>	Força muscular Respiratória
<b>FMI</b>	Força muscular inspiratória
<b>FME</b>	Força muscular expiratória
<b>FadMI</b>	Fadiga muscular inspiratória
<b>Fcore</b>	Função do core
<b>GT</b>	Grupo Treinamento
<b>GP</b>	Grupo Placebo
<b>IMC</b>	Índice de massa corporal
<b>i</b>	intensidade
<b>IF</b>	Índice de fadiga
<b>kg</b>	Quilograma
<b>LacMin</b>	Lactato mínimo
<b>[Lac]</b>	Concentração lactacidêmica
<b>ml/kg/min</b>	Mililitro por quilograma por minuto
<b>mmHg</b>	Milímetros de mercúrio
<b>MR</b>	Músculos respiratórios
<b>m/s</b>	Metros por segundo

<b>mmol</b>	Milimol
<b>N</b>	Número de participantes
<b>P</b>	Índice de significância estatística
<b>PE<sub>máx</sub></b>	Pressão expiratória máxima
<b>PI<sub>máx</sub></b>	Pressão inspiratória máxima
<b>P<sub>max</sub></b>	Potência máxima
<b>P<sub>med</sub></b>	Potência média
<b>P<sub>min</sub></b>	Potência mínima
<b>RAST</b>	Running anaerobic Sprint test
<b>REBEC</b>	Registro Brasileiro de Ensaio clínicos
<b>RMR</b>	Resistência muscular respiratória
<b>TMI</b>	Treinamento muscular inspiratório
<b>TC</b>	Treinamento do core
<b>TFI</b>	Treinamento funcional inspiratório
<b>TT</b>	Tempo Total
<b>TI</b>	Tempo Ideal
<b>UNIMEP</b>	Universidade Metodista de Piracicaba
<b>VVM</b>	Ventilação Voluntária máxima
<b>W</b>	Watts

## 1. INTRODUÇÃO

No universo esportivo, a busca pela excelência no rendimento dos atletas através do melhor entendimento e desenvolvimento de ações que favoreçam o desempenho são constantes. Atualmente, dentre os diversos métodos de treinamento empregados visando a melhora do desempenho, tanto o treinamento da musculatura do core (Haugen, Haugvad & Rostad, 2016), como o treinamento muscular inspiratório (TMI) (HajGhanbari et al., 2013; Nepomuceno Junior et al., 2016) vem sendo incorporados na periodização das equipes competitivas, entretanto, o entendimento dos seus efeitos e sua ideal forma de aplicação para as diferentes modalidades esportivas ainda são discutidos.

O sistema respiratório tem sido apontado como fator limitante do desempenho físico (DF) durante a realização de exercícios físicos intensos, dado pela ativação de reflexos fisiológicos que culminam na redução do fluxo sanguíneo aos músculos dos membros em atividade. Além disso, foi observada relação entre a ação dos músculos respiratórios e os gestos esportivos (Tong et al., 2014), referindo-se a direta atuação dessa musculatura na estabilização do tronco e no desempenho atlético.

Especialmente quanto aos benefícios do treinamento de estabilização para o esporte, segundo Hibbs et al. (2008), sua objetividade se dá sobre a melhora da força e estabilidade do tronco, bem como, do controle postural, funções estas, importantes e determinantes tanto no desempenho dos atletas, quanto para a diminuição de fatores de risco para redução de lesões (Emami et al, 2018).

O core ou também conhecido, como complexo lombo pélvico, é definido como conjunto de músculos que compõem o centro de controle para a maioria das cadeias cinéticas envolvidas nas atividades esportivas. O core é delimitado pelo limites superior (Diafragma), limites anterolaterais (músculos abdominais e oblíquos), limite posterior (músculos paraespinhais e glúteos), e pelo limite inferior (músculos do assoalho pélvico e quadril) (Bliven & Anderson, 2013), sendo estes, responsáveis pela estabilização do tronco e da coluna vertebral. Constituído pelo conjunto de músculos abdominais, multífidos, quadrado lombar, glúteo médio, glúteo máximo, psoas maior, músculos do assoalho pélvico e pelo diafragma, este último, especialmente, atua como estabilizador fundamental do tronco, pois através do aumento da pressão intra abdominal gerada pela sua contração durante a fase de inspiração, permite maior recrutamento de todos músculos envolvidos na contração do core, favorecendo maior estabilidade (Akuthota & Nadler, 2004).

Segundo Willardson (2007), quanto maior for o controle do indivíduo, sobre o posicionamento e a movimentação do tronco sobre a pelve, maior será a possibilidade de controle e força do segmento terminal, gerando uma base maior para a produção e desenvolvimento de forças na parte distal dos membros. Pensando neste conceito de melhora do controle neuromuscular e conseqüente maior desenvolvimento de força para as extremidades corporais, e maior eficiência nas ações esportivas, em um estudo realizado com atletas de handebol, o treinamento específico da musculatura do core proporcionou incremento da velocidade de arremesso dos atletas avaliados (Saeterbakken et al., 2011), justificando que a maior estabilidade e controle do tronco e do quadril, favoreceram a transmissão de forças para melhora da atividade de arremesso.

Outra pesquisa realizada com atletas de modalidade intermitente, o futebol, apontou que o treinamento de estabilização do tronco gerou respostas na melhora da força do tronco, e das capacidades físicas de potência (Prieske et al., 2016), ressaltando a importância deste trabalho para atletas, e reforçando a relação entre estas variáveis.

Além de uma melhor produção de força para os gestos esportivos, a melhora da estabilidade e controle dos músculos do core pode contribuir para a diminuição do risco de lesões esportivas. O efeito estabilizador dos músculos do tronco influenciando na transferência de cargas para os membros superiores e inferiores, auxilia no entendimento dos fatores de risco para as lesões, apontando que déficits de transmissão de forças entre o tronco e extremidades podem influenciar diretamente o padrão de movimento (Bliven & Anderson, 2013), tornando importante a avaliação da função do tronco sobre a movimentação dinâmica, bem como, a implementação de trabalhos de estabilização estática e dinâmica do tronco para a prevenção de lesões.

Estudos que investigaram fatores biomecânicos envolvidos no risco de lesões no esporte, apontam que déficits na força e no controle motor do tronco, podem alterar o padrão biomecânico durante a mudança de direção e aterrissagem após salto em atletas (Hughes, 2014; David, et al., 2017; Emami et al., 2018), favorecendo padrões de movimento com maior sobrecarga osteomioarticular, configurando assim, padrões de risco de lesões nesta população. Em contrapartida, os exercícios de prevenção de lesões voltados para o controle neuromuscular e estabilidade de tronco são capazes de reduzir os déficits neuromusculares de tronco e membros inferiores, especialmente do momento valgo do joelho, e da inclinação lateral do tronco durante os

movimentos de mudança de direção em atletas (Pappas, et al., 2014; Lopes, et al., 2017), fortalecendo a importância do controle e domínio do tronco para a prevenção de lesões em modalidades que realizam estes gestos esportivos. Sobretudo, vale destacar, que os trabalhos preventivos podem gerar influência não só na diminuição do risco de lesões, mas também no desempenho esportivo e saúde dos atletas (Hewett & Bates, 2017) pela melhora do controle das ações biomecânicas envolvidas nas modalidades esportivas.

Além do seu envolvimento direto com as ações motoras esportivas, a musculatura do tronco, possui um papel fundamental no processo respiratório, principalmente pela ação do diafragma. Durante exercícios intensos, ocorre a exigência de um elevado nível do trabalho muscular respiratório, necessário para suprir a manutenção da oferta de oxigênio requerida pelo organismo, sendo que, a fadiga dos músculos inspiratórios pode ser induzida ao longo do incremento do exercício, gerando implicações diretamente relacionadas ao DF (Romer & Polkey, 2008). 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 inspiratória, na busca de auxiliar a atuação do músculo diafragma, já que sua contribuição se torna diminuída ao longo do incremento do exercício (Polla et al., 2004). O recrutamento da musculatura acessória continua a reduzir a eficiência da mecânica respiratória, aumentando as exigências metabólicas e fluxo de sangue para este conjunto de



músculos (Dodds et al., 1989), levando a uma ativação sensorial do sistema nervoso central, desencadeando assim, a ativação do mecanismo metaboreflexo (Mcconnell & Romer, 2004).

Desencadeado pela ativação das fibras aferentes mecanossensitivas do tipo III e quimiossensitivas do tipo IV, o mecanismo metaboreflexo, é responsável pela liberação de mediadores simpáticos eferentes que promovem vasoconstrição e conseqüente diminuição do fluxo sanguíneo a musculatura periférica em atividade (Stcroix, 2000; Dominelli, et al., 2017), culminando em perda do desempenho muscular e físico. Além disso, mudanças de esforço e padrão respiratório relacionadas a fadiga muscular inspiratória levarão a perda do desempenho (Janssens et al., 2013). A fadiga muscular inspiratória mostrou alta correlação com a fadiga dos músculos do core (Tong, et al., 2014), contribuindo para a descoordenação do trabalho respiratório, influenciando diretamente a função estabilizadora da musculatura central, e conseqüentemente, induzindo a instabilidade do tronco (Janssens et al., 2015), tornando-se estes, fatores negativos para o desempenho esportivo.

Dentre as estratégias para minimizar os efeitos da fadiga muscular inspiratória, e retardar o aparecimento do mecanismo metaboreflexo nos esportes, o TMI tem sido uma ferramenta utilizada. O TMI exerce efeito ergogênico sobre atletas de diversas modalidades esportivas, influenciado pela inibição dos fatores que desencadeiam a fadiga muscular inspiratória, obtida especialmente, através do aumento considerável da força e da resistência dos músculos respiratórios, refletindo sobre a melhora do DF dos atletas (Hajghanbari et al., 2013), especialmente em esportes que possuem uma alta demanda ventilatória e metabólica.

Considerada uma modalidade com características complexas, o handebol envolve variadas ações, entre elas, os principais gestos esportivos são os saltos, as mudanças rápidas de direção e os arremessos, além de um grande contato físico corporal durante a defesa (Karcher; Buchheit, 2014). Já quanto as características de movimentação em quadra, estes atletas realizam frequentes *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 (Povoas et al., 2014). Assim, o treinamento desses atletas deve objetivar menor efeito de fadiga (Eleno et al., 2002), para manutenção de um desempenho de maior intensidade por um maior tempo durante a partida.

Investigações apontam ainda, que em modalidades de alta intensidade, e que também, realizam movimentação excessiva com os membros superiores e tronco, como atletas remadores e nadadores, a sobrecarga sobre a musculatura respiratória é ainda mais elevada (Volianitis et al., 2001). A dupla exigência sobre a musculatura inspiratória durante a execução da prática esportiva nessas modalidades, foi relacionada a alta exigência da musculatura acessória em manter a grande demanda ventilatória exigida pela modalidade, bem como, à necessidade de participação de alguns músculos acessórios inspiratórios na realização do gesto esportivo específico, culminando em maior fadiga dessa musculatura, contribuindo para a queda no desempenho muscular e físico (Steinacker, Both & Whipp, 1993; Volianitis, 2001; Stirn, Kapus & Strojnik, 2011; Ikuta, et al., 2012 ; Lomax, Tasker & Bostanci, 2014). Assim, a utilização do TMI, objetivando aumento de força e resistência da musculatura respiratória pode ser

um método a ser empregado nestas modalidades (Volianitis, 2001), buscando melhor desempenho esportivo.

Ao avaliar a relação entre a musculatura estabilizadora do tronco sobre a capacidade de resistência em alta intensidade, em corredores, Tong et al. (2014b) observaram que a fadiga induzida à musculatura estabilizadora do tronco previamente ao exercício, influenciou negativamente a capacidade de resistência dos atletas, mostrando alta correlação da fadiga muscular inspiratória com a diminuição da função dos músculos do core (Fcore), sendo estes, apontados como fatores limitantes para o desempenho dos corredores. Pelo exposto, a utilização de uma abordagem de treinamento que exerça benefícios para a melhora da força e resistência muscular respiratória, minimizando a fadiga muscular inspiratória, bem como, exerça influência sobre a função da musculatura do tronco parece ser importante para estas modalidades (McConnell, 2011).

Investigações sobre a influência do músculo diafragma na estabilização de tronco, apontam que o aumento da pressão intra-abdominal gerada pela sua ação durante a inspiração, foi capaz de influenciar a propriocepção durante o controle postural (Hodges et al., 2005), além de contribuir com o aumento do recrutamento dos músculos abdominais, favorecendo a estabilidade lombar, especialmente durante as respirações profundas (Petrofsky, et al., 2005).

Entretanto, o conhecimento de como o treinamento muscular inspiratório isoladamente, ou em associação a treinamentos de estabilização, poderia influenciar a melhora do controle do tronco, ainda é insuficiente. Brilla e Kauffman (2014) buscando entender essa relação, verificaram os efeitos do treinamento

de core e do TMI, aplicados isoladamente, sobre a função dos músculos do tronco em indivíduos recreacionalmente ativos. Em suas respostas observaram que ambos treinamentos geraram efeitos sobre a ativação dos músculos do tronco, sendo que o TMI promoveu melhora desta função pela ação do músculo diafragma e do músculo transverso do abdominal, e em contrapartida, o treinamento isolado do core promoveu melhora da função pela ação sobre os músculos extensores do tronco, e músculos abdominais. A partir dessas respostas, os autores apontam que ambos os treinamentos tem influência na funcionalidade de tronco, mas sugerem que o TMI poderia ser um complemento ao método de treinamento convencional de estabilização, podendo gerar uma melhor efetividade da musculatura do tronco, o que possivelmente refletiria em melhora da funcionalidade.

Sabendo que há dupla função para a musculatura do tronco, pelo seu papel estabilizador e no processo respiratório, e que a musculatura respiratória possui atuação direta na coordenação de execução dos gestos esportivos (Gandevia, et al., 2002), tanto os métodos de fortalecimento específico do core, como o TMI se tornam estratégias importantes para o desempenho dos atletas.

Os efeitos de um programa de treinamento funcional inspiratório (TFI), composto por trabalhos de core associado ao TMI, somado ao treinamento intervalado de alta intensidade foi investigado em corredores de longa distância, e em seus resultados, Tong et al. (2016) verificaram que a associação de ambos os treinamentos gerou uma melhora na Fcore, no desempenho da atividade de resistência, e na economia do gasto energético durante a corrida, apontando que o TFI proposto pode gerar benefícios na melhora do DF, alcançado pelo maior condicionamento dos músculos do core, sugerindo a necessidade de maiores

investigações voltadas ao entendimento da utilização deste treinamento para atividades de curta duração, e em outras modalidades esportivas.

## **2. OBJETIVOS**

### **a. Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos da associação de um programa de treinamento muscular inspiratório e treinamento do core sobre a função muscular respiratória e o desempenho físico em atletas de handebol, após o período preparatório da periodização anual.

### **b. Objetivos Específicos**

Avaliar os efeitos da associação de um programa de treinamento muscular inspiratório e treinamento do core por 10 semanas em jogadores de handebol sobre:

- Força muscular inspiratória
- Força muscular expiratória
- Resistência muscular respiratória
- Funcionalidade do core
- Capacidade aeróbia
- Potência anaeróbia
- Variação na concentração de lactato sanguíneo do limiar anaeróbio

### **3. HIPÓTESE**

O programa de 10 semanas da associação do treinamento muscular inspiratório ao treinamento do core, aplicado após o período preparatório da periodização anual, pode aumentar a força e resistência muscular respiratória e a funcionalidade do core, promovendo assim, a melhora no desempenho físico de atletas de handebol.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

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

Estudo intervencional, prospectivo, randomizado e cego, que seguiu as recomendações para pesquisa experimental com seres humanos (Resolução 466/12 do CNS), sendo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – (UNIMEP) pelo parecer 81/16 (Anexo 1) e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC) pelo código RBR-573. Foram estudados voluntários que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### **Casuística**

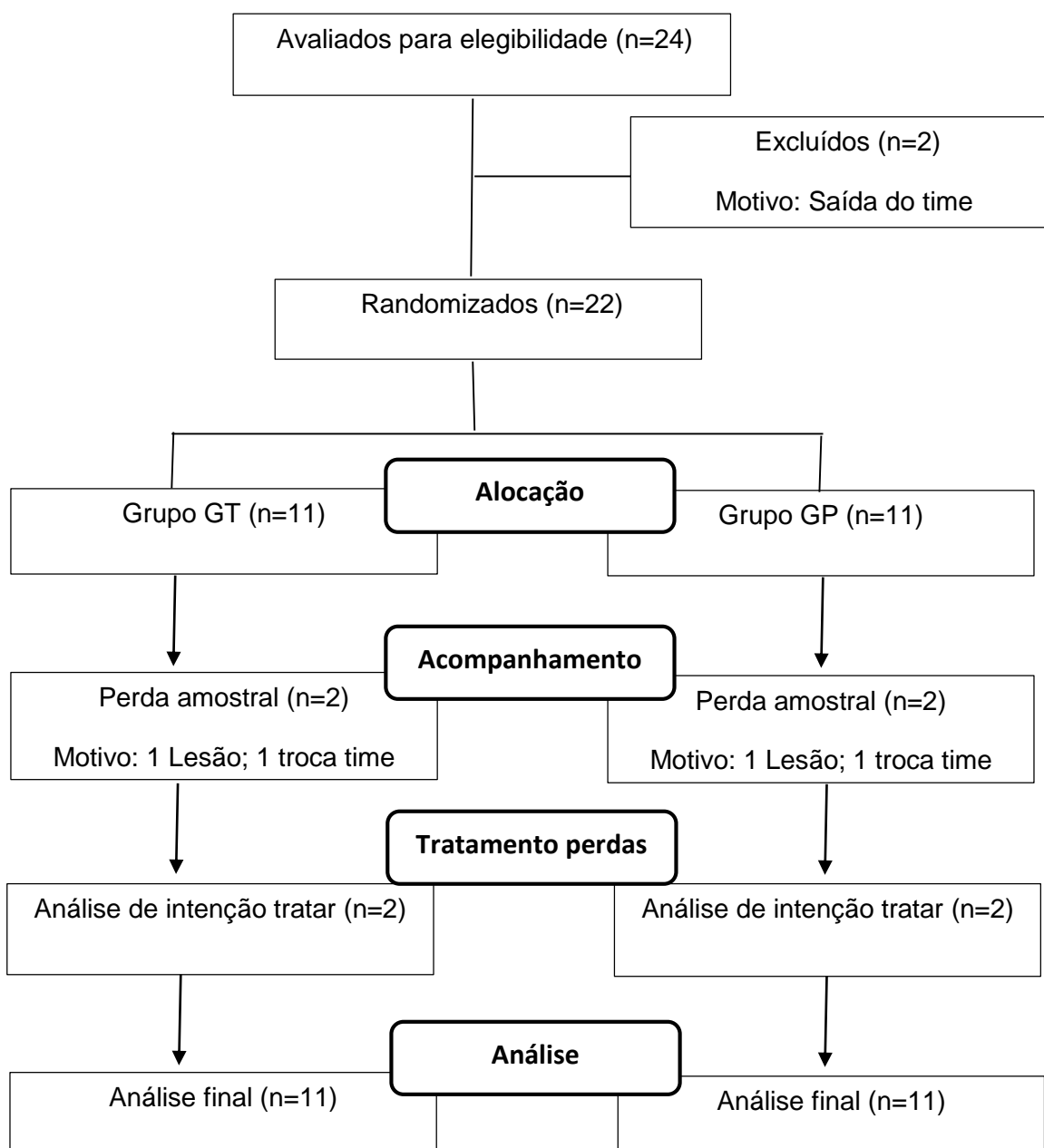
Foram elegíveis 24 atletas, da modalidade de handebol, participantes da equipe da Associação Desportiva de Handebol (ADH) de Piracicaba/SP, que atenderam os seguintes critérios de inclusão:

- Gênero masculino
- Nível competitivo há no mínimo doze meses
- Competirem na categoria profissional
- Pertencerem a mesma equipe de treinamento e competição
- 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 que interferisse no protocolo experimental.

Após a triagem, dois voluntários foram excluídos pelo motivo de troca de time durante a temporada, e os demais voluntários foram divididos aleatoriamente por tabela numérica, pelo aplicativo GraphPad StateMate 2.0, e distribuídos em dois grupos de 11 participantes, sendo um o grupo placebo (GP), que realizou o treinamento inspiratório sem carga durante todo protocolo experimental, associado ao treinamento do core, e o outro denominado grupo treinamento (GT), o qual realizou o protocolo do TMI com carga progressiva em associação ao treinamento do core. 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 outro tipo ou modalidade de treinamento, ou prática esportiva diferenciada do planejamento da equipe. Quanto ao protocolo de treinamento, os atletas foram cegados sobre a efetividade dos protocolos utilizados. No decorrer do estudo, houve perda amostral de 4 voluntários, tendo o mesmo sido concluído com nove atletas no GT 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

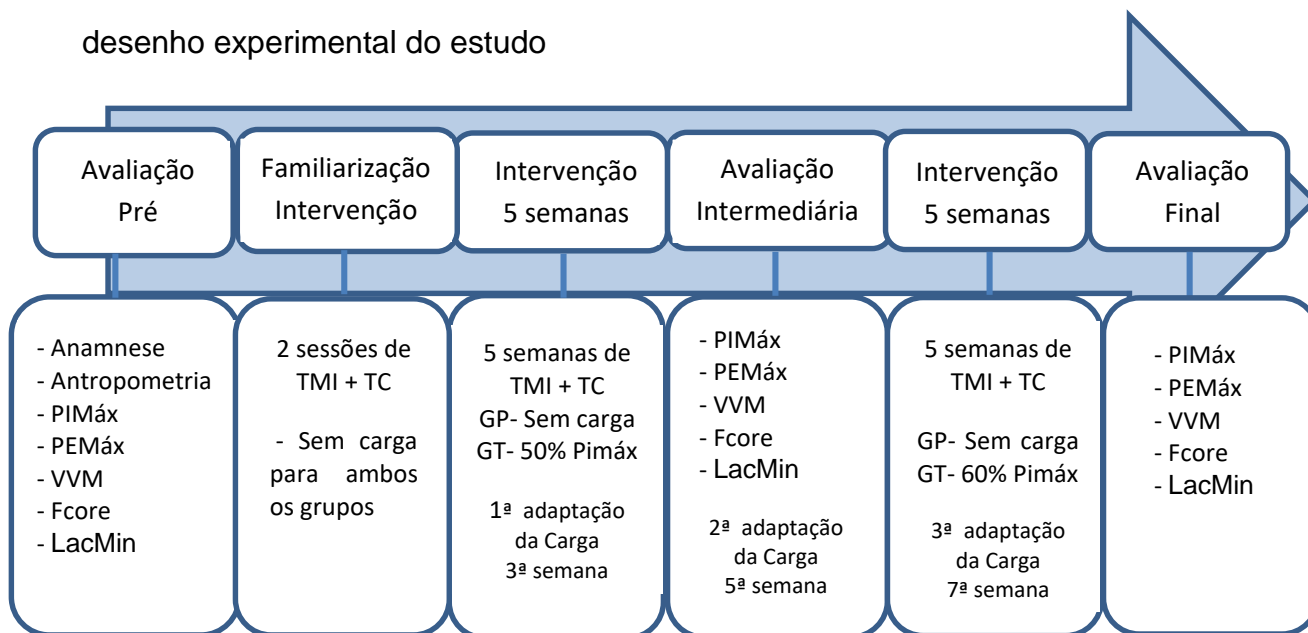
Todas as avaliações e o protocolo experimental foram realizados no centro de treinamento dos atletas, no ginásio poliesportivo do Parque Prezotto, em Piracicaba, São Paulo.

## Cegamento

Todo o protocolo de avaliações foi realizado por uma equipe de pesquisadores treinados, com experiência de coleta das medidas realizadas, e cegados quanto ao grupo aos quais os atletas pertenciam. Os atletas foram cegados quanto ao grupo a que pertenciam.

## Procedimento experimental

Todos os voluntários foram submetidos a três avaliações, sendo a primeira no período pré protocolo experimental, a segunda no período intermediário da intervenção, e após o término do protocolo experimental. Além disso, após a avaliação inicial todos voluntários foram familiarizados com o protocolo experimental, orientados na realização da execução das posturas, alinhamento corporal e execução das respirações. A figura 2 apresenta o desenho experimental do estudo

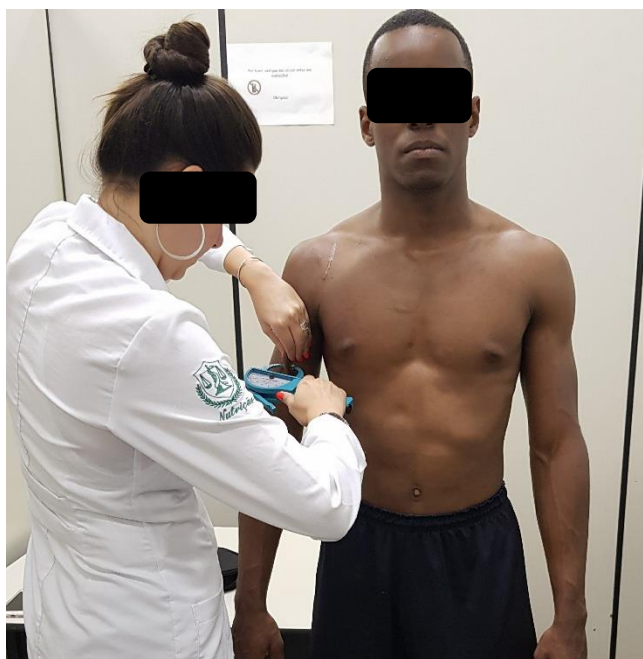


**Figura 2:** Ilustração desenho experimental e linha do tempo do estudo para as avaliações e intervenções no grupo Grupo Treinamento (GT) e Grupo Placebo (GP). PIMáx= Pressão inspiratória máxima; PEMáx= Pressão expiratória máxima; VVM= ventilação voluntária máxima; Fcore= Função core; LacMin= Teste lactato mínimo; TMI= treinamento muscular inspiratório; TC= treinamento core.

## **Avaliação antropométrica e composição corporal**

A composição corporal dos atletas foi avaliada pela aferição dos parâmetros: massa corporal em quilogramas (kg) e estatura em metros (m), sendo calculado o índice de massa corpórea (IMC) por meio do quociente massa corporal/estatura<sup>2</sup>. Para o cálculo da densidade corporal foi considerada a equação de Jackson e Pollock (1978), que utiliza a soma das dobras cutâneas tricipital, peitoral, subescapular, abdominal, suprailíaca e coxa, aferidas em (mm), sendo o percentual de gordura obtido mediante a equação de Siri (1961). A massa muscular em quilos foi calculada pela equação de Lee (2000), a partir da aferição de dobras cutâneas do braço, coxa e panturrilha (mm), e as circunferências de braço, coxa e panturrilha (medidas em cm, pela fita métrica com precisão 1cm).

Para mensuração da massa corporal, foi utilizada uma balança calibrada de plataforma da marca Plenna<sup>®</sup>, com precisão de 100g e capacidade de 150 kg, e para a aferição da estatura foi utilizado um estadiômetro portátil (marca Seca<sup>®</sup>), com precisão de 0,5 cm. As medidas das dobras cutâneas (figura 3) foram realizadas por um único avaliador experiente com um adipômetro científico da marca Lange<sup>®</sup> (Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MD), de acordo com as técnicas descritas por Jackson e Pollock (1978), sendo aferidas três medidas para cada dobra cutânea, e utilizado o valor médio para análise.



**Figura 3:** Ilustração da avaliação das dobras cutâneas.

**Medida das pressões respiratórias máximas: pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>) e pressão expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>)**

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 (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 4). A PI<sub>máx</sub> foi medida durante esforço

inspiratório iniciado a partir do volume residual, enquanto que a PEmáx 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 4:** Ilustração da medida das pressões respiratórias máximas.

### **Ventilação Voluntária Máxima (VVM)**

Para a avaliação da medida de resistência muscular respiratória, realizada pela manobra de ventilação voluntária máxima (VVM), foi utilizado um espirômetro computadorizado ultrassônico, com sensor de fluxo, marca EasyOne™ modelo 2001 (nddmedizintechnik AG, Zurich, Switzerland), com *Winspiro Software* interno upgrade versão 1.04 para a conexão a um microcomputador.

A manobra foi realizada de acordo com as diretrizes da *American Thoracic Society-ATS* (2002). Foram obtidas três curvas aceitáveis e duas reprodutíveis,

sem exceder quatro tentativas, sendo considerado para a análise o maior valor obtido.

Os voluntários realizaram repouso por dez minutos antes do teste e foram devidamente orientados na realização das manobras dando ênfase em evitar vazamentos em torno da peça bucal, permanecendo sentados, tendo as narinas ocluídas por um clipe nasal (figura 5).



**Figura 5:** Ilustração da medida da ventilação voluntária máxima.

### **Teste de lactato mínimo**

O teste de lactato mínimo (LacMin) (Araujo et al., 2014) foi conduzido em três fases distintas. Na fase 1 foi realizada a indução à hiperlactacidemia por meio do Running Anaerobic Sprint Test (RAST) (Zacharogiannis et al., 2004) – esse procedimento consistiu na aplicação de 6 esforços máximos e descontínuos na distância de 35 metros, com intervalos de 10 segundos entre eles. Por meio da massa corporal do participante e dos tempos obtidos nos esforços, foi possível calcular a potência desenvolvida durante o RAST, seguindo as subseqüentes equações: a) Velocidade (m/s) = distância / tempo; b)

Aceleração ( $m/s^2$ ) = velocidade / tempo; c) Força (N) = aceleração x massa; d) Potência (W) = força x velocidade. Dentro deste contexto, as potências máxima (Pmax), média (Pmed) e mínima (Pmin), além do índice de fadiga (IF) foram analisadas. A Pmax e Pmin foram correspondentes a maior e menor potência desenvolvida pelo atleta perante os 6 esforços, respectivamente. A média das potências ao longo dos 6 esforços foi considerada como Pmed. O IF foi calculado de acordo com a proposta de Fitzsimons et al., (1993) -  $IF = (100 \times (TT / TI)) - 100$ ; onde TT – tempo total do protocolo; TI – tempo ideal de teste, calculado por meio do número de esforços x tempo mais rápido.

A fase 2, consistiu na recuperação passiva de 8 minutos, sendo as coletas sanguíneas através do lóbulo da orelha efetuadas no 3º, 5º e 7º minutos de recuperação; a fase três consistiu na aplicação do protocolo incremental em corrida vai-e-vem realizado em distância de 20 m (figura 6) com estágios de 3 min, nas intensidades de 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, e 15 km/h (ou até o participante tolerar o esforço); coletas de sangue também foram realizadas ao final de cada estágio.

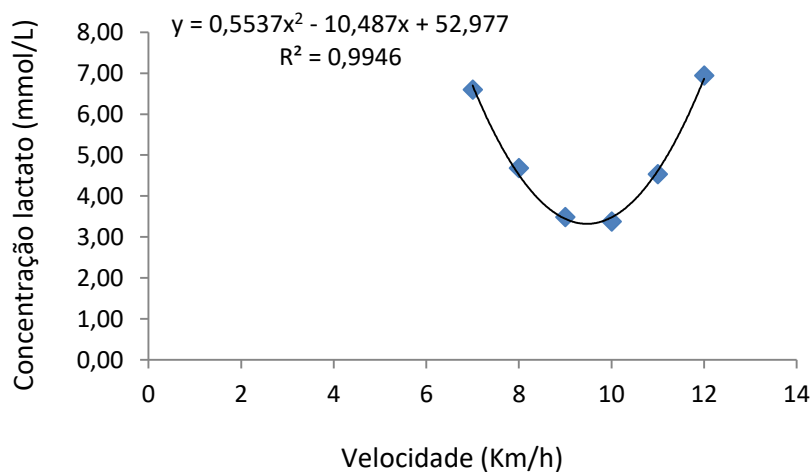


**Figura 6:** Ilustração da realização do protocolo incremental vai-e-vem.

Todos os testes foram realizados no mesmo período, entre final da tarde e noite (após às 18 horas). A velocidade durante o protocolo incremental na fase 3



foi controlada por metrônomo, o qual foi previamente configurado utilizando *software* específico. Caixas de som foram alocadas de maneira que todos os participantes conseguissem devidamente escutar os sinais sonoros emitidos pelo *software*. Os critérios de exaustão adotados foram: a) não manutenção da velocidade previamente estabelecida por duas vezes consecutivas; b) atingir a frequência cardíaca máxima, considerando  $220 - \text{idade}$ ; e/ou c) exaustão voluntária. Para determinação da intensidade de lactato mínimo (iLacMin) e concentração lactacidêmica na intensidade de lactato mínimo ([Lac]iLacMin), curvas individuais foram plotadas considerando a intensidade (km/h - eixo y) e a respectiva concentração de lactato (mM – eixo x); o ajuste polinomial de segunda ordem foi adotado, sendo a iLacMin e [Lac]iLacMin calculadas com base nas seguintes equações:  $iLacMin = b / (2 \cdot a)$ ;  $[Lac]iLacMin = ((a \cdot (iLacMin \cdot iLacMin)) - (b \cdot iLacMin) + d)$ . Visando analisar o percentual de sucesso, foram considerados como critérios a presença de quatro ou mais pontos matemáticos para a composição do ajuste, curva polinomial em formato de “U” com o “a” da equação apresentando valores positivos e  $R^2$  superior a 0,80 (Araujo et al., 2007; Messias et al., 2015).



**Figura 7:** Lactato mínimo derivada zero do ajuste Polinomial.

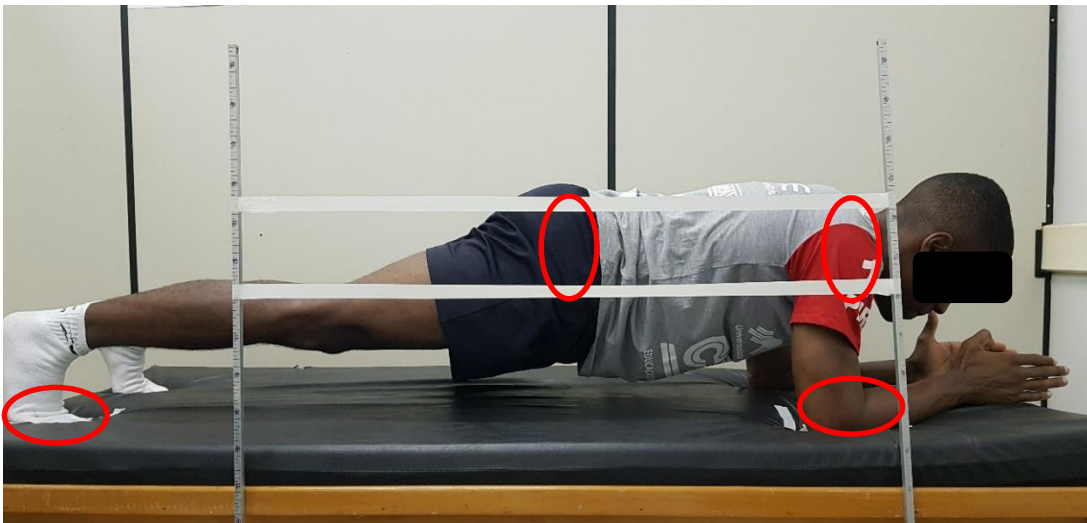
## **Funcionalidade do CORE**

A função global dos músculos do core (Fcore) foi avaliada pelo teste de resistência da prancha, protocolo proposto por Tong et al. (2014a), onde o atleta permaneceu na posição ventral com os cotovelos, antebraços e dedos alinhados com os ombros, e com a cabeça em posição neutra, seguindo uma sequência de ações que serão descritas abaixo. Como maneira de controle da manutenção na posição da prancha, duas cordas foram colocadas horizontalmente, com uma distância de 10 cm entre elas, ajustadas acima e abaixo da região do quadril, em alinhamento com o ombro. Este alinhamento serviu como referência para o monitoramento do deslocamento do quadril durante o teste. Além disto, as distâncias entre os cotovelos, entre os pés e entre cotovelos e os pés, e altura do quadril foram mensuradas, permanecendo constantes em todas as avaliações (figura 8). Durante a execução do teste, o avaliador sentou-se numa cadeira a 1 m de distância do atleta de modo a realizar o monitorado horizontalmente, e facilitar a observação do deslocamento do quadril. O atleta deveria manter a posição da prancha com bom alinhamento seguindo os seguintes passos:

- (1) Prancha básica por 60 segundos
- (2) Levante o braço direito do chão por 15 s
- (3) Levante braço esquerdo por 15 s
- (4) Levantar perna direita durante 15 s
- (5) Levante a perna esquerda por 15 s
- (6) Levantar a perna esquerda e braço direito por 15 s
- (7) Levantar perna direita e braço esquerdo por 15 s

- (8) Regresso à posição de base da prancha durante 30 segundos
- (9) Repetir os passos de (1) a (9)

Como critérios de interrupção do teste foram adotados o tempo máximo que o atleta suportar a posição e/ou foram toleradas duas correções de realinhamento realizadas pelo avaliador. O tempo máximo alcançado no teste em segundos (s) foi considerado a funcionalidade global dos músculos do core.



**Figura 8:** Ilustração da avaliação da funcionalidade global do core.

### **Treinamento muscular inspiratório associado ao treinamento do core**

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.

Todas as sessões foram supervisionadas pelo pesquisador responsável pelo treinamento. Para execução do protocolo de treinamento foram realizadas quatro posturas de estabilização do core em associação a um programa de treinamento muscular inspiratório durante o período de 10 semanas, com carga

progressiva, realizados três vezes por semana, sempre antecedendo o treinamento específico da modalidade (Durall et al., 2009; Griffiths & McConnell, 2007).

O treinamento muscular inspiratório, associado as posturas, foi realizado com um exercitador muscular inspiratório (*POWERbreathe* - modelo *Plus Heavy Resistance Sports*), seguindo os seguintes protocolos de carga inspiratória:

#### **Grupo Treinamento (GT)**

- 5 semanas de treinamento - 1<sup>a</sup> a 5<sup>a</sup> semanas: intensidade - 50% da P<sub>imáx</sub>.

- 5 semanas de treinamento - 6<sup>a</sup> a 10<sup>a</sup> semanas: intensidade- 60% da P<sub>imáx</sub>

#### **Grupo Placebo (GP)**

- 10 semanas de treinamento - 1<sup>a</sup> a 10<sup>a</sup> semanas: sem carga inspiratória (apenas utilizando o exercitador sem carga = 0).

As posturas de estabilização, bem como, o tempo de descanso e execução realizados foram os mesmos para ambos os grupos. Foram executadas, a cada sessão de treinamento, 2 séries de quatro posturas (associadas ao TMI), sendo realizadas as manutenções de cada postura por 1 minuto de execução seguida de 1 minuto de descanso entre elas (Kiani et al., 2010; McConnell, 2011).

Os atletas foram orientados a manter inspirações máximas durante o tempo de 1 minuto de execução a cada postura, e também, foram orientados a realizar contrações da musculatura abdominal e pélvica para a manutenção do trabalho de estabilização (McConnell, 2011). A execução da frequência respiratória (FR) durante as posturas foi orientada durante o período de familiarização do protocolo para ambos os grupos, mas não foi controlada a cada treino. Abaixo estão descritas as quatro posturas realizadas durante o protocolo

experimental de TMI associado às posturas do core. As posturas foram selecionadas objetivando um trabalho global de estabilidade englobando músculos das cadeias anterior, posterior e laterais.

- **Postura 1:** Prancha frontal – realizada com os cotovelos e pés apoiados no chão, cabeça em posição neutra, e quadril em alinhamento com altura dos ombros, mantendo uma linha reta ao longo do tronco (Figura 9).



**Figura 9:** Ilustração da postura prancha frontal.

- **Postura 2:** Prancha lateral direita - realizada com o cotovelo direito e um dos membros inferiores apoiados no chão, solicitando-se que o atleta mantivesse o quadril elevado, com alinhamento corporal (Figura 10).



**Figura 10:** Ilustração da postura prancha lateral direita.

- **Postura 3:** Prancha lateral esquerda - realizada com apenas o cotovelo esquerdo e um dos membros inferiores apoiados no chão, solicitando-se que o atleta mantivesse o quadril elevado, com alinhamento corporal.

(Figura 11)



**Figura 11:** Ilustração da postura prancha lateral esquerda.

- **Postura 4:** Ponte - realizada com o tronco, braços, e os dois pés apoiados ao solo, joelhos alinhados com os ombros. Solicitado ao atleta que realizasse a elevação do quadril mantendo bom alinhamento corporal.

(Figura 12)



**Figura 12:** Ilustração de um voluntário realizando a postura de ponte.

A fim de se manter uma carga inspiratória satisfatória, evitando o efeito de adaptação do treinamento sobre a carga ofertada, a cada duas semanas foram reavaliadas as pressões inspiratórias máximas pela manovacuômetria, com o mesmo protocolo descrito anteriormente, para o reajuste da carga de treinamento, porém, a carga foi ajustada apenas para o GT.

Ainda, os voluntários foram orientados a manter o mesmo padrão respiratório independentemente da carga imposta, afim de garantir o mesmo padrão para todos voluntários da pesquisa.

### **Treinamento específico da modalidade**

Todos os atletas realizavam o mesmo volume de treinamento específico da modalidade durante as 10 semanas do protocolo experimental. O treinamento específico consistiu em cinco dias semanais divididos em dois dias com ênfase em treinamentos físicos e três dias em treinamento 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. O início do protocolo experimental foi realizado ao final do período preparatório e início do período competitivo, a avaliação intermediária ocorreu durante o período competitivo e as reavaliações foram realizadas ao final 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 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**

Todos os resultados estão descritos em médias e seus respectivos desvios-padrões, e para todas as análises, adotou-se significância de 5%. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados pelo aplicativo SPSS versão 20.0.

Para realização da análise de intenção do tratar, foi realizada imputação dos dados dos voluntários que haviam sido randomizados e que não completaram o protocolo experimental, pelo método de múltipla imputação (Armijo-Olivo, Warren & Magee, 2009), onde foram criadas 5 imputações para cada variável, e para cada voluntário, sendo utilizada a média destes valores obtidos para posterior análise.

Após a análise da distribuição dos dados foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk, sendo os dados considerados normais e a hipótese de homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo Teste de Levene, assim, foram utilizados testes paramétricos para determinação da significância dos dados. O Teste T de Student para amostras independentes foi realizado para comparação intergrupos para os dados de caracterização da amostra. Considerando a hipótese de interesse do estudo, para verificação das diferenças intergrupos ao



longo dos momentos pré, intermediário e pós treinamento das demais variáveis foi realizada análise de variância (ANOVA) design misto (Grupo X Tempo). Quando observada interação Grupo x Tempo significativa as comparações múltiplas foram realizadas com ajuste de Bonferoni.

Para a análise da relação entre as variáveis, utilizou-se o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, sendo adotados os graus de correlação propostos por Mukaka (2012), que considera o índice de correlação insignificante quando estiver entre 0 e 0,3, baixa entre 0,3 e 0,5, moderada entre 0,5 e 0,7, alta entre 0,7 e 0,9, e muito alta entre 0,9 e 1.

## 5. RESULTADOS

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

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

Variáveis	GT (n=11)	GP (n=11)	p valor
Idade (anos)	22 ± 3	24 ± 5	0,18
Massa corporal (kg)	83,8 ± 10	88,7 ± 9	0,35
Estatura (m)	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1	0,99
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	25,7 ± 7	27,7 ± 2	0,33
% gordura	14,1 ± 6	18,0 ± 5	0,23
Massa Magra (Kg)	35,1 ± 3,6	36,6 ± 3,7	0,40
Tempo de prática esportiva (meses)	82,9 ± 34	95 ± 31	0,48

GT=Grupo treinamento; GP=Grupo placebo; IMC=índice massa corporal.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias e desvios padrões das respirações obtidas durante o monitoramento em 1 minuto de postura, para ambos os grupos nos períodos de adaptação da carga. Não houve interação significativa na comparação Grupo X Tempo para a FR.

**Tabela 2:** Número de ciclos respiratórios realizadas durante 1 minuto de execução de postura de estabilização do core, após adaptação das cargas respiratória realizadas durante o protocolo experimental.

Variável	1ª adaptação		2ª adaptação		3ª adaptação		Interação
	GT	GP	GT	GP	GT	GP	G x T
FR	12,9 ±	13 ±	10,8 ±	10,9 ±	10,8 ±	10,8 ±	NS
1 min	1,9	2	0,9	1,4	1,2	0,9	

GT=Grupo treinamento; GP=Grupo placebo; FR= frequência respiratória. GxT=grupo versus tempo.

Os resultados da função respiratória e função do core, estão apresentados na Tabela 3. Foi observada interação Grupo x Tempo significativa para as variáveis da PImáx (F= 14,18, p= 0,000), PEmáx (F= 4,21, p= 0,022) e Fcore (F= 7,98, p= 0,001).

As comparações múltiplas revelaram que houve aumento significativo da PImáx entre os momentos pré e intermediário, intermediário e pós, e pré e pós treinamento somente para o grupo GT, com diferença significativa na comparação entre os grupos para o momento pós treinamento. Já para a PEmáx houve aumento significativo entre os momentos pré e intermediário, intermediário e pós, e pré e pós treinamento para o grupo GT, e entre os momentos pré e pós para o GP.

Quanto a Fcore a comparação múltipla apontou para um aumento significativo entre os momentos pré e intermediário, pré e pós para ambos os

grupos, e entre os momentos intermediário e pós treinamento, somente para o grupo GT, com diferença significativa na comparação entre os grupos para o momento pós treinamento.

**Tabela 3:** Pressões respiratórias máximas, ventilação voluntária máxima e função do core. Momentos pré, intermediário e pós treinamento dos grupos estudados.

Variáveis	Pré		Intermediário		Pós		Interação
	GT	GP	GT	GP	GT	GP	
PI <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	156,9 ± 36,2	167,8 ± 36,4	192,3 * ± 30,3	181,4 ± 30,9	221,8 ** # <sup>T</sup> ± 31,7	178,7 ± 28,1	<0,05
PE <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	163,2 ± 32,1	192,7 ± 33,8	195,3 * ± 24,4	208,7 ± 33,7	224,3 ** # ± 33,1	221,5 # ± 34,1	<0,05
VVM (L)	171,3 ± 25,9	173,2 ± 27,7	184,3 ± 21,7	182,7 ± 17,4	209,3 ± 19,8	187,5 ± 25,8	NS
F Core (s)	98,5 ± 37,1	88,7 ± 24,1	148,5 * ± 55,2	142,7 * ± 26,9	235,7 ** # <sup>T</sup> ± 53,1	172,8 # ± 41,7	<0,05

GT=Grupo treinamento; GP=Grupo placebo; PI<sub>máx</sub>=pressão inspiratória máxima; PE<sub>máx</sub>=pressão expiratória máxima; VVM=ventilação voluntária máxima; F core=função do core. GxT=grupo versus tempo. \*p<0,05: comparação entre momento pré e intermediário; \*\*p<0,05: comparação entre momento intermediário e pós; # p<0,05: comparação entre momento pré e pós treinamento; <sup>T</sup> p<0,05: comparação entre os grupos.

Os dados do teste incremental, obtidos pelo protocolo LacMin, e os resultados obtidos pelo RAST estão apresentados na Tabela 4.

Foi observada interação Grupo x Tempo significativa para as variáveis de potência média relativa (F= 4,57; p= 0,016) e potência mínima relativa (F= 3,67; p= 0,034). As comparações múltiplas apontam que houve aumento significativo da potência relativa média e potência relativa mínima entre os momentos pré e pós treinamento, e aumento significativo destas variáveis entre os momentos intermediário e pós treinamento. Na comparação entre os grupos,

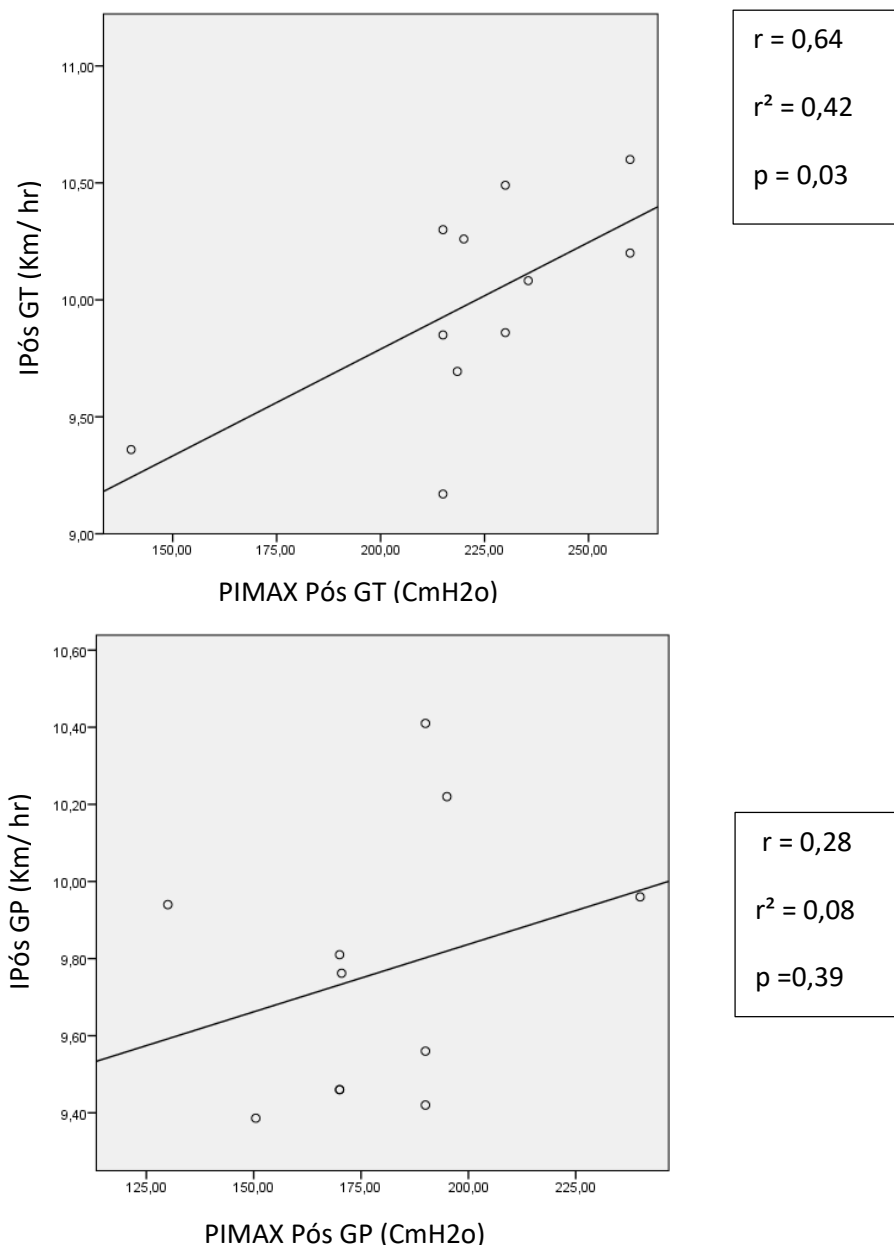
houve diferença significativa das potências relativas (mínima e média) no momento pós treinamento.

**Tabela 4:** Variáveis obtidas pelo protocolo lactato mínimo: intensidade e concentração de lactato mínimo, potências (relativa e absoluta) e o índice de fadiga (obtida pelo RAST). Momentos pré, intermediário e pós treinamento, para os grupos estudados.

Variáveis	Pré		Intermediário		Pós		Interação G x T
	GT	GP	GT	GP	GT	GP	
iLacMin (Km/h)	9,1 ±0,9	9,1 ±0,6	9,3 ±0,5	9,4 ±0,4	10 ±0,4	9,7 ±0,3	NS
[Lac]LacMin (mmol/L)	5,4 ±1,9	6,7 ±2,2	3,4 ±1,7	4,5 ±2,7	2,6 ±1,4	3,5 ±2,6	NS
[Lac] Pico (mmol/L)	8,9 ±2,5	9,6 ±1,8	8,6 ±1,9	8,1 ±1,9	9,1 ±1,9	9,2 ±1,6	NS
Pmax (watts)	713 ±133,7	773,4 ±155,8	695,7 ±77,4	831,5 ±165,2	862,9 ±179,4	867,1 ±156,4	NS
Pmed (watts)	602,3 ±105,4	617,9 ±124,6	576,9 ±59,4	644,4 ±122,4	720,1 ±112,6	673,1 ±108,8	NS
Pmin (watts)	498,4 ±106,6	472,2 ±120,1	459,4 ±65,7	467,2 ±120,9	593,2 ±79,5	529,8 ±94,1	NS
Pmax (w/kg)	8,7 ±2,0	8,8 ±1,9	8,4 ±1,4	9,3 ±1,6	10,9 ±2,3	9,6 ±1,5	NS
Pmed (w/kg)	7,4 ±1,6	7,1 ±1,6	7,0 ±1,1	7,2 ±1,2	9,1 ** # <sup>T</sup> ±1,3	7,6 ±1,3	<0,05
Pmin (w/kg)	6,1 ±1,5	5,4 ±1,5	5,6 ±1,1	5,2 ±1,2	7,5 ** # <sup>T</sup> ±1,1	5,8 ±1,4	<0,05
IF (W/s <sup>-1</sup> )	5,9 ±1,7	8,7 ±6,4	6,9 ±1,8	9,9 ±4,5	6,0 ±3,2	8,4 ±4,1	NS

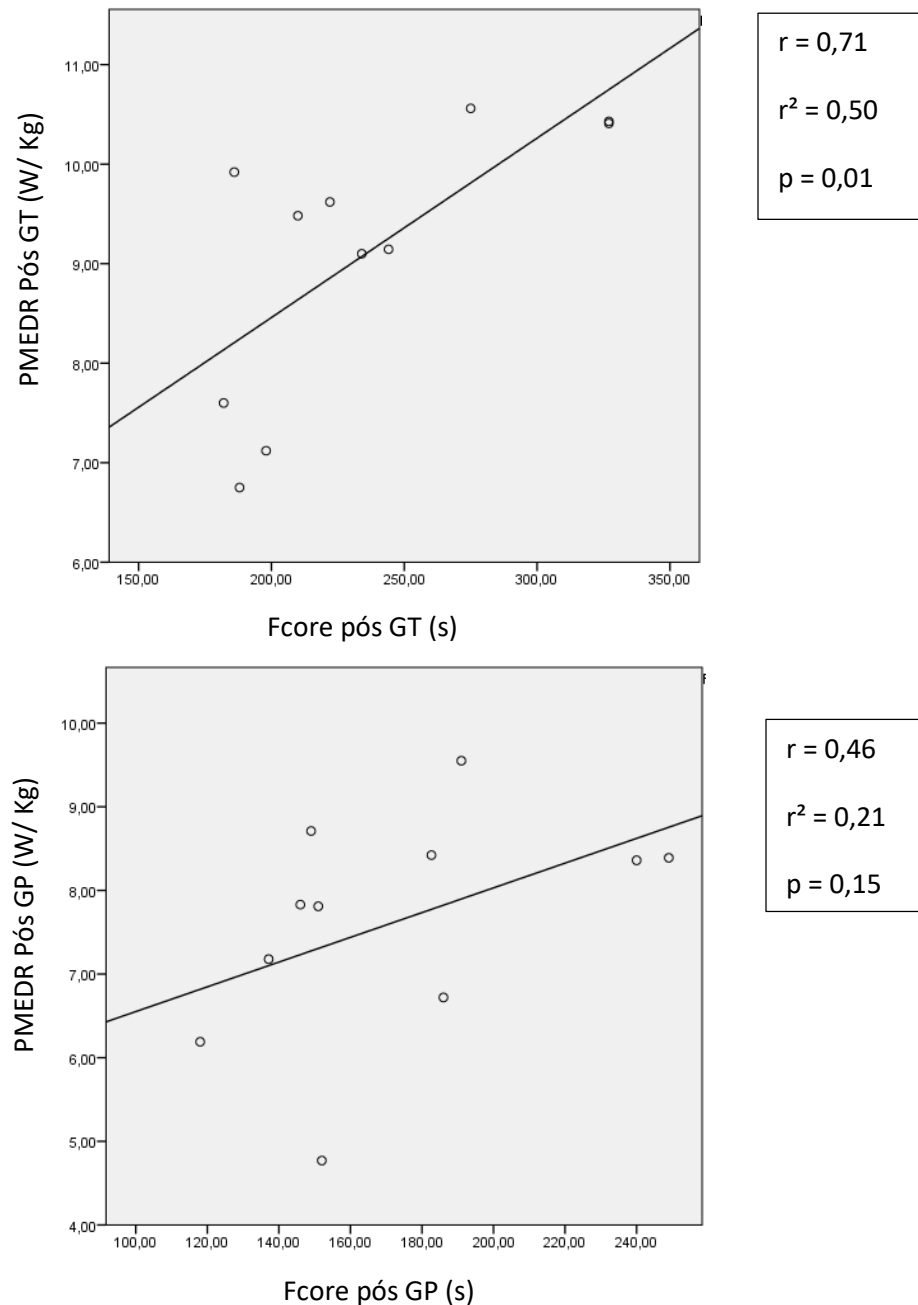
GT=Grupo treinamento; GP=Grupo placebo; i= intensidade; lac= Lactato; Pmax = potência máxima; Pmed= potência média; Pmin= potência mínima; IF = índice de fadiga; GxT=grupo versus tempo. \*p<0,05: comparação entre momento pré e intermediário; \*\*p<0,05: comparação entre momento intermediário e pós # p<0,05: comparação entre momento pré e pós; <sup>T</sup> p<0,05: comparação entre os grupos.

A Figura 13 representa a análise de correlação entre a intensidade do lactato mínimo e a pressão inspiratória máxima para ambos os grupos no momento pós treinamento, mostrando correlação significativa moderada para o GT, e baixa para o GP.



**Figura 13:** Correlação entre a intensidade do lactato mínimo e a pressão inspiratória máxima para o grupo treinamento (GT) e grupo placebo (GP), no momento pós treinamento. Correlação significativa moderada ( $r = 0,64$ ;  $p = 0,03$ ) para o GT; Correlação não significativa baixa para GP ( $r = 0,28$ ;  $p = 0,39$ ). IP= Intensidade pós treinamento; PIMAX= pressão inspiratória máxima.

A Figura 14 representa a correlação entre a função do core e a potência média relativa do RAST, para ambos os grupos no momento pós treinamento, mostrando correlação significativa alta para o GT, e não significativa baixa para o GP.



**Figura 14:** Correlação entre a função do core e a potência média relativa do teste do lactato mínimo (RAST) para o grupo treinamento (GT) e grupo placebo (GP), no momento pós treinamento. Correlação significativa alta ( $r = 0,71$ ;  $p = 0,001$ ) para o GT; Correlação não significativa baixa para GP ( $r = 0,46$ ;  $p = 0,15$ ). PMEDR= Potência média relativa pós treinamento. Fcore= Função core.

## 6. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo investigar se a aplicação de um protocolo de treinamento muscular inspiratório associado ao treinamento do core, aplicado por um período de 10 semanas, poderia gerar aumento na força e resistência muscular respiratória, na funcionalidade do core, bem como, no desempenho físico em atletas da modalidade de handebol. Os resultados encontrados apontaram interação significativa entre Grupo x Tempo para as variáveis de Pmáx, PEmáx, Fcore e Potência anaeróbia. As comparações múltiplas após o treinamento apontam que houve aumento significativo da FMI e FME, Fcore, e potência anaeróbia para o GT, e, aumento significativo da FME, Fcore e para o GP. Na comparação entre os grupos, os grupos não apresentaram diferenças significativas no momento pré intervenção. Diferenças significativas na comparação entre os grupos foram observadas, após o treinamento, para as variáveis de FMI, Fcore e desempenho de potência anaeróbia, onde o GT apresentou valores significativamente maiores em relação ao GP. Até nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos da associação do TMI ao treinamento do core em atletas, bem como, o primeiro a descrever seu potencial em influenciar positivamente o aumento da FMI, funcionalidade global do core e potência em atletas.

O aumento na FMI, após um período de TMI, representa a adaptação dos músculos inspiratórios frente ao treinamento específico proposto, influenciada principalmente pela imposição de cargas progressivas de treinamento. O incremento da FMI é capaz de contribuir para a melhora do condicionamento da musculatura inspiratória, gerando redução das exigências musculares para a

mesma carga exercida previamente ao período de treinamento (Volianitis et al., 2001), além de, contribuir através desta adaptação, com a diminuição do esforço respiratório para a mesma intensidade de exercício. Estes fatores se associam a atenuação do desencadeamento do mecanismo de fadiga muscular inspiratória (Romer, McConnell & Jones, 2001; Wells & Norris, 2009), podendo assim, favorecer o melhor desempenho físico dos atletas durante as atividades de maior intensidade.

As comparações múltiplas observadas neste estudo mostraram aumento significativo da  $PI_{máx}$  após o período de treinamento apenas para o GT, que realizou o TMI com carga progressiva associada ao treinamento do core. Estudos prévios que avaliaram as respostas de incremento de FMI após um período de TMI em atletas, também observaram aumento significativo da força muscular inspiratória (Volianitis 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), entretanto, a melhora do desempenho físico esportivo após o TMI nem sempre é observado (Hart, 2001; Volianitis, 2001; Griffiths & McConnell, 2007), o que pode estar relacionado ao controle inadequado da progressão do treinamento, às características específicas de mecânica de movimentação, ou até mesmo, às intensidades e necessidades metabólicas requeridas por cada modalidade especificamente (Hajghanbari et al., 2013).

Vale ressaltar que o controle e progressão adequada da carga de treinamento associada ao adequado padrão respiratório são pontos determinantes para o sucesso do TMI e incremento da FMI. Segundo McConnell & Griffiths (2010), cargas de TMI superiores a 70% da  $PI_{máx}$ , podem ser



prejudiciais ao treinamento dos músculos inspiratórios, afinal, cargas excessivas podem levar à redução do volume de ar deslocado a cada ciclo respiratório, alterando o padrão correto da respiração durante a sessão de treinamento.

Considerando o padrão adequado de respiração durante as sessões de TMI, Segundo Romer & McConnell (2003) é importante que as cargas de trabalho estejam adequadas, sem excesso, e que o ciclo respiratório seja executado por uma inspiração máxima até a capacidade pulmonar total, seguida de uma expiração lenta por volta de 4 segundos, sugerindo uma frequência respiratória de 10 a 12 repetições por minuto (McConnell, 2011). Os resultados do presente estudo apontam que não houve interação significativa na comparação grupo x tempo para a FR avaliada durante 1 minuto execução na postura do core, nos momentos de adaptação das cargas de treinamento inspiratório, o que sugere que a carga inspiratória imposta no GT não gerou modificações em comparação com o GP, apontando um efeito positivo sobre a FR, considerando que a mesma se manteve adequada mesmo com o incremento de carga. Entretanto, ressaltamos que ambos os grupos apresentaram redução da FR ao longo do protocolo experimental, o que sugere que essa adaptação foi favorecida pela orientação correta do padrão respiratório em ambos os grupos, representando uma melhora da funcionalidade entre os ciclos inspiratórios e expiratórios, bem como, a FR mostrou estar adequada em ambos os grupos pelo preconizado para o treinamento inspiratório associado ao treino do core (McConnell, 2011)

Não foram encontrados na literatura pesquisada estudos que realizaram o TMI com cargas progressivas em associação ao treinamento do core em atletas, porém acredita-se que o incremento das cargas de TMI em associação

ao treinamento do core, acrescida do padrão adequado de treinamento, utilizadas neste estudo, baseado nas respostas já observadas do TMI isoladamente, demonstram o potencial deste protocolo para o incremento significativo da FMI no GT.

Quanto a resistência muscular respiratória, Oueslati et al. (2016) verificaram que a capacidade de resistência dos músculos respiratórios possui determinante correlação com a manutenção de esforços respiratórios e condutância vascular em exercícios de alta intensidade, considerando que quanto maior a resistência dos músculos respiratórios maior será o tempo de manutenção da ventilação em alta intensidade e menor a sobrecarga metabólica sobre estes músculo .Em somatória, recente revisão sistemática buscou verificar os efeitos do TMR na capacidade de *endurance* respiratória em sujeitos atletas e não atletas, confirmando que uma das adaptações após o TMR é o incremento da FMI e da resistência muscular respiratória, alcançada pelo maior condicionamento muscular após o treinamento (Sales et al.,2016). Os autores ressaltam que o protocolo ideal para a melhora da RMR após TMR ainda parece controverso, justificando que existem diversas intensidades de aplicações descritas na literatura, muitas vezes realizadas com progressão da carga ineficaz, ou com o número amostral reduzido. Além disso, a forma de avaliação da RMR, pode influenciar a verificação dos ganhos desta capacidade após o TMR, visto que, alguns estudos observaram ganhos na FMI mas não observaram mudanças significativas na RMR avaliada pela VVM (Forbes et al., 2011; Romer et al., 2002).

Segundo Sales et al. (2016) a VVM, embora considerado um método validado para avaliação da RMR parece ser menos sensível para identificação

das suas variações, visto que, o tempo de execução do teste que está entre 12 e 15 segundos de ventilação máxima (ATS, 2002), não representa as demandas contráteis e metabólicas similares às impostas aos músculos respiratórios durante o exercício para verificação adequada das adaptações após o TMI na RMR, em comparação a testes de capacidade máxima de sustentação da ventilação, aos quais são impostas resistências inspiratórias e expiratórias por vários minutos de execução. Por outro lado, um estudo prévio de nosso grupo que investigou os efeitos do TMI em atletas de handebol (Hartz et al., 2018), observou aumento da RMR após o TMI com carga incremental, avaliada pela VVM, mostrando as adaptações positivas do TMI sobre a RMR na modalidade de handebol. Os resultados desta pesquisa apontam que não houve interação significativa entre Grupo x Tempo para a variável da VVM, o que pode estar associado, sob nossa ótica, à proposta de aplicação do protocolo executado, ao qual difere do TMI convencional realizado em grande parte dos estudos, consistindo em um protocolo de 2 séries de 30 inspirações, 5 vezes na semana.

Considerando a variável de FME, estudos prévios demonstraram diminuição desta após exercícios de alta intensidade (Hackett et al., 2012), bem como diminuição da FMI (Janssens et al., 2015), influenciadas especialmente pelas altas demandas ventilatórias, que contribuem para a fadiga dos músculos abdominais e do diafragma, respectivamente, favorecendo não só a queda na FMI e FME, mas também o aumento na instabilidade do core. Em contrapartida, a utilização de estratégias de exercícios de estabilidade do core geraram aumento significativo da PImáx (Özdal, 2016), bem como, o TMI contribuiu para o aumento da PImáx e apresentou alta correlação com a melhora da funcionalidade do core (Tong, 2016), apontando a influência da melhora das

variáveis de FMI e sua relação com a funcionalidade do tronco, obtidas por ambas metodologias de treinamento, tanto o TMI como o TC.

A relação entre a FMI, FME e funcionalidade do core, pode ser explicada por meio do conceito mecânico ao qual se entende que, ao realizar a contração diafragmática, ocorre uma retificação deste músculo a fim de reduzir a pressão intratorácica (Reid & Dechman, 1995), concomitantemente, esta ação provoca aumento da pressão intra-abdominal, devido à compressão do conteúdo visceral presente nesta cavidade (Ratnovsky, 2008). O aumento da pressão intra-abdominal é transmitido lateralmente pela caixa torácica levando a expansão da porção inferior do tórax (De Troyer et al., 1982), o que reflete em maior tensão das fibras musculares dos músculos do tronco, entre elas as fibras musculares abdominais. Assim, quanto maior a pressão gerada pela contração e amplitude de movimento diafragmático, maior será a força de retração exercida pela musculatura do tronco durante a expiração, sendo que este mecanismo pode explicar o fato de que o grupo que realizou o TMI em associação ao treinamento do core obteve um comportamento de aumento significativo da FME no momento intermediário para o momento pós, possivelmente influenciado pela maior FMI. Vale destacar que em ambos os grupos foi observado aumento significativo da FME após o treinamento, o que se justifica possivelmente pela melhora da força e estabilização dos músculos do tronco, entre eles os abdominais, em decorrência ao treinamento específico do core.

Considerando esta relação entre a mecânica ventilatória, fadiga muscular inspiratória e expiratória e funcionalidade dos músculos do core, Tong et al., (2014b) avaliaram os efeitos de exercícios de alta intensidade sobre a fadiga muscular respiratória e Fcore, observando que os declínios na função muscular

inspiratória obtiveram alta correlação com o declínio da Fcore, e DF em corredores, atribuindo essencial importância para o condicionamento muscular inspiratório, objetivando reduzir a fadiga global dos músculos do core e otimizar o desempenho de atletas em exercícios de altas intensidades.

Adicionalmente, buscando compreender o papel de TMI e do treinamento do core na estabilidade do tronco, Brilla & Kauffman (2014), observaram benefícios sobre a ativação dos músculos do tronco em ambos protocolos de treinamento aplicados. O TMI promoveu melhora na ativação do músculo diafragma e do músculo transverso do abdome, enquanto o treinamento do core promoveu maior ativação dos músculos extensores do tronco, e músculos abdominais, sugerindo que ambos protocolos exercem ações diferenciadas na estabilidade do tronco, bem como, sua aplicação concomitante poderia promover efeitos superiores à aplicação de forma isolada. Além disso, Wirth et al. (2017) ressaltam que os protocolos de treinamento do core influenciam a capacidade de estabilidade do tronco, através de adaptações ao sistema nervoso central e melhora da ativação dos músculos do tronco.

Os resultados da presente investigação mostram que houve interação significativa entre grupo x tempo para a Fcore. As comparações mostram aumento da funcionalidade global dos músculos do core em ambos os grupos após o treinamento, sugerindo que o treinamento do core foi capaz de influenciar positivamente esta capacidade em todos os atletas. Entretanto, o GT apresentou um aumento significativo do momento intermediário para o momento pós treinamento, o que não foi observado no GP, com diferença significativa para esta capacidade entre os grupos no momento pós treinamento. Estas respostas sugerem que o grupo que realizou o TMI associado ao treinamento do core

obteve resultados superiores em relação a Fcore, possivelmente atribuídos pelo incremento da FMI e FME, como descrito anteriormente, sendo estes, fatores contribuintes para melhora da resistência e funcionalidade global do core.

Como já descrito em estudos prévios, o aumento da estabilidade do core representa uma variável que pode contribuir para melhora do desempenho e prevenção de lesões em atletas (Lopes et al., 2017; Emami et al., 2018). Sobretudo, uma deficiência encontrada na literatura para reforçar esta hipótese, se dá pelo fato de que grande parte dos estudos já descritos avaliaram a função do core pela atividade de alguns músculos isoladamente ou em posturas específicas (Haugen et al., 2016), não representando o funcionamento global do core, dificultando assim o entendimento da relação entre estas variáveis de estabilidade global e desempenho. No entanto, ressalta-se que a avaliação da resistência e funcionalidade global do tronco, utilizada no presente estudo, seguiu a metodologia do teste elaborado por Tong et al., (2014a), o qual apresentou prévia validação e confiabilidade para determinação desta capacidade em atletas.

Ao considerarmos o conceito de melhora do controle e estabilidade central e conseqüente transferência de forças para as extremidades, evidências apontam que treinamento do core foi capaz de contribuir para o maior desempenho em atividades específicas para o esporte, como o arremesso em atletas de handebol (Saeterbakken et al., 2011; Manchado et al., 2017), e o chute e capacidades de potência em atletas de futebol (Hoshikawa et al., 2013; Prieske et al., 2016). Corroborando os achados destas pesquisas, nossos resultados mostram que houve aumento significativo no desempenho de potência anaeróbia, apenas para o GT, no momento final do treinamento, apresentando

uma correlação significativa alta da melhora da funcionalidade global do core com as variáveis de potência. Tais respostas sugerem que o incremento da funcionalidade do core, que foi superior para o GT, pode ter influenciado nas ações dinâmicas de alta intensidade e curta duração, e explicado pela melhor eficiência mecânica do tronco e melhor transição de forças para a atividade, frente ao esforço intenso.

Adicionalmente, o presente estudo parece ser o primeiro a verificar os benefícios de um programa de treinamento muscular inspiratório com incremento de carga em associação ao treinamento do core sobre a funcionalidade global do core e desempenho de potência anaeróbia em atletas. A hipótese de correlação foi sugerida a partir do estudo de Tong et al. (2016), no qual observou-se melhora na capacidade de resistência na corrida em alta intensidade, pela associação de um programa de treinamento intervalado de alta intensidade a um programa de treinamento funcional inspiratório.

A limitação do desempenho físico aeróbio em atletas, e sua relação com a musculatura inspiratória, pode ser explicada pela ativação do mecanismo metaborreflexo induzido pelo alto trabalho da musculatura inspiratória. Tanaka et al. (2017) em recente revisão sistemática, ressaltam que em atletas submetidos a atividades de alta intensidade somadas a altas cargas respiratórias, os músculos acessórios inspiratórios, especialmente os músculos esternocleidomastóideos, apresentam menor volume, fluxo e oxigenação sanguínea, o que contribuirá para o desencadeamento de fadiga inspiratória e do mecanismo metaborreflexo. Além disso, tal redução de oxigenação aos músculos inspiratórios culminou com posterior redução da oxigenação dos

músculos dos membros inferiores, apontando a “competição” do fluxo sanguíneo durante a atividade de alta intensidade, que comprometerá o desempenho.

O mecanismo metaborreflexo é desencadeado em resposta ao incremento do exercício, onde as fibras do tipo III e IV são ativadas, gerando uma resposta reflexa vasoconstritora para os músculos em atividade, causando redirecionamento do fluxo sanguíneo para a musculatura inspiratória, prejudicando assim o desempenho muscular periférico (StCroix et al., 2000). 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), induzidas especialmente pelas alterações quimiosensitivas.

Ao relacionar-se o uso do TMI com a melhora do desempenho esportivo em diversas modalidades esportivas, seus benefícios estão atrelados a sua capacidade em melhorar o desempenho de força e resistência muscular respiratória (Hajghanbari et al., 2013). Tais benefícios são responsáveis pela melhor eficiência ventilatória e maior resistência à fadiga, gerando menor exigência mecânica e metabólica para esta musculatura durante o exercício, impedindo ou retardando a ativação do mecanismo reflexo de vasoconstrição dos músculos locomotores (Sheel, 2002), favorecendo assim o melhor desempenho dos atletas. Sobretudo, ao verificar os efeitos do TMI no esporte, os resultados encontrados na literatura são conflitantes, visto que, algumas pesquisas possuem limitações relacionadas ao controle das cargas de treinamento impostas, à distribuição de subgrupos para comparação após o



período de treinamento, e a utilização de ferramentas inadequadas de avaliação, comprometendo a interpretação adequada dos resultados apresentados (Hajghanbari et al., 2013), portanto, dificultando a discussão da eficácia do TMI para as diferentes modalidades.

Como já descrito anteriormente algumas modalidades parecem ter maiores benefícios com a utilização do TMI, em decorrência de suas características específicas. Modalidades que possuem alta exigência ventilatória e metabólica associada a atividade esportiva envolvendo os membros superiores, apresentam dupla exigência sobre a musculatura inspiratória, o que se justificada pela ação destes músculos durante a realização do gesto esportivo, bem como, simultânea ativação para a manutenção do processo de inspiração em altas intensidades do exercício (Lomax, 2014). Complementarmente em estudo prévio de nosso grupo, verificamos a presença de assimetria e fadiga da musculatura inspiratória acessória do lado dominante de arremesso em atletas de handebol (Hartz et al., 2015), confirmando esta relação de dupla sobrecarga a esta musculatura nesta modalidade.

Ainda, em exercícios com característica de alta intensidade pode ocorrer fadiga tanto da musculatura respiratória como também abdominal, sendo ambas prejudiciais para o desempenho (Taylor et al., 2006; Peters et al., 2017). O estudo de Tong et al. (2014b) confirmou que a fadiga muscular inspiratória possui alta correlação com a fadiga dos músculos do core, e com a perda do desempenho esportivo em alta intensidade, bem como, Janssens et al. (2015) apontam que a fadiga inspiratória afeta a coordenação do trabalho respiratório, induzindo a instabilidade do tronco, afetando o controle postural. Já, Taylor e Romer (2008) mostraram que a fadiga muscular expiratória foi correlacionada

com a queda do desempenho máximo e piora na percepção de esforço, contribuindo como fator limitante ao exercício.

Sobre a relação da execução de exercícios dos membros superiores em alta intensidade e sua influência sobre a fadiga muscular respiratória e abdominal, Tiller et al. (2017) observaram que após a indução de exercícios intensos nos membros superiores, a fadiga da musculatura abdominal foi induzida, e atrelada a necessidade da musculatura do tronco em realizar multitarefas, pela sua ação ventilatória, postural e mecânica, concomitantemente. Seus resultados sugerem que em indivíduos que executem ações de membros superiores em alta intensidade, a multitarefa deve ser trabalhada, bem como, a relação destas variáveis em atletas que realizam este tipo de movimentação sejam investigadas, já que estes fatores podem influenciar o desempenho.

Investigando os efeitos da aplicação do TMI em atletas remadores, com tais características de dupla sobrecarga, Volianitis et al. (2001) relacionaram a melhora do desempenho físico dos atletas à melhora da força muscular inspiratória, justificando tais respostas, pela diminuição da sobrecarga gerada pela dupla exigência mecânica a musculatura inspiratória, em níveis de alta intensidade de exercício. De forma semelhante, a modalidade handebol possui características de alta exigência mecânica na região do tronco e nos membros superiores, em decorrência da necessidade de realização de intensos esforços durante os momentos de contato físico corporal, e do alto número de arremessos realizados durante a partida (Pieper, 1998). O incremento da capacidade aeróbia após um período de TMI em atletas de handebol foi verificado previamente (Hartz et al., 2018), e associado à melhora do condicionamento e funcionalidade dos

músculos inspiratórios após o treinamento, contribuindo para uma melhor eficiência ventilatória em alta intensidade e consequente redução da demanda metabólica durante o exercício.

As respostas observadas pelo LacMin em nossos resultados, apontam que não houve interação grupo x tempo para as variáveis aeróbias, mostrando que o GT não diferiu do GP nesta variável. Entretanto, ambos grupos apresentam comportamento semelhante de aumento da intensidade no LacMin e diminuição da concentração de lactato após o treinamento, representando melhora do condicionamento físico aeróbio. Embora, ambos grupos tenham apresentado melhora nos momentos pré e pós treinamento, apenas o GT apresentou uma correlação significativa moderada para a relação entre a  $PI_{máx}$  e  $iLacMin$  após o treinamento. Essas respostas sugerem o aumento da FMI observada no GT pode ter influenciado na melhora do condicionamento aeróbio deste grupo, entretanto, não foi determinante para promover aumento significativamente maior na comparação entre os grupos.

É importante complementar que os treinamentos de estabilização do core geram benefícios para a prevenção de lesões e também no desempenho esportivo, justificados pelo melhor controle postural e pela melhor transição de forças frente as atividades esportivas (Hewett & Bates, 2017). Reed et al. (2012) apontam ainda, que protocolos de estabilização não são responsáveis unicamente pela melhora do desempenho, sendo importante lembrar sua associação ao treinamento específico das modalidades, visto que, modalidades que requerem maior estabilidade e força do core, que envolvam em sua prática maiores movimentações de tronco, corrida e mudanças de direção, podem obter maiores benefícios nas capacidades esportivas frente ao treinamento do core.

Além disso, o treinamento de estabilização é capaz de gerar adaptações neuromusculares, sendo estas, responsáveis pela íntegra capacidade de funcionamento do sistema neuromuscular. Esta capacidade se torna fundamental para a boa estabilidade do core e para a transferência de forças durante a atividade esportiva, garantida pelo funcionamento ideal entre a capacidade de controle neuromuscular e transmissão de ativação muscular rápida durante as variações nas ações do tronco (Silfies et al., 2015). Estes estudos suportam a hipótese de que nossos resultados de melhora da capacidade aeróbia em ambos os grupos, podem ter sido influenciadas pela melhora da funcionalidade do core, resultando em melhor controle neuromotor do tronco durante o teste incremental. Em somatória é fundamental ressaltarmos que ao realizar o protocolo de treinamento proposto previamente ao treinamento específico da modalidade, é possível que as adaptações neuromusculares tenham favorecido a melhora do recrutamento e eficiência dos músculos do tronco durante o treinamento específico, e a longo prazo, associado ao treinamento específico da modalidade e periodização da equipe, favorecido a melhor eficiência mecânica dos atletas nas ações atléticas em alta intensidade, promovendo economia de movimento e contribuindo para o condicionamento aeróbio em ambos os grupos.

Segundo McConnell (2011), os principais objetivos do treinamento do core em associação ao treinamento respiratório, são relacionados à melhora da função de estabilização da pelve e do tronco, aumentando a eficiência da atividade esportiva, além do aumento da capacidade da musculatura inspiratória em exercer seu papel nas ações respiratórias em alta intensidade. Sua capacidade de melhorar o desempenho esportivo está atrelada à melhora da

eficiência da musculatura do tronco em exercer sua ação ventilatória e estabilizadora concomitantemente aos diversos desafios impostos pelos gestos esportivos. Partindo deste conceito, Tong et al. (2016) verificaram que a associação do treinamento funcional inspiratório ao treinamento intervalado de alta intensidade, foi capaz de exercer melhora no condicionamento de resistência do core, bem como, na resistência, e na economia de movimento durante a corrida, justificando que a associação de ambos treinamentos foi capaz de gerar melhora da funcionalidade e eficiência dos músculos do core, influenciando a melhora da atividade esportiva em alta intensidade.

Corroborando o estudo Tong et al. (2016), verificamos em nossos resultados melhora da funcionalidade do core e do desempenho físico aeróbio em alta intensidade em ambos os grupos, bem como do desempenho físico anaeróbio para o GT. A FMI, bem como a funcionalidade do core e o desempenho físico de potência anaeróbia, obtiveram maiores adaptações após a imposição da carga progressiva de treinamento inspiratório associada ao treino de estabilização. Tais respostas confirmam a hipótese deste estudo de que a associação do TMI com carga incremental ao treinamento do core, contribui para melhora das capacidades respiratórias, melhora da funcionalidade do core, e melhor desempenho físico em atletas de handebol.

Por fim, acreditamos que nossos achados podem contribuir para a compreensão dos efeitos da associação do TMI ao treinamento do core, demonstrando a importância da utilização destas metodologias para melhora das atividades funcionais da musculatura do tronco durante as atividades esportivas de alta intensidade, bem como, nossos resultados podem servir como orientação

para equipes técnicas da modalidade, para futuras aplicações desta especialidade de treinamento em atletas de handebol.

## **7. CONCLUSÃO**

O treinamento muscular inspiratório associado ao treinamento do core promoveu aumento da força muscular respiratória, da funcionalidade global do core e da potência anaeróbia, sugerindo que o protocolo utilizado pode ser uma ferramenta a ser incorporada no treinamento de atletas de handebol, como estratégia para favorecer a melhora do desempenho físico durante sua prática esportiva.

## 8. REFERÊNCIAS\*

Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2004; 85:86-92.

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

Araujo GG, Papoti M, Manchado FdeB, de Mello MA, Gobatto CA. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol. 2007;148 :888–892.

Araujo GG, Manchado-Gobatto FdeB, Papoti M, Camargo BHF, Gobatto CA. Anaerobic and Aerobic Performances in Elite Basketball Players. J Hum Kinet. 2014; 29; 42: 137–147.

Armijo-Olivo S, Warren S, Magee D. Physical Therapy Reviews. Intention to treat analysis, compliance, drop-outs and how to deal with missing data in clinical research: a review 2009; 14(1): 36-49.

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

Bliven KC, Anderson BE. Core stability training for injury prevention. Sports Health. 2013; 5(6):514-22.

Brilla LR, Kauffman TH. Effect of Inspiratory Muscle Training and Core Exercise Training on Core Functional Tests. Journal of Exercise Physiology. 2014; 17(3): 12-20.



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.

David S, Komnik I, Peters M, Funken J, Potthast W. Identification and risk estimation of movement strategies during cutting maneuvers. *J Sci Med Sport*. 2017; 25:1440-2440.

De Troyer A, Kelly S. Chest wall mechanics in dogs with acute diaphragm paralysis. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982; 53 (2): 373-9.

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.

Dominelli PB, Molgat-Seon Y, Griesdale DEG, et al. Exercise-induced quadriceps muscle fatigue in men and women: effects of arterial oxygen content and respiratory muscle work. *J Physiol*. 2017; 595(15):5227-5244.

Durall CJ, Udermann BE, Johansen DR, Gibson B, Reineke DM, and Reuteman P. The effect of preseason trunk muscle training on low back pain occurrence in women collegiate gymnasts. *J Strength Cond. Res*. 2009; 23: 86-92.

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

Emami M, Bandpei MAM, Rahmani N, Biglarian A, Taghipour M. Association between trunk muscles characteristics with lower limb injuries: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*. 2018; 32: 301-307.

Forbes S, Game A, Syrotuik D, Jones R, Bell, GJ. The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Research in Sports Medicine*. 2011; 19: 217-230.

Fitzimons M, Dawson B, Ware D, Wilkinson A. Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Aust J Sci Med Sport*. 1993; 25:88-93.

Gandevia SC, Butler JE, Hodges PW, Taylor JL. Balancing acts: respiratory sensations, motor control and human posture. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2002; 29 (1-2):118-21.

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

Hackett DA, Johnson NA, Chow CM. High-Volume Resistance Training Session Acutely Diminishes Respiratory Muscle Strength. *J Sports Sci Med*. 2012; 11(1): 26–30.

HajGhanbari B, Yamabayashi C, Buna TR, Coelho JD, Freedman KD, Morton TA, Palmer SA, Toy MA, Walsh C, Sheel AW, Reid WD. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with meta-

analysis. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(6): 1643–1663.

Haugen T, Haugvad L, Røstad V. Effects of Core-Stability Training on Performance and Injuries in Competitive Athletes. *Sports Science.* 2016; 20:1- 7.

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.

Hartz CS, Pires PF, Moreno MA, Bigaton DR. EMG frequency spectral characteristics of inspiratory accessory muscles during the shoulder lifting motion in throwing athletes. *MTP&RehabJournal.* 2015; 13: 232.

Hartz CS, Sindorf MAG, Lopes CR, Moreno MA. Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. *J Hum Kinet.* 2018; 63: 43–51.

Hewett TE, Bates NA. Preventive Biomechanics: A Paradigm Shift With a Translational Approach to Injury Prevention. *The American Journal of Sports Medicine.* 2017; 45(11): 2654-2664.

Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing Performance by Improving Core Stability and Core Strength. *Sports Medicine.* 2008; 38 (12):995-1008.

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

Hoshikawa Y, Iida T, Muramatsu M, et al. Effects of stabilization training on trunk muscularity and physical performances in youth soccer players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(11):3142–9.

Hodges PW, Eriksson AE, Shirley D, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech.* 2005;38(9):1873-80.

Hughes G. A Review of Recent Perspectives on Biomechanical Risk Factors Associated with Anterior Cruciate Ligament Injury. *Research in Sports Medicine.* 2014; 22:193–212.

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 Appl Physiol* 2012; 112:3417–3429.

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition.* 1978; 40(3):497-504.

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, Troosters T. The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: A systematic review. *Respiratory Medicine.* 2013; 107: 331-46.

Janssens L, McConnell AK, Pijnenburg M, Claeys K, Goossens N, Lysens R, Troosters T, Brumagne S. Inspiratory Muscle Training Affects Proprioceptive Use and Low Back Pain. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(1):12-9.

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

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.

Kiani, A. Prevention of Soccer-Related Knee Injuries in Teenaged Girls. *Arch Intern Med*. 2010; 170(1):43-49.

Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 72(3):796-803.

Lopes TJA, Simic M, Myer GD, Ford KR, Hewett TE, Pappas E. The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks: A Systematic Review With Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2017; 1.

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.

Manchado C, García-Ruiz J, Cortell-Tormo JM, Tortosa-Martínez J. Effect of Core Training on Male Handball Players' Throwing Velocity. *Journal of Human Kinetics*. 2017;56:177-185.

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.

McConnell AK, Griffiths LA. Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42: 1696-1703.

McConnell, AK. *Breathe Stronger, Perform Better.* Champaign, IL: Human Kinetics. 2011; (1): 113-180.

Messias LHD, Andrade VC, Rosante KT, Lima TB, Cruz RAS, Oliviera RM, et al. Running anaerobic sprint test, lactate minimum and critical velocity protocol in shuttle futsal testing. *Central Eur. J. Sport Sci. Med.* 2015;12:5– 15.

Mukaka MM. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal.* 2012; 24(3): 69-71.

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.

Nepomuceno Junior BRV, Gómez TB, Gomes Neto M. Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioter Mov.* 2016 ;29(4):821-30.

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.

Ozdam M. Influence of an eight-week core strength training program on respiratory muscle fatigue following incremental exercise. *Isokinetics and Exercise Science.* 2016; 24(3):225-230.

Pappas E, Nightingale EJ, Simic M, et al. Do exercises used in injury prevention programmes modify cutting task biomechanics? A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014;0:1–9.

Peters CM, Welch JF, Dominelli PB, Molgat-Seon Y, Romer LM, McKenzie DC, Sheel AW. Influence of inspiratory resistive loading on expiratory muscle fatigue in healthy humans. *Exp Physiol.* 2017;102(9):1221-1233.

Petrofsky J, Morris J, Bonacci J, Hanson A, Jorritsma R, Hill J. Muscle Use During Exercise: A Comparison of Conventional Weight Equipment to Pilates With and Without a Resistive Exercise Device. *J Appl Res* 2005;5:161.

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

Polla B, D'antona G, Bontinelli 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.

Prieske O, Muehlbauer T, Borde R, Gube M, Bruhn S, Behm DG, Granacher U. Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scand J Med Sci Sports.* 2016; 26(1):48-56.

Oueslati F, Boone J, Ahmaidi S. Respiratory muscle endurance, oxygen saturation index in vastus lateralis and performance during heavy exercise. *Respir Physiol Neurobiol.* 2016; 15(227):41-7.

Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Med.* 2012; 42: 697-706.

Ratnovsky A, Elad D, Halpern P. Mechanics of respiratory muscles. *Respir Physiol Neurobiol.* 2008; 163(1-3):82-9.

Reid WD, Dechman G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. *Phys Ther.* 1995; 75 (11): 971-82.

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, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *International Journal of Sports Medicine*. 2002; 23:353-360.

Romer LM, McConnell AK. Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Med Sci Sports Exerc*. 2003; 35 (2): 237-44.

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

Saeterbakken AH, Tillaar RD, Seiler S. Effect of Core Stability Training on Throwing Velocity in Female Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25(3):712-718.

Sales AT, Fregonezi GA, Ramsook AH, Guenette JA, Lima IN, Reid WD. Respiratory muscle endurance training in athletes and non-athletes: a systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2016; 17: 76-86.

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

Silfies SP, Ebaugh D, Pontillo M, Butowicz CM. Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Braz J Phys Ther*. 2015; 19(5):360–368.

Siri WE. Body composition from fluid spaces and density. In: Brozek, J.; Henschel, A. (Eds.). *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Academy of Science. 1961:223- 44.

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.

Tanaka T, Basoudan N, Melo LT, Wickerson L, Brochard LJ, Goligher EC, Reid WD. Deoxygenation of inspiratory muscles during cycling, hyperpnoea and loaded breathing in health and disease: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017; 22: 1-10.

Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1993; 25:620–627.

Taylor BJ, How SC, Romer LM. Exercise induced abdominal muscle fatigue in healthy humans. *J Appl Physiol*. 2006;100(5):1554–62.

Taylor BJ, Romer LM. Effect of expiratory muscle fatigue on exercise tolerance and locomotor muscle fatigue in healthy humans. *J Appl Physiol (1985)*. 2008; 104(5):1442-51.

Tiller NB, Campbell IG, Romer LM. Influence of Upper-Body Exercise on the Fatigability of Human Respiratory Muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 2017; 49(7):1461-1472.

Tong TK, Fu FH, Chung PK, Eston R, Lu K, Quach B, So R. The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008; 33: 671-681.

Tong TK, Wu S, Nie J. Sport-specific endurance plank test for evaluation of global core muscle function. *Phys Ther Sport*. 2014a; 15: 56-63.

Tong TK, Wu S, Nie J, Baker JS, Lin H. The occurrence of core muscle fatigue during high intensity running exercise and its limitation to performance: The role of respiratory work. *J Sports Sci Med*. 2014b; 13: 244-251.

Tong TK, McConnell AK, Lin H, Nie J, Zhang H, Wang J. "Functional" Inspiratory and Core Muscle Training Enhances Running Performance and Economy. *J Strength Cond Res*. 2016; 30(10):2942-51.

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.

Willardson JM. Core stability training: Applications to sports conditioning programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007; 21:979-985.

Wirth K, Hartmann H, Mickel C, Szilvas E, Keiner M, Sander A. Core Stability in Athletes: A Critical Analysis of Current Guidelines. *Sports Med*. 2017; 47(3):401-414.

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

Zacharogiannis E, Paradisis G, Tziortzis, S. "An evaluation of tests of anaerobic power and capacity," in Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Indianapolis. 2004. (Accession No.: 00005768-200405001-00549)

## ANEXO I

 <b>UNIMEP</b> Universidade Metodista de Piracicaba	<b>Comitê de Ética em Pesquisa</b> <b>CEP-UNIMEP</b>
<i>Certificado</i>	
<p>Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “Efeitos do treinamento muscular inspiratório e treinamento de core em atletas profissionais”, sob o protocolo nº 81/2016, da pesquisadora Profa. Marlene Aparecida Moreno 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 “Effects of inspiratory muscle training an core in Professional athletes”, protocol nº 81/2016, by Researcher Profa. Marlene Aparecida Moreno is in agreement with the Resolution 466/12 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.</p>	
<p>Piracicaba, 21 de junho de 2016</p>	
 Profa. Dra. Daniela Faleiros Bertelli Merino Coordenadora CEP - UNIMEP	