



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM DESEMPENHO HUMANO OPERACIONAL



GUILHERME OLIVEIRA KAVGIAS, Maj QOINF

Influência do Treinamento Muscular Inspiratório na Eficiência do Tiro Militar
Avançado Nível 1

Rio de Janeiro
2020



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM DESEMPENHO HUMANO OPERACIONAL



GUILHERME OLIVEIRA KAVGIAS, Maj QOINF

Influência do Treinamento Muscular Inspiratório na Eficiência do Tiro Militar
Avançado Nível 1

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional da Universidade da Força Aérea, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desempenho Humano Operacional.

Área de Concentração: Desempenho Humano Operacional.

Orientadora: Prof. Dra. 1º Ten QOCon EFi Grace Guindani Vidal

Rio de Janeiro

2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA

Kavgias, Guilherme Oliveira

K21 Influência do treinamento muscular inspiratório na eficiência do tiro militar avançado nível 1 / Guilherme Oliveira Kavgias. – Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2020.
88 f.: il., enc.

Orientadora: Grace Guindani Vidal.
Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2020.
Referências: f. 35-46

1. Treinamento inspiratório. 2. $PI_{máx}$. 3. Tiro Militar. I. Título. II. Vidal, Grace Guindani. III. Universidade da Força Aérea.

CDU: 355.233



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESEMPENHO HUMANO OPERACIONAL

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO NA EFICÊNCIA DO
TIRO MILITAR AVANÇADO NÍVEL 1

Dissertação aprovada pelos membros da Banca Examinadora, no dia 15 de julho de 2020, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desempenho Humano Operacional pela Universidade da Força Aérea.

Rio de Janeiro, RJ, 15 de julho de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª. Dr.ª. GRACE GUINDANI VIDAL (CPF: 007.634.980-25) – UNIFA
Presidente da Banca Examinadora

Prof.ª. Dr.ª. PAULA MORISCO DE SÁ PELETEIRO (CPF: 085.332.777-76) – UNIFA

Prof. Dr. ELIREZ BEZERRA DA SILVA (CPF: 499.180.607-00) – UERJ

Dedico esse trabalho aos meus pais, meu irmão, minha amada esposa e aos meus filhos Mateus, Gabriel e Gustavo (nosso anjo para sempre) pois com muito amor e carinho sempre me ajudaram a sonhar e nunca mediram esforços para que eu realizasse os meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me concedido saúde e determinação para concluir mais essa importante etapa na minha vida.

Agradeço imensamente aos meus pais e ao meu irmão por terem me apoiado em todos os meus sonhos, desafios e empreitadas. Por sempre terem feito parte importante em todos os momentos da minha vida, fornecendo apoio, motivação e amor. Agradeço em especial a minha mãe, a nossa melhor professora, que fez de sua profissão incentivo para que nós sempre buscássemos aprimoramento intelectual e pessoal.

À minha esposa Ana, minha eterna namorada, meu grande amor e amiga acima de tudo. Obrigado pelo apoio ao longo dessa longa jornada e pela compressão nos meus momentos de ausência física e também nos momentos que estive ausente quando estava perto. Muito obrigado por cuidar tão bem de mim e dos nossos filhos.

Aos meus filhos, razão da minha vida, agradeço por entender os momentos em que o papai ficava longe. Agradeço também cada sorriso, beijos e abraços no momento dos retornos. Agradeço ao meu filho Gustavo por sempre me proteger e, de alguma forma, me fazer tentar ser um pai melhor a cada dia. Papai ama muito vocês.

À Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR), nas figuras dos Brigadeiros Moura e Bellintani, por terem me autorizado a realizar os estudos dentro dessa importante organização de ensino. Registro, ainda, meus agradecimentos ao efetivo da EPCAR por terem me ajudado e incentivado na realização deste trabalho.

À Universidade da Força Aérea (UNIFA) por ter me proporcionado oportunidade de realizar um Programa de Pós-Graduação de tão elevado nível e com excelentes docentes quanto PPGDHO. Ao meu amigo Cap Aviador Martinez, companheiro nessa longa jornada, agradeço imensamente pela irmandade e cumplicidade nos desafios diários para vencer as dificuldades na busca do crescimento profissional. Agradeço em especial a minha orientadora, Prof. Dra./ 1º Ten QOCon EFi Grace Guindani Vidal por toda dedicação, paciência,

comprometimento e sugestões valiosas, me guiando da melhor forma durante esse trabalho.

Agradeço em a todos os meus instrutores e monitores ao longo da minha vida militar, em especial aos meus instrutores e irmãos do BINFAE-RJ e do PARA-SAR. Vocês foram fundamentais no meu crescimento profissional e pessoal.

RESUMO

Contextualização: Atualmente, com a crescente demanda de utilização de ações militares para o cumprimento de missões de Garantia da Lei e da Ordem, é de suma importância que estes combatentes estejam adestrados e preparados quanto a utilização de arma de fogo, em condições de elevado desgaste físico em diferentes tipos de ambiente. Neste contexto, a respiração exerce papel central, como um dos fundamentos de tiro de maior importância, tendo impacto direto na precisão do disparo. Além disso, por ser fisicamente treinável, pode ser acrescida de força e endurance através de um programa de treinamento muscular inspiratório (TMI). Tal método, além de altamente difundido na literatura, já demonstrou ser uma ferramenta eficiente na melhora do desempenho de militares com sobrepeso em atividades como a corrida e a marcha. Entretanto, poucos estudos investigaram a relação do TMI com a eficiência de tiro em situações de esforço físico que se aproximem de uma missão real. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar a influência do TMI no implemento da precisão do tiro militar avançado em soldados da Força Aérea Brasileira.

Palavras-Chave: Treinamento inspiratório. $PI_{máx}$. Tiro militar.

ABSTRACT

Contextualization: Nowadays, with the growing demand for the use of military actions for the fulfillment of Law and Order Guarantee missions, it is of paramount importance that these combatants are trained and prepared as to the use of firearms, in conditions of high physical wear in different types of environment. In this context, breathing plays a central role, as one of the most important shooting fundamentals, having a direct impact on the accuracy of the shot. In addition, as it is physically trainable, strength and endurance can be added through an inspiratory muscle training program (IMT). This method, in addition to being highly widespread in the literature, has already proved to be an efficient tool in improving the performance of overweight soldiers in activities such as running and walking. However, few studies have investigated the relationship between TMI and shooting efficiency in situations of physical effort that approach a real mission. Thus, the objective of this study was to verify the influence of the TMI in the implementation of the precision of the advanced military shot in soldiers of the Brazilian Air Force.

Keyword: Inspiratory Training. MIP. Military Shooting

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Correlação entre $VO_{2m\acute{a}x}$ e $FC_{m\acute{a}x}$	30
Figura 2 - Evolução de $PI_{m\acute{a}x}$	59
Figura 3 - $PI_{m\acute{a}x}$ pré e pós intervenção.....	60
Figura 4 - Resultados de FT pré e pós intervenção.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos Sujeitos.....	58
Tabela 2 - Teste de Esforço Cardiopulmonar.....	62

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATS/ERS – *American Thoracic Society / European Respiratory Society*

CFV – Capacidade Vital Forçada

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

EAS – Esquadrão Aeroterrestre de Salvamento

EPCAR – Escola Preparatória de Cadetes do Ar

FAB – Força Aérea Brasileira

FC – Frequência Cardíaca

FC_{máx} – Frequência Cardíaca Máxima

GLO – Garantia da Lei e da Ordem

m – Metros

PE_{máx} – Pressão Expiratória Máxima

PI_{máx} – Pressão Inspiratória Máxima

PRM – Pressão Respiratória Máxima

SNC – Sistema Nervoso Central

SNS – Sistema Nervoso Simpático

TMA – Tiro Militar Avançado

TMA NV1 – Tiro Militar Avançado Nível 1

TMB – Tiro Militar Básico

TME – Treinamento Muscular Expiratório

TMI – Treinamento Muscular Inspiratório

TMR – Treinamento Muscular Respiratório

VEF₁ – Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo

VO₂ – Consumo de Oxigênio

VO_{2máx} – Consumo Máximo de Oxigênio

VVM – Ventilação Voluntária Máxima

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Precisão de Tiro	15
2.2	Sistema Respiratório	18
2.3	Treinamento Muscular Inspiratório	20
2.3.1	Efeitos do TMI em Diferentes Populações	24
2.4	Treinamento Cardiorrespiratório	29
2.4.1	Consumo Máximo de Oxigênio	30
3.	OBJETIVO GERAL	33
4.	REFERÊNCIAS	34
5.	ARTIGO	47
	INTRODUÇÃO	49
	SUJEITOS E MÉTODOS	50
	RESULTADOS	57
	DISCUSSÃO	62
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A - FLUXOGRAMA DAS FASES DE ESTUDO	74
	APENDICE B - TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR	76
	APENDICE C - TESTE DE PRECISÃO DE TIRO DE PISTOLA	77
	APENDICE D - PROGRAMA DE TREINAMENTO FÍSICO	79
	ANEXO A - PISTA PARA TMA NÍVEL 1	86
	ANEXO B - ESCALA DE BORG	87

1. INTRODUÇÃO

As Forças Armadas Brasileiras possuem tropas de operações especiais altamente especializadas e treinadas para atuar em missões de elevado valor estratégico. Na Força Aérea Brasileira (FAB) o Esquadrão Aeroterrestre de Salvamento (EAS) é a unidade responsável por realizar missões de busca e salvamento, busca e salvamento em combate, e as missões de operações especiais como: ações diretas, guiamento aéreo avançado e contraterrorismo (BRASIL, 2012).

Para cumprir toda essa gama operacional, em especial as missões de contraterrorismo, os militares do EAS realizam instruções e adestramentos constantes sobre o emprego de arma de fogo (fuzil e pistola). Devido a esses treinamentos constantes e árduos, os combatentes operacionais do EAS possuem elevada eficiência no emprego do seu armamento individual (BRASIL, 2012).

Entretanto, a periodicidade do treinamento de tiro não é uma realidade de todas as tropas de infantaria da FAB, as quais por motivos de escassez de munição associado a numeroso efetivo, não conseguem realizar esse tipo de treinamento constantemente. Em geral, os militares recebem as instruções iniciais no período de formação e anualmente realizam uma instrução de tiro que consiste da realização do Tiro Militar Básico (TMB) e do Tiro Militar Avançado (TMA), que é dividida em três níveis distintos: TMA NV1, TMA NV2 e TMA NV3. No TMB o indivíduo deve efetuar disparos nas três posições de tiro (em pé, de joelhos e deitado) em um único alvo fixo, a uma determinada distância e sem limite de tempo. No TMA o combatente deve realizar dois disparos em cada alvo inimigo na posição de tiro que julgar mais adequada. Nessa modalidade de treinamento, que simula uma situação próxima do real, o resultado depende de o atirador acertar o máximo de tiros, com o mínimo de erros no menor tempo possível (BRASIL, 2017).

Assim, mesmo com todas as dificuldades de manter a maior parte do efetivo adestrado no emprego de seu armamento individual, as Forças Armadas Brasileiras tem sido cada vez mais demandadas para realizar missões de Garantia da Lei e da Ordem (GLO). Tais missões, apresentam características singulares as quais aumentam o desgaste físico, como carregar junto ao corpo grande quantidade de

material; deslocar por terrenos, em geral, irregulares e íngremes; e realizar o emprego do seu armamento individual, com precisão, mesmo sob estresse físico.

Tais condições portanto, aumentam a necessidade de reforço dos treinos de tiro propriamente dito, e do treinamento físico para que os militares estejam aptos a efetuar com precisão os fundamentos de tiro antes do disparo. Esses fundamentos são os seguintes: posição/postura, empunhadura, respiração, visada e acionamento do gatilho. Dentre esses cinco, a respiração se destaca como o único que é fisicamente treinável por envolver músculos específicos do processo respiratório.

Os músculos respiratórios são classificados como esqueléticos e, como tal, são morfológica e funcionalmente semelhantes a outros músculos de mesma classificação que os seres humanos possuem no corpo como, por exemplo, os do aparelho locomotor. Sendo assim, a musculatura respiratória pode ser treinada a fim de ser implementada em força e a endurance, pois todos a musculatura esquelética apresenta sensibilidade a um programa de treinamento físico adequado (ALDRICH; ARORA; ROCHESTER, 1982; LEITH; BRADLEY, 1976; POWERS; CRISWELL, 1996).

Atualmente, o mecanismo mais utilizado na intervenção, em diferentes populações, tanto para o tratamento das disfunções da musculatura ventilatória quanto para o incremento da performance de indivíduos saudáveis é o Treinamento Muscular Inspiratório (TMI), por ter se mostrado uma ferramenta de fácil aplicação, de baixo custo e com bons resultados na redução da fadiga muscular, concentração de lactato e ativação simpática, bem como na maior tolerância ao exercício, ganho de força na musculatura periférica e no incremento da potência circulatória (ANDRADE et al., 2005; CAHALIN et al., 2013; DALL'AGO et al., 2006; ENRIGHT; UNNITHAN, 2011; ILLI et al., 2012).

No que tange o militarismo, estudos demonstraram que o TMI pode implementar o rendimento desta população em atividades como a corrida e marcha com sobrepeso (EDWARDS et al., 2008; FAGHY; BROWN, 2016;). Entretanto, poucos pesquisadores se dedicaram a estudar os efeitos do TMI sobre a eficiência no tiro, que é uma atividade tipicamente militar. Os estudos dessa área observaram que a eficiência no tiro pode ser melhorada com exercícios dedicados à musculatura

respiratória devido a íntima relação do controle respiratório com a precisão do disparo (HAN-KYU; DOM-WOO; TAE-HO, 2019).

Em trabalho prévio foi verificado que o incremento da capacidade cardiorrespiratória, medida por meio do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$), apresenta influência positiva no resultado do TMA NV1 utilizando pistola. No entanto, constatou-se que apesar do condicionamento físico, por meio do seu incremento com o treinamento específico realizado, ter influência no tiro, tal influência não está relacionada ao $VO_{2m\acute{a}x}$ isoladamente, podendo ser afetada por outras variáveis como sistema nervoso simpático (SNS) e pela pressão inspiratória máxima ($PI_{m\acute{a}x}$) (KAVGIAS, 2017).

Sendo assim, uma vez que a literatura ainda se mostra escassa em trabalhos que busquem estudar e entender os melhores métodos para a obtenção de incremento nos resultados de precisão de tiro de pistola, principalmente relacionados com a atividade militar, este estudo visa aferir a influência do TMI no incremento da eficiência do tiro militar avançado em soldados integrantes do Grupo de Resposta Rápida da Escola de Cadetes do Ar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Precisão de tiro

Na FAB, a atividade de tiro é regulada pelo Manual do Comando da Aeronáutica 50-1 (MCA 50-1), que visa oferecer métodos de treinamento básicos com armas curtas e armas longas, com o TMB, bem como treinamentos avançados que procuram simular situações reais de combate, com a proposta do TMA.

O TMA possui 03 níveis e é caracterizado pela realização do tiro em pistas com alvos posicionados em diferentes ângulos e distâncias, visando a aplicação das técnicas adquiridas no TMB, bem como o desenvolvimento de atributos de vital importância para o combatente, tais como: autoconfiança, confiança nas técnicas empregadas e na utilização das armas de porte e portáteis de dotação da FAB, em simulações de emprego do armamento em situações reais (BRASIL, 2017).

O TMA NV1 é caracterizado por um posto de tiro, local onde o atirador deve permanecer para efetuar o disparo único e a utilização de um único carregador. No TMA NV1, o atirador deve acertar dois disparos em cada um dos sete alvos inimigos que ficam dispostos em distâncias entre 7 e 15 metros (m), conforme Anexo A.

O desempenho do atirador no TMA NV1 é mensurado por meio do cálculo do fator de tiro (FT) obtido. O FT, considerando que o atirador efetuou os disparos em um posto fixo e na posição em pé, é mensurado a partir de fórmula matemática, que considera o número de acertos nos alvos (A), número de penalidades cometidas (P) e tempo de realização da pista (T) medido em segundos, conforme a fórmula apresentada a seguir (BRASIL, 2017):

$$FT = \frac{(A-P) \times 10}{T}$$

Em estudo anterior, onde se procurou relacionar a influência do condicionamento aeróbico no desempenho do TMA NV1, foram observados 61 soldados da FAB quanto ao desempenho no tiro antes e após um programa de treinamento cardiorrespiratório. Nesse treinamento os indivíduos da amostra foram submetidos a um programa de corrida contínua, com 30 minutos de duração em ritmo moderado, entre 60% a 70% da frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$), três vezes por

semana, durante sete semanas. O estudo demonstrou que após o treinamento cardiorrespiratório o VO_2 máx, bem como o fator de tiro dos participantes apresentaram melhora significativa demonstrando uma forte correlação entre condicionamento aeróbio e o desempenho no TMA NV1. Entretanto, o aumento do VO_2 máx não foi o fator decisivo para a melhora no desempenho no tiro (KAVGIAS, 2017).

Analisando o tiro de forma isolada, observamos que alguns fatores tem influência decisiva na precisão dos disparos e na melhora do desempenho do atirador, e segundo Brasil (2017), são de sua inteira responsabilidade. Esses fatores são chamados de fundamentos de tiro, sendo eles:

- Posição/postura de tiro: situação adotada pelo corpo do atirador para a realização do disparo;
- Empunhadura: maneira de sustentar a arma para o disparo;
- Visada: alinhamento entre o olho do atirador, o aparelho de pontaria e o alvo;
- Respiração: forma de efetuar os movimentos de ventilação durante a execução do disparo; e
- Acionamento do gatilho: ação do dedo indicador sobre a tecla do gatilho.

O fundamento da respiração se destaca com uma importância relevante na precisão do tiro, pois os movimentos ventilatórios (inspiração e expiração) provocam a expansão e a contração do tórax, que pode ser o responsável por transferir oscilações verticais para o armamento. Esse fenômeno se reveste de maior importância na execução do tiro de pistola por se tratar de uma arma de cano curto, onde as oscilações do cano do armamento refletem em grandes dispersões no alvo (BRASIL, 2017).

O controle respiratório e, por consequência, a estabilidade postural do atirador no momento do disparo são fatores de suma importância e que devem ser levados em consideração por serem diretamente responsáveis na precisão do tiro. Em estudos realizados por MONONEM et al. (2007) com 58 indivíduos, os quais, antes do estudo, foram submetidos a um treinamento militar padrão de tiro, o objetivo era examinar as relações entre precisão de tiro e o equilíbrio postural e estabilidade do cano do

armamento no momento do disparo entre atiradores pouco experientes de espingarda. Após os participantes terem realizado 30 disparos na posição de pé, a uma distância de 10 m do alvo, os autores puderam concluir que a precisão do disparo estava relacionada ao equilíbrio postural e estabilidade do rifle. Aspectos que são altamente influenciados pelo controle da respiração.

Diversos autores também destacam a importância da respiração na precisão do tiro. Tais autores relatam ainda que a eficiência no tiro está intimamente relacionada com a observância da estabilidade psicológica no momento do disparo, alto nível de atenção e concentração e estabilidade do armamento (BALL; BEST; WRIGLEY, 2003; KONTTINEN; LYYTINEN; VIITASALO, 1998; MONONEN et al., 2007), traçando uma forte relação entre os fundamentos de tiro, de posição e respiração. O controle da respiração exerce grande influência na precisão de tiro, pois contribui para a manutenção do equilíbrio postural. Desse modo, uma melhora na postura estável e na respiração do atirador é essencial para desenvolver a performance no tiro (HAN-KYU; DOM-WOO; TAE-HO, 2019).

Quando o atirador é submetido a alguma situação que provoque, por algum motivo, aumento de sua frequência respiratória, aumentando assim a oscilação corporal com movimentos rápidos e profundos das costelas, é criada uma instabilidade da postura no momento do disparo. Com isso, na tentativa de manter uma postura mais estável, é ativado um mecanismo de regulação da postura por meio de uma cadeia cinética funcional da respiração e controle postural. Devido a esse fato, os músculos da parede anterior do abdômen são ativados ainda mais (BOUISSET; DO, 2008; DAVID et al., 2012; HODGES et al., 2002).

Visando minimizar o risco de perda de equilíbrio postural, o sistema nervoso central (SNC) utiliza uma ferramenta chamada de ajuste postural antecipatório, a qual utiliza a ativação de músculos do tronco e de membros inferiores com o intuito de garantir e/ou corrigir a perda de equilíbrio da postura. Essa ferramenta tem ligação direta com o controle da respiração, tendo em vista que os músculos abdominais, como, por exemplo, reto abdominal, oblíquos internos, oblíquos externos e transversos abdominais, são utilizados diretamente na respiração e também são responsáveis pelo controle postural (LI; ARUIN, 2007).

Em situações de repouso, ou seja, em estado relaxado, a respiração é desenvolvida por uma bobina elástica dos órgãos respiratórios, onde o diafragma atua primariamente na respiração atenuando as contrações dos músculos abdominais. Porém, em situações de esforço, os músculos abdominais se tornam indispensáveis para o controle da postura e para a função respiratória, uma vez que, devido à aceleração do período de trocas gasosas ou aumento da respiração, tais músculos da região abdominal passam a ser contraídos ativamente durante o processo respiratório. (DAVID et al., 2012; HODGES et al., 2002; SAUNDERS; RATH; HODGES, 2004).

2.2 Sistema Respiratório

Com o aumento da intensidade do exercício físico o sistema respiratório recebe um aumento proporcional de demanda, assumindo papel fundamental na manutenção da ventilação alveolar, mediante as novas necessidades metabólicas, e na preservação da estabilidade das trocas gasosas. Durante esforços intensos as musculaturas empregadas no processo respiratório são altamente exigidas, o que pode ser uma das causas da fadiga muscular respiratória induzida pelo exercício, podendo ter interferência diretas no desempenho dos indivíduos. Tal observação é muito comum em atividades de alto rendimento e pode ser aplicada também na atividade militar (ROMER; POLKEY, 2008).

A ATS/ERS (*American Thoracic Society / European Respiratory Society*) define claramente a fadiga muscular como sendo a perda da capacidade de desenvolver e aplicar força, bem como na perda da capacidade de desenvolver velocidade na contração dos músculos, sendo resultante da sobrecarga da atividade (SUPINSKI; FITTING; BELLEMARE, 2002).

Quando a musculatura inspiratória apresenta fadiga podemos observar algumas respostas funcionais relacionadas, tais como: mudanças no esforço e no padrão respiratório, alterações no fluxo sanguíneo e tolerância ao exercício dos membros em atividade. Essas mudanças podem contribuir para a diminuição do desempenho físico do indivíduo (JANSSENS et al., 2013).

De acordo com WELLS e NORRIS (2009), quando o indivíduo treinado realiza exercícios de alta intensidade, acima de 85% do $VO_{2máx}$, ocorre a diminuição do

desempenho da musculatura respiratória, em especial naqueles que demandam resistência. Nesses casos, são observados alguns fatores limitantes, como a fadiga dos músculos envolvidos na respiração, a dispnéia, o aumento do trabalho respiratório e a hipoxemia arterial induzida pelo exercício. Tais aspectos, em geral, estão associados com a necessidade do aparelho respiratório de recrutar a musculatura acessória, com a finalidade de auxiliar os músculos diafragmáticos no processo respiratório, uma vez que com o aumento do esforço ocorre a diminuição de sua contribuição (POLLA et al., 2004). Devido ao aumento do emprego dos músculos acessórios e sua maior demanda durante o incremento do exercício, a eficiência da mecânica respiratória é reduzida, aumentando assim as necessidades metabólicas e o fluxo sanguíneo desses músculos (DODD et al., 1989). Tal fenômeno, acarreta no estímulo sensorial do SNC, levando à ativação do mecanismo metaborreflexo (MCCONNELL; ROMER, 2004a).

Segundo DEMPSEY et al. (2006), o metaborreflexo consiste da ativação de aferentes frênicos Tipo IV que ocorre pela contração fatigante dos músculos inspiratórios e o conseqüente acúmulo de produtos metabólicos, resultando, assim, no aumento da atividade simpática constritora. Esse mecanismo se mostra importante durante exercícios de alta intensidade em humanos saudáveis, modulando a competição de circulação sanguínea entre a musculatura respiratória e a locomotora.

O metaborreflexo, também chamado de quimiorreflexo, é regulado pelo SNS e tem origem nos músculos inspiratórios fatigados. A ativação do metaborreflexo pode-se dar ainda pela realização de exercícios que envolvam todo o corpo, os quais, em indivíduos saudáveis, podem acarretar a fadiga muscular inspiratória, tendo como resposta a limitação de seu desempenho (JOHNSON et al., 1993). Durante a realização de exercícios de alta intensidade, o fluxo sanguíneo dos membros inferiores é inversamente relacionado ao trabalho respiratório e as mudanças na resistência vascular da perna, consequência desse esforço, estão diretamente relacionadas ao nível de noradrenalina presente na transpiração (HARMS et al., 1997).

O mecanismo metaborreflexo atua na diminuição na oferta sanguínea e de oxigênio para a musculatura diafragmática em consequência do aumento da pressão abdominal ocorrida durante a inspiração forçada. Sendo assim, as artérias que são

responsáveis pela perfusão sanguínea diafragmática, bem como pela ativação das fibras aferentes mecanossensitivas do Tipo III e quimiossensitivas do Tipo IV são comprimidas. Essas diferentes fibras são responsáveis pela liberação de mediadores simpáticos para vasoconstrição e consequente diminuição do fluxo sanguíneo em musculaturas periféricas (ST CROIX et al., 2000).

Devido ao conhecimento de que a fadiga muscular respiratória pode ocasionar a diminuição do desempenho físico (JANSSENS et al., 2013; POLLA et al., 2004; ROMER; POLKEY, 2008), alguns autores tem estudado os efeitos positivos, em diferentes populações e entre elas atletas de diferentes modalidades, do uso do TMI (BAILEY et al., 2010; GRIFFITHS; MCCONNELL, 2007; JOHNSON; SHARPE; BROWN, 2007; KILDING; BROWN; MCCONNELL, 2010; TOM et al., 2008; VOLIANITIS et al., 2001; WITT et al., 2007; WYLEGALA et al., 2007).

2.3 Treinamento Muscular Inspiratório

Em termos de treinabilidade o Treinamento Muscular Respiratório (TMR) apresenta duas vertentes, o TMI e o Treinamento Muscular Expiratório (TME), sendo necessário a utilização de dosagem adequada de treinamento para ambas as modalidades. Devido a considerações fisiológicas, o TMI mostra-se como o mais relevante treinamento respiratório empregado (CAHALIN et al., 2013; GOHL et al., 2016; GUY et al., 2014).

O TMI então, consiste em método de treino da musculatura envolvida no processo inspiratório e tem sido utilizado como uma técnica que visa diminuir a fadiga respiratória. Esse treinamento se propõe a agir sobre o incremento do desempenho da musculatura respiratória, atenuação do desconforto respiratório e na percepção do esforço durante a realização de exercícios físicos. Por isso esse método vem sendo objeto de recentes estudos sobre o entendimento do seu potencial no aumento da capacidade física e diminuição dos sintomas da fadiga em atletas, contribuindo assim para a melhora da performance (HAJGHANBARI et al., 2013).

Até o presente momento tem sido bastante discutido a capacidade do TMI em provocar melhorias no desempenho e na tolerância ao exercício, provavelmente devido às sensações positivas de eficiência respiratória, as quais levam a um maior

conforto cardiorrespiratório, confiança e disposição voluntária para prolongar a duração das atividades (EDWARDS; WALKER, 2009). Alguns estudos demonstram que o treinamento respiratório não melhora apenas a ativação dos músculos abdominais e o controle da postura, mas também é responsável por reduzir a fadiga muscular e a concentração de lactato durante a realização de exercícios, além de ajudar no controle do SNS (VERGES; et al., 2007b; VERGES et al., 2009; WITT et al., 2007).

Segundo GUY et al. (2014), vários mecanismos putativos têm sido sugeridos para explicar as adaptações do desempenho induzidas pelo TMI. Esses mecanismos incluem o atraso da fadiga muscular respiratória (JOHNSON et al., 1993; MADOR et al., 1993), a melhora na redistribuição do fluxo sanguíneo dos músculos respiratórios para os locomotores (MCCONNELL; ROMER, 2004b) e a diminuição na percepção do desconforto respiratório e dos membros durante o exercício (ROMER; MCCONNELL; JONES, 2002; SUZUKI; SATO; OKUBO, 1995; VOLIANITIS et al., 2001).

Além desses aspectos, alguns estudos apontam que o TMI pode proporcionar importantes melhoras no fluxo sanguíneo periférico, na pressão sanguínea e no controle autonômico cardiovascular, verificado em diferentes populações (CAHALIN et al., 2013; FERREIRA et al., 2013; MCCONNELL; GRIFFITHS, 2010; MELLO et al., 2012).

Assim, com a utilização do TMI, pode-se retardar o acúmulo de metabólitos (MCCONNELL; SHARPE, 2005; SPENGLER et al., 1999; VERGES et al., 2009), diminuir do fluxo simpático (MCCONNELL; LOMAX, 2006; WITT et al., 2007) e consequente vasoconstrição nos membros durante o esforço (metaborreflexo) (DERCHAK et al., 2002; HARMS et al., 1997; RODMAN et al., 2003; SHEEL et al., 2001; ST CROIX et al., 2000). Como consequência desses efeitos do TMI podemos observar a postergação da fadiga muscular (MCCONNELL; LOMAX, 2006; ROMER et al., 2006) e respiratória (MADOR; ACERVO, 1991; VERGES et al., 2007a), e com isso o implemento do desempenho durante exercícios físicos (BABCOCK et al., 2002; HARMS et al., 2000).

Desta forma, conforme explicitado anteriormente, a musculatura empregada no processo respiratório é de composição estriada, sendo sujeita às mesmas leis fisiológicas dos músculos esqueléticos (GOHL et al., 2016), ou seja, com propriedades treináveis quanto à força e resistência (ILLI et al., 2012; LEITH; BRADLEY, 1976; YELDAN; GURSES; YUKSEL, 2008), e por meio de treino implementar a performance tanto da musculatura diafragmática, como dos músculos acessórios utilizados na respiração (MOODIE et al., 2011).

Atualmente a literatura relata três tipos de TMI: hiperpneia normocapnica, treinamento resistivo respiratório e o treinamento resistivo com carga linear (GOSSELINK et al., 2011; NICI et al., 2006). A hiperpneia normocapnica, por requerer do indivíduo a geração de baixa pressão e alto fluxo, é considerada um treinamento de endurance. Com o treinamento de hiperpneia os músculos inspiratórios e expiratórios são trabalhados, tendo os pesquisadores observado aumento da ventilação voluntária máxima (VVM) e diminuições consideráveis da concentração de lactato, fadiga e percepção de esforço (VERGES et al., 2007b).

O treinamento dito como resistivo respiratório não é amplamente utilizado e ainda existem controvérsias sobre seus reais efeitos (BELMAN; THOMAS; LEWIS, 1986; GOSSELINK, 2003). Esse tipo de treinamento utiliza dispositivos alineares cujo bocal apresenta diâmetro ajustável e a intensidade do treino é fluxo-dependente. Tais dispositivos possibilitam que a resistência respiratória seja aumentada progressivamente por meio de orifícios cada vez menores, entretanto o uso desses mecanismos pode provocar a mudança do padrão ventilatório do indivíduo devido à tentativa de compensar o esforço e assim reduzir o efeito do uso do dispositivo (FERREIRA et al., 2013).

O treinamento resistivo com carga linear é o que apresenta, na literatura, maior utilização e é realizado com carga linear pressórica, na qual a resistência é alcançada com uma válvula de mola, sendo, pois, considerado um treinamento fluxo-independente, onde há incremento da força muscular sem modificações no padrão respiratório (SAPIENZA, 2008). Os dispositivos de carga linear impedem que o sujeito inspire ou expire, até que a pressão inspiratória ou expiratória, que foi previamente regulada no aparelho e determinada por uma avaliação de sua força muscular ventilatória, seja atingida (CAHALIN et al., 2013). Estudos realizados com homens

saudáveis e fisicamente ativos mostraram que o TMI realizado com treinamento resistivo com carga linear foi responsável pelo aumento da $PI_{máx}$, melhora na resposta cardiovascular, diminuição da percepção de esforço durante exercícios físicos e melhora no desempenho de corrida (FAGHY; BROWN, 2016).

A maioria dos estudos sobre TMI realizam a periodização e volume dos treinamentos com base nas medições das pressões respiratórias máximas (PRM), que são testes rápidos e não invasivos e que se constituem em duas medidas. A primeira medida realizada é da $PI_{máx}$, que se caracteriza pela maior pressão subatmosférica gerada durante uma inspiração contra a via aérea ocluída. A segunda medida trata-se da pressão expiratória máxima ($PE_{máx}$), que consiste pela maior pressão subatmosférica gerada durante uma expiração contra a via aérea ocluída (NEDER et al., 1999).

Entre os diferentes instrumentos lineares de TMI, os mais utilizados são o *Threshold®IMT* e o *POWERbreathe®*. Além desses, o teste incremental de endurance respiratório também aplicado para TMI vem mostrando resultados satisfatórios (CAHALIN et al., 2013; EDWARDS et al., 2008; ENRIGHT; UNNITHAN, 2011; ILLI et al., 2012).

O *Threshold®IMT* e o *POWERbreathe®* são aparelhos pressóricos restritos a fluxo determinado que promovem resistência linear ao trabalho inspiratório. No *Threshold®IMT*, a pressão pode variar de -9 a -41 cmH_2O ; enquanto que, no *POWERbreathe®* varia de -17 cmH_2O a -274 cmH_2O . Além disso, sabe-se que o TMI, por esses dois instrumentos, difere do teste incremental de endurance respiratório, em razão deste último permitir a visualização exata da resistência que está sendo aplicada por meio de uma tela de computador, permitindo um *biofeedback* visual. Independentemente de suas particularidades, todos esses instrumentos de TMI têm mostrado ótimos resultados pelos seus efeitos fisiológicos (CAHALIN et al., 2013; EDWARDS et al., 2008).

2.3.1 Efeitos do TMI em Diferentes Populações

Muitos estudos se dedicaram a aprofundar os conhecimentos acerca do TMI e diversos deles demonstraram respostas positivas em diversas populações, como, por exemplo, pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) (CHARUSUSIN et al., 2013), pacientes com doenças neuromusculares (CHEAH et al., 2009; FREGONEZI et al., 2005; YELDAN et al., 2008), pessoas saudáveis (ENRIGHT et al., 2006; ZHANG et al., 2013), idosos (I RANZO et al., 2014) e atletas (HAJGHANBARI et al., 2013). Além dos benefícios percebidos na força muscular e endurance, os estudos observaram que o TMI pode proporcionar redução da percepção de dispneia (CHEAH et al., 2009; FREGONEZI et al., 2005; MARTIN et al., 2002; ZHANG et al., 2013), mudanças favoráveis dos níveis de lactato durante o exercício (SPENGLER et al., 1999), melhoras na espessura do diafragma (DOWNEY et al., 2007), resistência à fadiga muscular inspiratória (BOUTELLIER et al., 1992; BOUTELLIER; PIWKO, 1992; SONETTI et al., 2001), aumento da tolerância ao exercício (BAILEY et al., 2010; ENRIGHT et al., 2006; FAGHY; BROWN, 2016; ILLI et al., 2012), melhora na qualidade de vida percebida pelos indivíduos (FLAHERTY et al., 2001), bem como a melhora na performance de tiro com rifle (HAN-KYU; DOM-WOO; TAE-HO, 2019).

No estudo realizado por Chrususin et al. (2013), o TMI foi aplicado com a intenção de prover melhoras clínicas relevantes em pacientes com DPOC. Os autores aplicaram o treinamento em 170 pacientes com DPOC que apresentavam $PI_{máx} < 60$ cmH₂O, os quais realizaram treinamentos diários de TMI com 6 sessões de 30 respirações durante 12 semanas com a finalidade de melhorar o teste de caminhada de 6 minutos, bem como melhorar a função muscular inspiratória e a qualidade de vida dos pacientes. Nesse estudo o grupo intervenção realizou o TMI com carga $\geq 50\%$ da $PI_{máx}$ e o grupo controle com carga $\leq 10\%$ da $PI_{máx}$. Os autores concluíram que esse tipo de treinamento acarretou melhoras clínicas relevantes e que devem ser incorporados ao tratamento de pacientes com DPOC.

No cenário de indivíduos saudáveis uma observação comum entre os investigadores tem sido a de que o TMI é capaz de modificar a estrutura e as funções dos músculos respiratórios (EDWARDS; WEELS; BUTTERLY, 2008). Com isso, o TMI apresenta-se como um método de intervenção muito aplicado em diferentes populações para o tratamento das disfunções da musculatura ventilatória e para o

aumento de performance de indivíduos (ANDRADE et al., 2005; CAHALIN et al., 2013; ENRIGHT; UNNITHAN, 2011; ILLI et al., 2012). O treinamento respiratório tem sido usado com frequência também em atletas de vários tipos de modalidades esportivas (tiro esportivo, corrida, natação, mergulho, ciclismo e outras) como forma de treinamento auxiliar no ganho de desempenho (HAJGHANBARI et al., 2013; HAN-KYU; DOM-WOO; TAE-HO, 2019; KILDING et al., 2010; WYLEGALA et al., 2007).

Edwards, Weels, Butterly (2008) examinaram, em um estudo pioneiro sobre o uso do TMI como complemento da prática de treinamento existente, se este é uma técnica adicional útil com a qual é possível aumentar as adaptações de treinamento cardiovascular em homens saudáveis e destreinados. Foi realizado um ensaio clínico-randomizado com 16 homens saudáveis e destreinados no qual foram efetuadas quatro semanas de treinamentos diários utilizando uma carga respiratória que permitisse aos participantes realizarem somente 30 inspirações para o grupo intervenção, enquanto o grupo placebo realizou o treinamento com carga de 15% da $PI_{máx}$. Ambos os grupos realizaram em paralelo um treinamento de corrida durante as quatro semanas. Os resultados demonstraram que o uso concomitante de TMI e um programa de treinamento de corrida de resistência baseado em repetições melhorou significativamente o desempenho de 5.000m em corrida (ganho de 4,6%) em comparação com uma condição de placebo, após as quatro semanas. Segundo os autores, a adição do TMI a um programa de treinamento cardiovascular aumenta o desempenho em corrida de 5.000m, mas não exerce influência adicional sobre o $VO_{2máx}$ em comparação com um grupo de treinamento cardiovascular. A melhora na corrida provavelmente tenha acontecido devido à redução no esforço percebido pelo indivíduo em altas taxas de ventilação. Essa redução na percepção do esforço tem maior consequência para um maior tempo de duração do julgamento do que em testes incrementais de $VO_{2máx}$ (EDWARDS; WEELS; BUTTERLY, 2008).

Vários estudos também foram realizados em atletas de diversas modalidades esportivas como por exemplo o estudo realizado em dezessete ciclistas que participavam de competições esportivas em suas cidades, no qual os atletas realizaram TMI de cinco semanas com cinco sessões por semana, sendo realizadas 40 inspirações com 50% da $PI_{máx}$ em cada sessão. Nesse estudo, SONETTI et al. (2001) observaram um aumento de 8% da $PI_{máx}$ no grupo treinamento, enquanto o grupo placebo apresentou um incremento de apenas 3,7%. Apesar do incremento

observado na $PI_{m\acute{a}x}$, os autores não encontraram melhora significativa no desempenho dos indivíduos no teste de ciclismo. Segundo a pesquisa, tais achados se devem, provavelmente, ao fato de os indivíduos estudados serem todos atletas de ciclismo e já estarem familiarizados com a dinâmica do exercício.

Melhoras significativas na $PI_{m\acute{a}x}$ também foram observadas em jogadores recreativos de futebol, sendo homens saudáveis, submetidos a 6 semanas de TMI com 30 inspirações, duas vezes por dia, com 55% da $PI_{m\acute{a}x}$ (GUY; EDWARDS; DE AKIN, 2007). O estudo dos autores concluiu ainda que o TMI melhorou também a tolerância ao exercício físico.

Na tentativa de avaliar o impacto do TMR, em diferentes intensidades, na função muscular inspiratória, capacidade vital, capacidade pulmonar total, capacidade de trabalho e a potência em pessoas saudáveis Enright e Unnithan (2011) desenvolveram um protocolo de TMI de 8 semanas com 3 sessões de treinamento por semana com 36 inspirações por sessão. Três grupos completaram as 8 semanas de TMI com cargas diferentes para cada um (80%, 60% e 40% da $PI_{m\acute{a}x}$). Os autores observaram que os participantes dos grupos de TMI com cargas de 80%, 60% e 40% apresentaram aumento significativo na $PI_{m\acute{a}x}$ e na $PI_{m\acute{a}x}$ sustentada, enquanto os grupos de 80% e 60% de carga demonstraram ainda aumento significativo na capacidade de trabalho e na potência. Também foi observado que somente o grupo com carga de 80% apresentou melhora na capacidade vital e capacidade pulmonar total.

O TMI também pode ser empregado no incremento da oxigenação das musculaturas de atletas, em especial na musculatura respiratória e a periférica. Sendo assim, ARCHIZA et al. (2018) desenvolveram um estudo com o intuito de determinar os efeitos do TMI na oxigenação das musculaturas respiratórias e periféricas durante um teste de tolerância ao esforço máximo e no desempenho de Sprint repetidos, no qual dezoito atletas profissionais do futebol feminino foram analisadas. As atletas foram submetidas a um teste de exercício incremental máximo, teste de exaustão e a um programa de TMI de 6 semanas, com 10 sessões por semana sendo 30 inalações com carga de 50% da $PI_{m\acute{a}x}$ em cada sessão. Os autores concluíram que os resultados encontrados podem indicar o potencial do TMI para atenuar o metaborreflexo da musculatura inspiratória e, por consequência, melhorar o suprimento de oxigênio e

sangue para os membros durante os exercícios de alta intensidade. Os autores acreditam ainda que os resultados indicam um potencial impacto na força da musculatura inspiratória, tolerância ao exercício e desempenho no Sprint.

Outros estudos também mostram que o TMI, sob diferentes protocolos, pode auxiliar no transporte de oxigênio e na melhora na capacidade aeróbica dos músculos da respiração, sejam eles primários ou acessórios. Tais incrementos ocorrem devido ao aumento do metabolismo aeróbico e do transporte de oxigênio (EDWARDS; WEELS; BUTTERLY, 2008; SONETTI et al., 2001). O TMR também pode ser o responsável por aumentar o desempenho, força e resistência dos músculos envolvidos na respiração (HAJGHANBARI et al., 2013).

Segundo MANCINI et al. (1995), se os princípios de sobrecarga (que é quando se exige uma força superior ao nível normal dos músculos ventilatórios), da especificidade e da reversibilidade forem atendidos, o TMI tem a possibilidade de produzir os benefícios fisiológicos desejados, proporcionando aumento da força e endurance dos músculos ventilatórios e a melhora da relação ventilação/perfusão aos indivíduos. Tais adaptações fisiológicas podem possibilitar, de forma indireta, o aumento do VO_2 máx, a maior tolerância ao exercício, a recuperação na força muscular periférica e o aumento da potência circulatória (CAHALIN et al., 2013; DOWNEY et al., 2007; MARCO et al., 2013).

Entretanto, o incremento do VO_2 máx em resposta ao TMI ainda é um ponto conflitante em vários estudos. De acordo com Edwards; Weels; Butterly (2008), numerosos estudos mediram tanto a potência aeróbia máxima quanto a dinâmica submáxima de oxigênio em resposta ao TMI isoladamente, mas não encontraram melhora na aptidão cardiovascular. Isso, segundo os autores, não foi surpreendente, já que a carga cardiovascular do treinamento do músculo respiratório é mínima. No entanto, melhorias significativas induzidas por TMI foram relatadas com mais frequência em resposta a testes de energia constante e contrarrelógio em várias modalidades de exercício, como remo, ciclismo e corrida, embora as causas para os autores ainda não fossem claras.

Um recente estudo desenvolvido com atletas de tiro demonstrou que o TMI pode ajudar a melhorar a função respiratória, com incrementos significativos na

Capacidade Vital Forçada (CVF), VVM, Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo (VEF_1) e VEF_1/CVF (HAN-KYU; DOM-WOO; TAE-HO, 2019). Segundo os autores, a manutenção de uma postura estável no momento do tiro e a ativação da respiração de forma adequada como um elo entre os músculos abdominais são aspectos primordiais para o tiro, sendo assim a melhora da postura e respiração podem ser fatores essenciais para a melhora na performance na atividade do tiro (HAN-KYU; DOM-WOO; TAE-HO, 2019).

O TMI, segundo Han-kyu; Dom-woo; Tae-ho (2019), estimula o diafragma e contribui com a mobilização dos músculos abdominais, aumentando assim a taxa de ventilação. Para Akuthota e Nader (2004), a função respiratória é afetada pelos músculos abdominais, os quais formam cadeias cinéticas funcionais com o diafragma, músculos do assoalho pélvico e músculos ao redor do abdômen, pois, segundo Campbell e Green (1995), os músculos abdominais são amplamente considerados como sendo os principais músculos envolvidos na expiração ativa, contribuindo assim para uma ventilação mais efetiva. Vemos então que o TMI, como um treinamento adicional a outros já desenvolvidos, pode melhorar a ventilação e a atividade muscular abdominal, aumentando a capacidade do indivíduo de controlar melhor o corpo durante a respiração (HAN-KYU; DOM-WOO; TAE-HO, 2019).

Diversos estudos envolvendo treinamentos musculares respiratórios demonstraram que os músculos abdominais mais beneficiados com esse tipo de treinamento são os transversos e o oblíquo interno, os quais tornam-se mais espessos (FREILICH; KIRSNER; BYRNE, 1995; ISHIDA; HIROSE; WATANABE, 2012).

Mesmo com o relato de benefícios fisiológicos do TMI em diversas populações, ainda não há um consenso na literatura em relação à carga e ao tempo que devem ser utilizados nos protocolos em treinamentos de força e resistência. Para atingir as adaptações fisiológicas desejadas, os protocolos utilizados na literatura têm-se pautado na variação na duração do TMI, que pode ser de semanas (EDWARDS; WEELS; BUTTERLY, 2008), meses (ENRIGHT; UNNITHAN, 2011) e até um ano (BECKERMAN et al., 2005).

Geralmente a carga de 30% da $PI_{m\acute{a}x}$ é empregada no treinamento de doentes crônicos por demandar menos esforço respiratório e reduzir significativamente o risco

de exaustão dos músculos ventilatórios (CAHALIN et al., 2013; LIN et al., 2012). Estudos comprovam que melhores resultados no ganho de força e resistência ao exercício sem prejuízo ao sistema imunológico são obtidos com cargas entre 50 e 60% da $PI_{máx}$ (CAHALIN et al., 2013). Outros estudos sugerem que a capacidade vital, capacidade vital forçada e capacidade pulmonar total podem ser aumentadas com o TMI de alta intensidade com cargas entre 60 e 80% da $PI_{máx}$ (CAHALIN et al., 2013; ENRIGHT; UNNITHAN, 2011).

Portanto, a literatura mostra que o TMI é um método promissor e seus benefícios funcionais ocorrem da interação com mecanismos fisiológicos e que dependem dos parâmetros utilizados, bem como das populações estudadas.

2.4 Treinamento Cardiorrespiratório

A prática de atividade física regular e a adaptação à carga aplicada ao treinamento podem provocar adaptações crônicas (THOMPSON et al., 2001), tais como, a redução da frequência cardíaca (FC) em repouso, o que pode acontecer devido aos aumentos do volume sistólico e do retorno venoso (YOSHIGA; HIGUCHI, 2002). Ainda não podemos afirmar que o treinamento, de forma isolada, é responsável pela diminuição da FC de repouso, entretanto observa-se que indivíduos treinados apresentam uma FC de repouso mais baixa que os indivíduos sedentários (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003). Uma FC de repouso baixa, tende a representar uma boa condição de saúde e condicionamento físico, enquanto os valores mais altos parecem estar relacionados com o aumento da mortalidade (GREENLAND et al., 1999).

Algumas análises, como a de concentração de lactato no sangue e as trocas gasosas respiratórias, são métodos utilizados para mensurar a transição de produção de energia pelo metabolismo muscular. Apesar de representarem alto nível de confiança, tais métodos podem significar aumento de custos e de tempo. Portanto, a medição da FC se apresenta como uma forma indireta para estimar a intensidade do exercício e da forma como o corpo utiliza o oxigênio absorvido.

A mensuração e controle da FC durante a realização do exercício tem se mostrado uma ferramenta simples e útil para o controle da intensidade dos treinamentos, visto que tal medida apresenta uma relação linear com o consumo de

oxigênio (VO_2) (ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003). Segundo Londeree et al. (1995), os exercícios físicos que são praticados com o corpo na posição ereta, como, por exemplo, a corrida, apresentam forte correlação da FC com o VO_2 , mostrando assim a FC como um bom preditor da intensidade do treinamento, devido ao fato de a FC aumentar linearmente com o ritmo empregado e a captação de oxigênio com a finalidade de auxiliar o aumento do débito cardíaco, conforme pode ser observado na Figura 1. Entretanto, tal relação não apresenta a mesma confiabilidade em exercícios realizados com membros superiores e sem a sustentação do peso corporal, como no caso do remo, sendo necessário empregar equações específicas para a utilização da FC como parâmetro de intensidade de treino.

Figura 1. Correlação entre $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$

$\%FC_{máx}$	$\%VO_{2máx}$ ou $FC_{máx}$ de reserva	Grau de percepção do esforço (escala de Borg)	Classificação da intensidade
< 35%	< 30%	< 10	Muito leve
35-59%	30-49%	10-11	Leve
60-79%	50-74%	12-13	Moderada (pouco forte)
80-89%	75-84%	14-16	Forte
$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	> 16	Muito forte

Fonte: Pollock e Wilmore, 1990.

A relação entre $FC_{máx}$ e $VO_{2máx}$ na realização de exercícios submáximos pode ser variável de acordo com a aptidão física. Indivíduos com melhores aptidões físicas apresentam maior $\%FC_{máx}$ do que indivíduos com aptidões inferiores, para o mesmo nível de $VO_{2máx}$, sendo que fatores como: uso de medicações, fatores ambientais e problemas cardiovasculares podem representar influência nessa relação (SWAIN et al., 1994).

2.4.1 Consumo Máximo de Oxigênio

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) é um importante indicador de que um indivíduo consegue manter uma atividade física de intensidade alta por um tempo elevado, por se tratar de uma medida quantitativa para ressíntese de ATP. A importância de o indivíduo alcançar valores altos de $VO_{2máx}$ consiste em permitir o metabolismo energético. Para obter um $VO_{2máx}$ alto é necessária uma interação

profunda de diversos sistemas fisiológicos, como por exemplo: débito cardíaco, capacidade metabólica, ventilação pulmonar e volume sanguíneo.

Os militares em geral são reconhecidos como indivíduos que dedicam especial atenção para treinamento e a manutenção da capacidade física. Nesse sentido, militares do mundo todo tem usado, de forma predominante, o treinamento de resistência, mais especificamente a corrida de longa distância, como a principal forma de treinamento aeróbico (GIBALA; GAGNON; NINDL, 2015). Muitos estudos têm sido desenvolvidos no intuito de aprimorar o treinamento cardiorrespiratório para o público militar, bem como observar os impactos desses treinamentos (CAMPOS et al., 2016; GIBALA; GAGNON; NINDL, 2015; HADDOCK et al, 2016).

Na tentativa de analisar as mudanças morfológicas e funcionais que um programa de treinamento físico pode provocar em militares, Campos et al. (2016) desenvolveram um estudo que analisou 130 militares jovens e recém ingressados na FAB após 12 semanas de treinamento físico. O programa era composto por treinamento neuromuscular e cardiorrespiratório e após o término os pesquisadores observaram uma melhora significativa de 32% no $VO_2máx$, bem como de 25% na realização do teste de corrida de 12 minutos.

Para atingir melhoras na aptidão cardiorrespiratória e na capacidade de metabolismo em militares com um programa de treinamento de curta duração e que não necessitasse de sessões de treinos demasiado longas para os indivíduos - com vantagens operacionais aos comandantes desses militares, pois teriam seus combatentes prontos em menor espaço temporal – Gibala, Gagnon, Nindl (2015) desenvolveram um estudo para analisar a eficiência do treinamento intervalado no preparo de tropas. Os autores concluíram que treinamento intervalado de baixo volume é capaz de induzir adaptações comparáveis às mudanças observadas nos treinamentos convencionais de corrida contínua de longa duração, sendo elas melhorias no desempenho cardiorrespiratório e no metabolismo da energia aeróbicas.

Diferentemente dos treinamentos militares convencionais que utilizam a corrida contínua como base do desenvolvimento cardiorrespiratório, várias tropas pelo mundo já utilizam um programa consistente de treinamento funcional de alta intensidade, como por exemplo o CROSSFIT, SEALFIT e o TATICAL HIGH INTENSITY DO US

MARINE CORPS. Esse tipo de treinamento tem como objetivo atingir níveis de aptidão cardiorrespiratória, resistência e força que excedem os resultados alcançados com os treinos convencionais, em menor quantidade de tempo e volume de esforço. Vantagens adicionais desse tipo de programa são que os exercícios realizados simulam tarefas de combate, apresentam menores custos e menor possibilidade de lesões causadas com o treinamento de resistência de elevado volume. Além dos benefícios já descritos, o programa de treinamento funcional de alta intensidade, segundo os autores, também é capaz de promover incrementos condicionamento metabólico e da força muscular e de promover preparação física em geral (HADDOCK et al., 2016).

Em resumo, podemos afirmar que a respiração é um dos principais fundamentos do tiro e que está intimamente relacionada com a precisão do disparo, principalmente em armas de cano curto como a pistola. Infere-se também que o sistema respiratório é demandado cada vez mais de acordo com o aumento do esforço físico e que o mesmo pode entrar em processo de fadiga, o que gera o uso da musculatura acessória para auxiliar o diafragma no processo respiratório, ativando assim o mecanismo do metaborreflexo. Sendo assim, o TMI se mostra como uma eficiente ferramenta no treinamento da musculatura empregada na respiração, bem como na atenuação do metaborreflexo, podendo por consequência possivelmente implementar a precisão do tiro.

3. OBJETIVOS GERAL

Avaliar a influência do Treinamento Muscular Inspiratório, associado ao treinamento aeróbico, no desempenho do TMA NV1 em soldados da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR) que compõem a Equipe de Pronto Resposta.

REFERÊNCIAS

ACHTEN, Juul; JEUKENDRUP, Asker E. Heart Rate Monitoring. **Sports Medicine**, New Zealand, v. 33, n. 7, p. 517-538, 2003.

AKUTHOTA, Venu; NADLER, Scott F. Core strengthening. **Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation**, United State, v. 85, p. 86-92, mar. 2004.

ALDRICH, T. K.; ARORA, N. S.; ROCHESTER, D. F. The influence of airway obstruction and respiratory muscle strength on maximal voluntary ventilation in lung disease. **American Review of Respiratory Disease**, New York, v. 126, n. 2, p. 195-199, aug. 1982.

ANDRADE, A. Dornelas de et al. Inspiratory muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD. **Journal of Electromyography and Kinesiology: of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, England, v. 15, n. 6, p. 631-639, dec. 2005.

ARCHIZA, B. et al. Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. **Journal of Sports Sciences**, United Kingdom, v. 36, n. 7, p. 771-780, apr. 2018.

AUBERT, André. E.; SEPS, Bert; BECKERS, Frank. Heart rate variability in athletes. **Sports Medicine**, Switzerland, v. 33, n. 12, p. 889-919, 2003.

BABCOCK, Mark A. et al. Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue. **Journal Applied Physiology**, United States, v. 93, n. 1, p. 201-206, jul. 2002.

BAILEY, Stephen. J. et al. Inspiratory muscle training enhances pulmonary O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. **Journal Applied Physiology**, United States, v. 109, n. 2, p. 457-468, aug. 2010.

BALL, Kevin A.; BEST, Russell J.; WRIGLEY, Tim V. Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra-individual analysis. **Journal of Sports Sciences**, United Kingdom, v. 21, n. 7, p. 559-566, jul. 2003.

BECKERMAN, Marinella et al. The effects of 1 year of specific inspiratory muscle training in patients with COPD. **Chest**, United State, v. 128, n. 5, p. 3177-3182, nov. 2005.

BELMAN, Michael J.; THOMAS, Scott G.; LEWIS, Michael I. Resistive breathing training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Chest**, United State, v. 90, n. 5, p. 662-669, 1 nov. 1986.

BOUISSET, S.; DO, M. C. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. **Neurophysiol Clin**, Paris, v. 38, n. 6, p. 345-362, dec. 2008.

BOUTELLIER, U. et al. The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 65, n. 4, p. 347-353, 1992.

BOUTELLIER, Urs; PIWKO, Paul. The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 64, n. 2, p. 145-152, 1992.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral do Ar. Portaria COMGAR nº R-4/COTAR, de julho de 2005. Aprova a reedição do Manual de Instrução de Tiro com Armamento Terrestre no Âmbito do Comando da Aeronáutica (MCA 50-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica Reservado**, [Rio de Janeiro], nº 26, 15 de agosto de 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 121, f. 4393, 26 de junho de 2012.

CAHALIN, Lawrence P. et al. Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: a review of the literature with a focus on method of training and outcomes. **Expert Review of Cardiovascular Therapy**, London, v. 11, n. 2, p. 161-177, feb. 2013.

CAMPBELL, E. J.; GREEN, J. H. The behaviour of the abdominal muscles and the intra-abdominal pressure during quiet breathing and increased pulmonary ventilation; a study in man. **Journal of Physiol**, [s. l.], v. 127, n. 2, p. 423-426, 28 feb. 1955.

CAMPOS, Leandra C. B. et al. Effects of 12 weeks of physical training on body composition and physical fitness in military recruits. **International Journal of Exercise Science**, Kentucky, v. 10, n 4, p. 560-567, abr. 2016.

CHARUSUSIN, Noppawan et al. Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): a multicentre randomised controlled trial. **BMJ Open**, United Kingdom, v. 3, n. 8, 5 agu. 2013.

CHEAH, Benjamin C. et al. INSPIRATIOnAL- INSPIRAtory muscle training in amyotrophic lateral sclerosis. **Amyotrophic Lateral Sclerosis**, United Kingdom, v. 10, n. 5-6, p. 384-392, oct./dec. 2009.

DALL'AGO, Pedro et al. Inspiratory muscle training in patients with herat failure and inspiratory muscle weakness. **Journal of American College of Cardiology**, United State, v. 47, n. 4, 26 sep. 2006.

DAVID, Pascal et al. Postural control and ventilatory drive during voluntary hyperventilation and carbon dioxide rebreathing. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 112, n. 1, p. 145-154, jan. 2012.

DEMPSEY, Jerome A. et al. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. **Respiratory Physiology Neurobiology**, Amsterdam, v. 151, n. 2-3, p. 242-250, 28 apr. 2006.

DERCHAK, P. Alexander et al. Effects of expiratory muscle work on muscle sympathetic nerve activity. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 92, n. 4, p. 1539-1552, apr. 2002.

DODD, S. L. et al. Exercise performance following intense, short-term ventilatory work. **Internacional Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 10, n. 1, p. 48-52, feb. 1989.

DOWNEY, Amy E. et al. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, Amsterdam, v. 156, n. 2, p. 137-146, 17 may 2007.

EDWARDS, A. M.; WELLS, C.; BUTTERLY, R. Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5000 m running performance compared with cardiovascular training alone. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v. 42, n. 10, p. 823-827, oct. 2008.

EDWARDS, Andrew M.; WALKER, Raewyn E. Inspiratory muscle training and endurance: a central metabolic control perspective. **Internacional Journal of Sports Physiology and Performance**, United State, v. 4, n. 1, p. 122-128, mar. 2009.

ENRIGHT, Stephanie J. et al. Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. **Physical Therapy**, United State, v. 86, n. 3, p. 345-354, mar. 2006.

ENRIGHT, Stephanie J.; UNNITHAN, Viswanath B. Effect of inspiratory muscle training intensities on pulmonary function and work capacity in people who are healthy: a randomized controlled trial. **Physical Therapy**, United State, v. 91, n. 6, p. 894-905, jun. 2011.

FAGHY, Mark A.; BROWN, Peter I. Training the inspiratory muscles improves running performance when carrying a 25 kg thoracic load in a backpack. **European Journal of Sport Science**, England, v. 16, n. 5, p. 585-594, aug. 2016.

FERREIRA, Janaína Barcellos et al. Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: a randomized controlled trial. **Internacional Journal of Cardiology**, Netherlands, v. 166, n. 1, p. 61-67, 5 jun. 2013.

FLAHERTY, K. R. et al. Unexplained exertional limitation: characterization of patients with a mitochondrial myopathy. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 164, n. 3, p. 425-432, 1 aug. 2001.

FREGONEZI, Guilherme Augusto de Freitas et al. Effects of 8-week, interval-based inspiratory muscle training and breathing retraining in patients with generalized myasthenia gravis. **Chest**, United State, v. 128, n. 3, p. 1524-1530, sep. 2005.

FREILICH, R. J.; KIRSNER, R. L.; BYRNE, E. Isometric strength and thickness relationships in human quadriceps muscle. **Neuromuscular Disorders**, England, v. 5, n. 5, p. 415-422, sep. 1995.

GIBALA, Martin J.; GAGNON, Patrick J.; NINDL, Bradley C. Military applicability of interval training for health and performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Illinois, v. 29 sup. 11, p. S40-45, nov. 2015.

GOHL, O. et al. [Respiratory Muscle Training: State of the Art]. **Pneumologie**, Germany, v. 70, n. 1, p. 37-48, jan. 2016.

GOSSELINK, Rik. Controlled breathing and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Journal of Rehabilitation Research and Development**, United State, v. 40, n. 5 sup. 2, p. 25-33, sep./oct. 2003.

GOSSELINK, R. et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? **European Respiratory Journal**, Copenhagen, v. 37, n. 2, p. 416-425, feb. 2011.

GREENLAND, P. et al. Resting heart rate is a risk factor for cardiovascular and noncardiovascular mortality: the Chicago Heart Association Detection Project in

Industry. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 149, n. 9, p. 853-862, 1 may 1999.

GRIFFITHS, Lisa A.; MCCONNELL, Alison K. The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 99, n. 5, p. 457-466, mar. 2007.

GUY, Joshua H.; EDWARDS, Andrew M.; DEAKIN, Glen B. Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players without concomitant gain in soccer-specific fitness. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Illinois, v. 28, n. 2, p. 483-491, feb. 2014.

HADDOCK, Christopher K. et al. The benefits of high-intensity functional training fitness programs for military personnel. **Military Medicine**, Washington, v. 181, n. 11, p. e1508-e1514, nov. 2016.

HAJGHANBARI, Bahareh et al. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Illinois, v. 27, n. 6, p. 1643-1663, jun. 2013.

HAN-KYU, Park; DOM-WOO, Kim; TAE-HO, Kim. Improvements of Shooting Performance in Adolescent Air Rifle Athletes After a 6-week Balance and Respiration Training Programs. **Journal of Sport Rehabilitation**, United State, v. 28, n. 6, p. 552-557, 1 aug. 2019.

HARMS, C. A. et al. Effects of respiratory muscle work on exercise performance. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 89, n. 1, p. 131-138, jul. 2000.

HARMS, C. A. et al. Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 82, n. 5, p. 1573-1583, may 1997.

HODGES, P. W. et al. Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 144, n. 3, p. 293-302, jun. 2002.

ILLI, Sabine K. et al. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, New Zealand, v. 42, n. 8, p. 707-724, 1 aug. 2012.

IRANZO, Maria Dels Àngels Cebriá et al. Effects of inspiratory muscle training and yoga breathing exercises on respiratory muscle function in institutionalized frail older adults: a randomized controlled trial. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, United State, v. 37, n. 2, p. 65-75, apr./jun. 2014.

ISHIDA, Hiroshi; HIROSE, Ryohei; WATANABE, Susumu. Comparison of changes in the contraction of the lateral abdominal muscles between the abdominal drawing-in maneuver and breathe held at the maximum expiratory level. **Manual Therapy**, Edinburgh, v. 17, n. 5, p. 427-31, oct. 2012.

JANSSENS, Lotte et al. The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: a systematic review. **Respiratory Medicine**, London, v. 107, n. 3, p. 331-346, mar. 2013.

JOHNSON, B. D. et al. Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. **Journal of Physiology**, London, v. 460, p. 385-405, jan. 1993.

JOHNSON, Michael A.; SHARPE, Graham R.; BROWN, Peter I. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 101, n. 6, p. 761-770, dec. 2007.

KAVGIAS, G. O. **A influência do condicionamento aeróbico no desempenho do tiro militar avançado nível 1**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica) - Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2017.

KILDING, Andrew E.; BROWN, Sarah; MCCONNELL, Alison K. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 108, n. 3, p. 505-511, feb. 2010.

KONTTINEN, N.; LYTTINEN, H.; VIITASALO, J. Rifle-balancing in precision shooting: behavioral aspects and psychophysiological implication. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 8, n. 2, p. 78-83, apr. 1998.

LEITH, D. E.; BRADLEY, M. Ventilatory muscle strength and endurance training. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 41, n. 4, p. 508-516, oct. 1976.

LI, Xiaoyan; ARUIN, Alexander S. The effect of short-term changes in the body mass on anticipatory postural adjustments. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 181, n. 2, p. 333-346, aug. 2007.

LIN, Suh-Jen et al. Inspiratory muscle training in patients with heart failure: a systematic review. **Cardiopulmonary Physical Therapy Journal**, United Sate, v. 23, n. 3, p. 29-36, sep. 2012.

LONDEREE, B. R. et al. %VO₂max versus %HRmax regressions for six modes of exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 27, n. 3, p. 458-461, mar. 1995.

MADOR, M. J.; ACEVEDO, F. A. Effect of respiratory muscle fatigue on subsequent exercise performance. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 70, n. 5, p. 2059-2065, may 1991.

MADOR, M. J. et al. Diaphragmatic fatigue after exercise in healthy human subjects. **American Review of Respiratory Disease**, Baltimore, v. 148, n. 6 pt. 1, p. 1571-1575, dec. 1993.

MANCINI, D. M. et al. Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure. **Circulation**, United State, v. 91, n. 2, p. 320-329, 15 jan. 1995.

MARCO, Ester et al. High-intensity vs. sham inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure: a prospective randomized trial. **European Journal of Heart Failure**, Amsterdam, v. 15, n. 8, p. 892-901, aug. 2013.

MARTIN, A. Daniel et al. Use of inspiratory muscle strength training to facilitate ventilator weaning: a series of 10 consecutive patients. **Chest**, United State, v. 122, n. 1, p. 192-196, jul. 2002.

MCCONNELL, Alison K.; GRIFFITHS, Lisa A. Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 42, n. 9, p. 1696-1703, sep. 2010.

MCCONNELL, Alison K.; LOMAX, Michelle The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. **Journal of Physiology**, London, v. 577, n. 1, p. 445-457, 15 nov. 2006.

MCCONNELL, Alison K.; ROMER, Lee M. Dyspnoea in health and obstructive pulmonary disease: the role of respiratory muscle function and training. **Sports Medicine**, New Zealand, v. 34, n. 2, p. 117-132, 2004a.

MCCONNELL, Alison K.; ROMER, Lee. M. Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. **International Journal of Sports Medicine**, Germany, v. 25, n. 4, p. 284-293, may 2004b.

MCCONNELL, Alison K.; SHARPE, Graham R. The effect of inspiratory muscle training upon maximum lactate steady-state and blood lactate concentration. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 94, n. 3, p. 277-284, jun. 2005.

MELLO, P. R. et al. Inspiratory muscle training reduces sympathetic nervous activity and improves inspiratory muscle weakness and quality of life in patients with chronic

heart failure: a clinical trial. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, Philadelphia, v. 32, n. 5, p. 255-261, sep./oct. 2012.

MONONEN, K. et al. Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 17, n. 2, p. 180-185, apr. 2007.

MOODIE, L. H. et al. Inspiratory muscle training to facilitate weaning from mechanical ventilation: protocol for a systematic review. **BMC Research Notes**, London, v. 4, p. 283, 11 aug. 2011.

NEDER, J. A. et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 32, n. 6, p. 719-727, jun. 1999.

NICI, Linda et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 173, n. 12, p. 1390-1413, 15 jun. 2006.

POLLA, B. et al. Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. **Thorax**, United Kingdom, v. 59, n. 9, p. 808-817, sep. 2004.

POWERS, S. K.; CRISWELL, D. Adaptive strategies of respiratory muscles in response to endurance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 28, n. 9, p. 1115-1122, sep. 1996.

RODMAN, Joshua R. et al. Cardiovascular effects of the respiratory muscle metaboreflexes in dogs: rest and exercise. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 95, n. 3, p. 1159-1169, sep. 2003.

ROMER, Lee M. et al. Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. **Journal of Physiology**, London, v. 571, n. 2, p. 425-439, 1 mar. 2006.

ROMER, Lee M.; MCCONNELL, Alison K.; JONES, David A. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. **Journal of Sports Sciences**, England, v. 20, n. 7, p. 547-562, jul. 2002.

ROMER, Lee M.; POLKEY, Michael I. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 104, n. 3, p. 879-888, mar. 2008.

SAPIENZA, Christine M. Respiratory muscle strength training applications. **Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery**, Philadelphia, v. 16, n. 3, p. 216-220, jun. 2008.

SAUNDERS, Steven W.; RATH, David; HODGES, Paul W. Postural and respiratory activation of the trunk muscles changes with mode and speed of locomotion. **Gait & Posture**, United Kingdom, v. 20, n. 3, p. 280-290, dec. 2004.

SHEEL, A. W. et al. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. **Journal of Physiology**, London, v. 537, n. 1, p. 277-289, 15 nov. 2001.

SONETTI, D. A. et al. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. **Respiration Physiology**, Amsterdam, v. 127, n. 2-3, p. 185-99, sep. 2001.

SPENGLER, Christina M. et al. Decreased exercise blood lactate concentrations after respiratory endurance training in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Germany, v. 79, n. 4, p. 299-305, mar. 1999.

ST CROIX, Claudette M. et al. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. **Journal of Physiology**, London, v. 529 n. 2, p. 493-504, 1 dec. 2000.

SUPINSKI, Gerald S.; FITTING, Jean Will; BELLEMARE, François. Statement on respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, United State, v. 166, n. 4, p. 518-624, 15 aug. 2002.

SUZUKI, S.; SATO, M.; OKUBO, T. Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects. **Thorax**, United Kingdom, v. 50, n. 4, p. 366-370, apr. 1995.

SWAIN, D. P. et al. Target heart rates for the development of cardiorespiratory fitness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United States, v. 26, n. 1, p. 112-116, jan. 1994.

THOMPSON, P. D. et al. The acute versus the chronic response to exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 33, n. 6, Sup. 6, p. S438-S445, jun. 2001. Discussion S452-S453.

TOM, Kwokkeung Tong et al. The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, Canada, v. 33, n. 4, p. 671-681, aug. 2008.

VERGES, S. et al. Effects of different respiratory muscle training regimes on fatigue-related variables during volitional hyperpnoea. **Respiratory physiology & neurobiology**, Amsterdam, v. 169, n. 3, p. 282-290, 31 dec. 2009.

VERGES, S. et al. Expiratory muscle fatigue impairs exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 101, n. 2, p. 225-232, sep. 2007a.

VERGES, S. et al. Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. **American Journal of Physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, United State, v. 292, n. 3, p. R1246-R1253, mar. 2007b.

VOLIANITIS, S. et al. Inspiratory muscle training improves rowing performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 5, p. 803-809, may 2001.

WELLS, Greg D.; NORRIS, Stephen R. Assessment of physiological capacities of elite athletes & respiratory limitations to exercise performance. **Paediatric Respiratory Reviews**, London, v. 10, n. 3, p. 91-98, sep. 2009.

WITT, Jonathan D. et al. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. **Journal of Physiology**, London, v. 584, n. 3, p. 1019-1028, 1 nov. 2007.

WYLEGALA, Juli A. et al. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 99, n. 4, p. 393-404, mar. 2007.

YELDAN, Ipek.; GURSES, H. Nilgun; YUKSEL, Husniye. Comparison study of chest physiotherapy home training programmes on respiratory functions in patients with muscular dystrophy. **Clinical Rehabilitation**, England, v. 22, n. 8, p. 741-748, aug. 2008.

YOSHIGA, Chie C.; HIGUCHI, Mitsuru. Heart rate is lower during ergometer rowing than during treadmill running. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 87, n. 2, p. 97-100, jun. 2002.

ZHANG, D. et al. Respiratory motor output during an inspiratory capacity maneuver is preserved despite submaximal exercise. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, Netherlands, v. 189, n. 1, p. 87-92, 1 oct. 2013.

ARTIGO

**Influência do Treinamento Muscular Inspiratório na Eficiência
do Tiro Militar Avançado Nível 1**

AUTORES

GUILHERME OLIVEIRA KAVGIAS

Dra. GRACE GUINDANI VIDAL

Dados da Instituição de Ensino:

Programa de Pós Graduação em Desempenho Humano Operacional.

Universidade da Força Aérea.

Av. Marechal Fontenelle, 1200.

Campo dos Afonsos.

CEP: 21740-000 - Rio de Janeiro – RJ.

TEL PABX.: (21) 2157-2500.

RESUMO

Contextualização: Dentre os fundamentos de tiro a respiração se destaca por ser treinável, sendo o treinamento muscular inspiratório (TMI) o método mais difundido para aumento de performance das musculaturas empregadas nesse processo. **Objetivo:** verificar a influência do TMI, associado ao treinamento cardiorrespiratório, no implemento da eficiência do Tiro Militar Avançado Nível 1 (TMA NV1) em soldados integrantes da Equipe de Pronta Resposta da Escola Preparatória de Cadetes do Ar da Força Aérea Brasileira (FAB). **Métodos:** Cinquenta e quatro indivíduos, do sexo masculino, não treinados e hígidos, concordaram em participar do estudo e foram aleatoriamente designados para os grupos - intervenção (GPint; n = 27) e controle (GPcon; n = 27). Foram realizadas medições, nos momentos pré e pós-treinamento, de peso corporal, dobras cutâneas, circunferência abdominal, frequência cardíaca de repouso (FCrep), pressão inspiratória máxima ($PI_{máx}$), consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), fator de tiro após repouso (FTrep) e fator de tiro após esforço físico (FTex) em ambos os grupos. Todos os sujeitos efetuaram o mesmo treinamento cardiorrespiratório durante 10 semanas associado ao TMI, sendo que o GPint realizou o treinamento com carga de 70% da $PI_{máx}$ e o GPcon com carga 15% (placebo). **Resultados:** Os valores de FTrep e FTex no GPint, pós protocolo experimental, apresentaram uma melhora significativa de aproximadamente 47% ($p < 0.001$) e 38.5% ($p < 0.001$), respectivamente. Tais resultados não foram evidenciados no GPcon, o qual apenas demonstrou uma piora limítrofe de 16% ($p = 0.052$) no FTex pós intervenção. Nas comparações intragrupo foi verificada uma diferença significativa tanto no FTrep (GPint x GPcont: $p < 0.001$) como no FTex (GPint x GPcont: $p < 0.001$), indicando implemento significativo do FT pós repouso e pós esforço do GPint em relação ao GPcont. O mesmo padrão de resposta foi observado em relação a $PI_{máx}$, que apresentou um incremento significativo no GPint ao longo das semanas, tanto intergrupo [$PI_{máx}$ inicial x final: 36% ($p < 0.001$)]; como intragrupo [GPint x GPcont: 36% ($p < 0.001$)]. Por fim, na análise do $VO_{2máx}$ ambos os grupos apresentaram acréscimos significativos semelhantes nas análises pós intervenção (GPint: 13% ($p < 0.001$), GPcon: 13% ($p < 0.001$)). **Conclusão:** Um programa de TMI, associado ao treinamento cardiorrespiratório, é capaz de induzir uma melhora na eficiência do tiro de pistola em militares da FAB, tanto em situações de repouso como após desgaste físico. Tais achados, podem estar relacionados a um possível aumento da força e da resistência da musculatura envolvida na respiração, em especial os músculos transversos e o oblíquo interno, assim como a um provável atraso da percepção da fadiga respiratória, por consequente diminuição do metaborreflexo.

Palavras-Chave: Treinamento muscular respiratório. Pressão inspiratória máxima. Pistola. Combatentes.

ABSTRACT

Contextualization: Among the shooting fundamentals, breathing stands out for being trainable, with inspiratory muscle training (IMT) being the most widespread method for increasing the performance of the muscles employed in this process. **Objective:** to verify the influence of the IMT, associated with cardiorespiratory training, in the implementation of the efficiency of Advanced Military Shooting Level 1 in soldiers' members of the Ready Response Team in the Air Force Preparatory School of the Brazilian Air Force (FAB). **Methods:** Fifty-four individuals, male, untrained and healthy, agreed to participate in the study and were randomly assigned to the groups - intervention (GPint; n=27) and control (GPcon; n=27). Body weight, skinfolds, waist circumference, resting heart rate (HRrep), maximum inspiratory pressure (MIP), maximum oxygen consumption (VO₂max), shot factor after resting (SFrep) and shot factor after physical effort (SFex), were taken at the pre- and post-training moments in both groups. All subjects underwent the same cardiorespiratory training for 10 weeks associated with IMT, with GPint training with 70% load of MIP and GPcon with 15% load (placebo). **Results:** The SFrep and SFex values in the GPint, after the experimental protocol, showed a significant improvement of approximately 47% ($p<0.001$) and 38.5% ($p<0.001$), respectively. Such results were not seen in GPcon, which only showed a borderline worsening of 16% ($p=0.052$) in SFex after intervention. In the intra-group comparisons, a significant difference was verified both in SFrep (GPint x GPcont: $p<0.001$) and in SFex (GPint x GPcont: $p<0.001$), indicating a significant implementation of SF after rest and post-effort of GPint in relation to GPcont. The same response pattern was observed in relation to MIP, which showed a significant increase in GPint over the weeks, both intergroup [Initial x final MIP: 36% ($p<0.001$)]; as intragroup [GPint x GPcont: 36% ($p<0.001$)]. Finally, in the VO₂max analysis, both groups showed similar significant increases in the post-intervention analyzes (GPint: 13% ($p<0.001$), GPcon: 13% ($p<0.001$)). **Conclusion:** An IMT program, associated with cardiorespiratory training, is able to induce an improvement in pistol shooting efficiency in FAB military personnel, both in situations of rest and after physical exhaustion. Such findings may be related to a possible increase in the strength and resistance of the muscles involved in breathing, especially the transverse and internal oblique muscles, as well as a probable delay in the perception of respiratory fatigue, as a consequent decrease in the metaborreflex.

Keyword: Respiratory muscle training. Maximum inspiratory pressure. Gun. Fighters.

INTRODUÇÃO

Na Força Aérea Brasileira (FAB), a atividade de tiro é regulada por manual específico, que visa oferecer métodos de treinamento básicos com armas curtas e armas longas, através do Tiro Militar Básico (TMB), e de treinamentos avançados que simulam situações reais de combate, como a proposta do Tiro Militar Avançado (TMA). Segundo esse manual, alguns fatores têm influência decisiva no desempenho do atirador, tais como: postura, empunhadura, visada, respiração e acionamento do gatilho¹. Dentre esses, a respiração apresenta-se como um fundamento físico treinável, o qual influencia diretamente na performance de tiro, visto que movimentos ventilatórios podem transferir oscilações verticais para o armamento, principalmente quando da empunhadura de uma pistola^{2,3,4}.

Assim, por sua característica esquelética, os músculos do processo respiratório podem ter sua força e *endurance* aprimoradas tanto por um programa de treinamento físico cardiorrespiratório,⁵⁻⁷ como por treino muscular inspiratório específico^{8,9,11}. Nesse contexto, o Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) é o mecanismo mais utilizado na intervenção, em diferentes populações, tanto para o tratamento das disfunções da musculatura ventilatória, quanto para o incremento da performance de indivíduos saudáveis. Além de ser uma ferramenta de fácil aplicação e baixo custo, apresenta bons resultados na ativação dos músculos abdominais; controle postural; redução e atraso da fadiga muscular respiratória; ganho de força na musculatura periférica e incremento da potência circulatória;⁸⁻¹⁷ e ainda, atenuação do SNS e dos efeitos do metaborreflexo¹⁸⁻²².

Recentemente, foi demonstrado que o TMI pode melhorar o rendimento de militares em atividades como corrida e marcha com sobrepeso²³. Além disso, apesar de ter sido sugerido por alguns autores⁴ que o TMI seja efetivo no desenvolvimento da eficiência no tiro por induzir um incremento no controle respiratório e menor oscilação vertical, há um número limitado de estudos que investigaram o impacto deste sobre a capacidade de tiro em militares, com armamento real.

Ainda em relação a eficiência no tiro, em trabalho prévio, foi verificado que o incremento da capacidade cardiorrespiratória, medida por meio do Consumo Máximo de Oxigênio (VO₂máx), apresenta influência positiva no resultado do tiro de pistola.

No entanto, constatou-se que apesar do condicionamento físico ter causado melhora na precisão de tiro, tal achado não está relacionado ao implemento de VO_2 máx isoladamente, podendo ser afetada por outras variáveis como o SNS e pela pressão inspiratória máxima²⁴.

Sendo assim, uma vez que a literatura ainda se mostra insuficiente em pesquisas que estudem métodos mais eficientes para incrementar os resultados de precisão de tiro de pistola, principalmente relacionados com a atividade militar, este estudo objetiva aferir a influência do TMI associado ao treinamento cardiorrespiratório no implemento da eficiência do tiro militar avançado em soldados integrantes do Grupo de Resposta Rápida da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR). Ademais, o entendimento das técnicas que viabilizem o aprimoramento na eficiência de tiro pode ser extremamente útil para um melhor preparo das tropas responsáveis pela segurança e defesa, sendo importante ainda para o implemento do adestramento de grupos de operações especiais.

SUJEITOS E MÉTODOS

PARTICIPANTES DE PESQUISA

Inicialmente participaram deste ensaio clínico randomizado controlado por placebo 61 soldados do sexo masculino, pertencentes ao efetivo da Equipe de Pronta Resposta (EPR) do Esquadrão de Segurança e Defesa (ESD) da EPCAR, moderadamente treinados, hígidos, aptos na inspeção de saúde regular do Comando da Aeronáutica e voluntários. Os militares foram randomizados (<https://www.randomizer.org/>) em dois grupos – Intervenção e Controle. No entanto, durante o período de intervenção 04 indivíduos apresentaram lesões osteomioarticulares e 02 não concluíram todas as fases do estudo, sendo excluídos deste. Assim, a pesquisa foi integrada por 54 militares (GPint = 27 e GPcon = 27), os quais, assim como os pesquisadores, estavam cegados quanto a alocação nos grupos. Os critérios de inclusão considerados foram: idade entre 18 e 20 anos; higidez física; estar apto em inspeção de saúde anual do Comando da Aeronáutica; e não apresentar experiência em manuseio de arma de fogo. Indivíduos fumantes, em uso de medicação contínua, com $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$, lesões osteomioarticulares, doenças

crônicas e disfunções cardíacas ou respiratórias, e evidência de patologia pulmonar foram excluídos do estudo. A não finalização de alguma das fases do protocolo de pesquisa foi considerada como critério de perda. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital de Força Aérea do Galeão, conforme o Parecer Consubstanciado nº 2.487.368, e conduzido de acordo com a Declaração de Helsinque. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

PROTOCOLO DE ESTUDO

FASES DO ESTUDO

A pesquisa foi composta por três fases – avaliação inicial, intervenção e avaliação final.

Na primeira fase, avaliação inicial, os sujeitos realizaram anamnese e aferição de peso corporal, estatura, circunferência abdominal, dobras cutâneas (DC) e frequência cardíaca de repouso (FCrep). Além disso, foram mensuradas, por profissional tecnicamente habilitado, $PI_{máx}$, Pressão Expiratória Máxima ($PE_{máx}$) e CVF basais. A Frequência Cardíaca Máxima ($FC_{máx}$) e o $VO_{2máx}$ foram aferidos através de teste de esforço máximo em pista de atletismo. Por fim, no último dia da etapa, respeitado intervalo mínimo de 48 horas do teste de esforço, foram avaliados os fatores de tiro pós repouso (FTrep) e após esforço físico (FTex).

Após o término da avaliação inicial, iniciou-se a segunda fase do estudo, correspondente ao período de intervenção (protocolo experimental). Ao longo de 10 semanas, ambos os grupos foram submetidos ao mesmo programa de treinamento cardiorrespiratório. Simultaneamente, o GPint realizou um programa de TMI, enquanto o GPcon foi submetido a um programa de TMI placebo.

Por fim, após a finalização da intervenção, a terceira fase do estudo foi iniciada, na qual foram reavaliados os parâmetros a seguir: peso corporal, DC, Circunferência Abdominal, FCrep, $PI_{máx}$, $PE_{máx}$, $VO_{2máx}$ (48h *washout*), FTrep e FTex. Essas mensurações foram aplicadas no mesmo período do dia e pelo mesmo aplicador da fase de avaliação inicial. Em todas as fases os participantes foram orientados a abster-se de consumo de álcool e produtos com cafeína 24 horas antes de cada coleta de

dados, bem como a evitar atividades físicas organizadas durante o período de 10 semanas.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL (INTERVENÇÃO)

O protocolo experimental foi desenvolvido para avaliar os efeitos crônicos do TMI associado ao treinamento cardiorrespiratório, e seu consequente impacto na precisão TMA NV1, com pistola 9 mm em militares da equipe de pronta resposta da EPCAR.

TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO

Ambos os grupos completaram um programa supervisionado de TMI de 10 semanas com 6 sessões de treinamento por semana, sendo divididos em três vezes por semana, com duas sessões por dia de treino (uma no período da manhã e outra à tarde), em dias não consecutivos¹¹. Para o TMI foi utilizado um dispositivo de treinamento de musculatura respiratória de limite de pressão entre 23 cmH₂O e 274 cmH₂O (série *Plus POWERbreathe*®, *HaB International, Warwickshire*, Reino Unido). A configuração do dispositivo foi ocultada de todos os participantes e a função de ajuste desativada. Em cada sessão os indivíduos executaram 30 esforços inspiratórios dinâmicos consecutivos. Cada esforço inspiratório foi iniciado a partir do volume residual e os participantes se esforçavam para maximizar o volume corrente²⁵. As cargas de treinamento foram constantes, a 70% da $PI_{m\acute{a}x}$ para o GP_{int} e 15% para o GP_{con}, com reavaliação de $PI_{m\acute{a}x}$ e $PE_{m\acute{a}x}$ a cada duas semanas para readaptação^{8,11}. Os indivíduos pertencentes ao GP_{con} realizaram os treinamentos a 15% da $PI_{m\acute{a}x}$, por essa ser referenciada e provocar efeitos insignificantes no incremento desta variável^{26,27}. Todas as sessões de TMI foram precedidas por 10 minutos de repouso, na posição sentada. Os sujeitos não realizaram outras formas de TMI durante o período do estudo e, em todas as sessões, o treinamento foi supervisionado e orientado pelo pesquisador.

TREINAMENTO CARDIORRESPIRATÓRIO

O treinamento cardiorrespiratório foi composto por sessões de corrida contínua e o mesmo foi realizado por ambos os grupos, pelo mesmo período de 10 semanas do TMI, sendo aplicado 3 vezes por semana em dias não consecutivos. Os treinos foram realizados no período da manhã, 30 minutos após os indivíduos terem realizado a sua primeira sessão de TMI do dia, sendo precedidos por aquecimento dinâmico com caminhada de 800 m em pista de atletismo.

O treinamento consistiu de sessões de 30 minutos nas quatro semanas iniciais; 45 minutos nas quatro semanas subsequentes e 60 minutos nas duas últimas semanas, com faixas de FC variável entre 60 e 80% da $FC_{\text{máx}}$ ³⁰. Todas as corridas foram monitoradas por frequencímetro FT-1 (Polar, *Kempele*, Finlândia) e pela avaliação da Percepção Subjetiva do Esforço conforme a Escala de Borg³¹.

TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO CARDIORRESPIRATÓRIO

A capacidade cardiorrespiratória foi mensurada com a aplicação do teste de *Léger-Boucher*⁵⁰, que consiste em um teste progressivo máximo para avaliação do $VO_{2\text{máx}}$, no qual os participantes foram orientados a correr continuamente na pista de atletismo de 400 m com balizamento de cones a cada 25 m, mantendo a velocidade determinada por sinais sonoros. O teste foi iniciado a 9 km/h e a velocidade foi aumentada em 1 km/h ao término de cada estágio de 2 minutos. Para controlar a velocidade foi utilizado um *software* específico que emite sinais sonoros, os quais indicavam o momento em que os indivíduos deveriam passar ao lado de cada cone. O teste foi interrompido quando os voluntários entraram em exaustão ou não conseguiram chegar a pelo menos 2 m de um cone por duas vezes consecutivas ou três vezes alternadas³⁵⁻³⁷. Para familiarização com a dinâmica do teste de *Léger-Boucher*, sinais sonoros e ritmo de corrida correspondentes aos patamares do teste, todos os indivíduos realizaram o protocolo uma semana antes da primeira coleta de dados de $VO_{2\text{máx}}$.

A mensuração do $VO_{2\text{máx}}$ foi obtida pelo analisador de gases metabólicos VO2000 (Inbramed, Porto Alegre, RS, Brasil), o qual foi acoplado a uma

cinta peitoral com transmissão dos dados de $VO_{2m\acute{a}x}$ e $FC_{m\acute{a}x}$ por meio de telemetria para o computador de recepção e análise de dados. Os participantes utilizaram o frequencímetro V800 (Polar, *Kempele*, Finlândia) para mensuração da $FC_{m\acute{a}x}$ e posterior sobreposição com os dados metabólicos. Durante o teste os voluntários indicavam a percepção subjetiva do esforço, conforme a Escala de Borg, a cada volta na pista de 400 m, a qual era registrada no VO2000. A Escala de Borg, foi explicada e entregue aos participantes previamente³¹.

TESTE DE PRESSÃO INSPIRATÓRIA E EXPIRATÓRIA MÁXIMAS

A avaliação da força dos músculos respiratórios (FRM) foi realizada pelo aparelho manovacuômetro analógico, com variação de intervalo de ± 300 cmH₂O (MVV042, Murenas, Juiz de Fora, MG, Brasil), de acordo com o protocolo de *Black e Hyatt* e com o previsto pela *ATS/ERS*^{32,33}. A mensuração da $PE_{m\acute{a}x}$ foi realizada a partir da capacidade pulmonar total (CPT) e a $PI_{m\acute{a}x}$ foi mensurada ao nível do volume residual (VR). O manovacuômetro foi posicionado entre os lábios dos indivíduos por meio de um bocal anatômico com orifício de 2 mm para evitar o aumento da pressão intraoral, o que visa evitar interferência nos resultados. A calibração do dispositivo foi feita de acordo com as diretrizes do fabricante.

Os participantes da pesquisa foram orientados sobre a aplicação do teste e como realizá-lo, descartando a primeira medida como forma de aprendizado. As pressões foram mensuradas com os voluntários sentados em uma cadeira, após 10 minutos de repouso, com os membros superiores ao lado do corpo e os membros inferiores flexionados formando um ângulo de 90°. O bocal do aparelho foi adaptado à boca do participante, com o nariz ocluído por meio de um clipe nasal e os comandos verbais foram realizados por um único avaliador. Os participantes foram instruídos a expirar o ar completamente, visando esvaziar ao máximo seus pulmões e na sequência inspirar rápido e profundamente pela boca. Assim a partir do VR, foi mensurada a $PI_{m\acute{a}x}$.

A $PE_{m\acute{a}x}$ foi mensurada através de uma inspiração completa e máximo enchimento dos pulmões, e posterior expiração rápida e profunda pela boca. Os dados das pressões respiratórias foram analisados após a realização das coletas de no

mínimo três e no máximo cinco medidas, com um minuto de repouso entre estas. Os testes foram realizados por um único avaliador, sendo considerados aceitáveis quando detectada diferença menor ou igual a 10% entre as mesmas. O maior valor obtido foi considerado para análise³⁴. Todos os participantes foram instruídos e encorajados pelo aplicador a fornecer um esforço máximo durante a avaliação³².

TESTE DE PRECISÃO - TIRO DE PISTOLA 9 mm

Os testes de precisão de Tiro (TMA NV1) de pistola 9mm PT-92 (Taurus, São Leopoldo, RS, Brasil), com capacidade para 15 munições no carregador, foram aplicados no estande de tiro da EPCAR por militares habilitados com o curso de instrutor de tiro do comando da Aeronáutica e com a presença de equipe médica, conforme manual de instrução de tiro¹. Todos os atiradores efetuaram, tanto na avaliação do fator de tiro pré como na pós intervenção, uma série preparatória composta por 15 disparos, na posição em pé, para ambientação ao armamento e prática dos fundamentos de tiro. Para mensuração do Fator de Tiro (FT) de cada indivíduo foram executadas 2 sessões de tiro (pós repouso/ pós esforço), nos momentos pré e pós intervenção. Na primeira sessão, os participantes executaram os 14 disparos, na posição em pé, após 10 minutos de repouso (FT_{rep}) na posição sentada. Na segunda sessão de tiro (FT_{ex}), os indivíduos realizaram os 14 disparos, na posição em pé, imediatamente após serem submetidos a uma corrida contínua de 12 minutos em pista de atletismo de 400 m, com intensidade entre 75% e 80% da FC_{máx}, controlada pelo frequencímetro FT-1. A finalidade desta última sessão foi de simular o desgaste físico após o acionamento dos militares da equipe de pronta resposta da EPCAR para repelir ações hostis.

O FT foi mensurado a partir de fórmula matemática específica, a qual considera o número de acertos nos alvos, número de penalidades cometidas e tempo de realização da pista, sendo os disparos efetuados pelo atirador de um posto fixo¹. Os testes foram executados com o mesmo armamento em todas as coletas para evitar que os resultados sofressem interferência pelo uso de armamento com regulagens de sistema de pontaria e pressão do gatilho diferentes. Durante o período de intervenção,

os indivíduos da amostra não realizaram nenhuma instrução ou prática com armamento que aprimorasse sua habilidade no tiro militar.

A pista de TMA NV1 possui oito alvos, sendo sete inimigos e um alvo que representa uma vítima. Os alvos que representam indivíduos hostis devem ser alvejados com dois disparos e o alvo da vítima não deve sofrer impactos. Ainda, segundo o referido manual, os alvos devem ser distribuídos na pista em distâncias variadas entre 7 e 15 m¹.

TESTE DA FUNÇÃO PULMONAR

Os participantes, exceto aqueles que tivessem espirometria recente (≤ 1 ano) completaram o teste espirométrico de acordo com as normas do *American Thoracic Society/ European Respiratory Society (ATS/ERS)*^{32,38}, para aferição da CVF como forma de caracterização dos indivíduos da amostra. Os indivíduos foram orientados a não utilizar broncodilatadores ou fumar na hora anterior ao exame. Os valores de referência para o cálculo do percentual do previsto foram baseados nas equações NHANES³⁹.

O exame foi realizado com o equipamento *Easy On-PC (NDD, Andover, Massachusetts, USA)*, o qual foi checado quanto a calibragem de volume antes do uso, com uma seringa de três litros, para avaliação da função pulmonar antes e após a intervenção.

TAMANHO AMOSTRAL & ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão e a normalidade foi analisada pelo Teste de *Shapiro-Wilk*. Foi empregado o Teste *t* dependente para as comparações dos resultados ($PI_{m\acute{a}x}$, VO_{2max} e FT) intergrupo; nos momentos antes e após intervenção; e o Teste *t* independente para as comparações das mesmas variáveis entre grupos. Para análise do comportamento das reavaliações da $PI_{m\acute{a}x}$, para ajuste de carga do TMI, foi realizada ANOVA mista de medidas repetidas com *post hoc* de Bonferroni.

A amostra foi constituída de 54 indivíduos, os quais foram divididos em dois grupos (GPint e GPcon), com 27 militares em cada, sendo distribuídos de forma pareada, onde as características dos voluntários (média de idade, IMC, VO₂máx e Pl_{máx}) foram consideradas. O cálculo do tamanho amostral foi baseado nos dados de estudo de Edwards et al.⁴⁰, o qual demonstrou uma melhora significativa na Pl_{máx} em ambos grupos, intervenção (14.5 (6.8)%; p<0.01) *versus* placebo (7.8 (7.4)% de variação; p<0.01), porém com uma extensão de mudança de desempenho (%) na Pl_{máx} significativamente maior no grupo intervenção (p<0.05), quando realizada TMI concorrente ao treinamento cardiorrespiratório. Também, para o cálculo de tamanho de amostra do presente estudo foi utilizado o software *GPower* versão 3.1.9.4, sendo necessário um mínimo de 27 indivíduos para cada grupo, perfazendo uma amostra total de 54 militares. O erro alfa estabelecido foi de p<0.05 e o poder estatístico foi de 80%.

RESULTADOS

Na Tabela 1 foram descritos os resultados de caracterização da amostra. A distribuição dos indivíduos nos grupos foi normal, analisando idade, estatura, percentual de gordura, circunferência abdominal, CVF, índice de massa corporal, Pl_{máx} basal, FTrep inicial e VO₂máx, não havendo diferença significativa quando comparados os dados de GPint e GPcon, verificado pelo teste de normalidade. A média de idade dos grupos foi bastante homogênea uma vez que os voluntários eram recrutas, em início de carreira militar, 18 ± 0.5 vs. 18 ± 0.5 anos, p=0.788. Em relação aos dados antropométricos os grupos foram semelhantes - IMC (22.5 ± 2 vs. 22.5 ± 2.5 Kg.m², p=0.975); percentual de gordura (8.5 ± 3.5 vs. 8 ± 3.5 %, p=0.617) e circunferência abdominal (73 ± 4.5 vs. 71.5 ± 5 cm, p=0.235). Tal homogeneidade também foi observada quando comparados CVF (4.8 ± 0.5 vs. 4.9 ± 1 L, p=0.732); Pl_{máx} basal (125.5 ± 21.5 vs. 120 ± 18 cmH₂O, p=0.100); VO₂máx (49.5 ± 7 vs. 46 ± 8 ml/kg.min, p=0.136) e FTrep inicial (5.8 ± 2 vs. 4.9 ± 2, p=0.372), GPint vs. GPcon.

Tabela 1. Características dos Sujeitos.

	Intervenção (n=27)	Controle (n=27)
Idade, anos	18 ± 0.5	18 ± 0.5
IMC, Kg.m²	22.5 ± 2	22.5 ± 2.5
Percentual de gordura, %	8.5 ± 3.5	8 ± 3.5
Circunferência abdominal, cm	73 ± 4.5	71.5 ± 5
CVF basal, L	4.8 ± 0.5	4.9 ± 1
PI_{máx} pré, cmH₂O	125.5 ± 21.5	120 ± 18
FTrep pré	5.8 ± 2	4.9 ± 2
VO₂máx pré, ml/kg.min	49.5 ± 7	46.5 ± 8
QR	1.3 ± 0.25	1.25 ± 0.1
FCmáx, bpm	190 ± 9	190 ± 7.5

Valores apresentados como média ± desvio padrão. IMC, índice de massa corporal; Kg.m², quilos por metro quadrado; %, percentual; cm, centímetros; CVF, capacidade vital forçada; PI_{máx}, pressão inspiratória máxima; cmH₂O, centímetros de água; FTrep, fator de tiro de repouso; VO₂máx, consumo de oxigênio máximo; ml/kg.min, mililitros por quilo por minuto; QR, quociente respiratório; FCmáx, frequência cardíaca máxima; L, litros; bpm, batimentos por minuto.

PRESSÃO INSPIRATÓRIA MÁXIMA

A Figura 2 apresenta a evolução da PI_{máx} em ambos grupos durante as 10 semanas de intervenção, com reavaliação, para reajuste de carga do TMI, a cada 2 semanas. A ANOVA mista de medidas repetidas mostrou que houve efeito da semana [F (2.522, 131.124) = 179.856, p<0.05] e da interação entre semana e grupo [F (2.522, 131.124) = 137.164, p<0.05] sobre a PI_{máx}. Assim, no tangente as diferenças intragrupo, a partir da segunda semana pode-se observar um incremento significativo desta variável em relação ao valor basal no GPint (134 ± 19.5 vs. 125.5 ± 21.5 cmH₂O, p<0.001). Tal magnitude de diferença (p<0.001) em relação a PI_{máx} inicial foi também constatada neste grupo nas avaliações da quarta (143.5 ± 18 cmH₂O), sexta (153.5 ± 17 cmH₂O), oitava (161 ± 16 cmH₂O) e décima - avaliação final – (170.5 ± 17.5 cmH₂O) semanas. O mesmo comportamento não foi verificado no GPcont, o qual apesar de ter sido submetido a idêntico treinamento físico, realizou o TMI placebo, ou seja, com carga de 15% da PI_{máx}^{26,27} e apresentou resultados semelhantes a cada reavaliação (p=1.000) ao longo das semanas quando comparado a sua medida inicial (120.5 ±

17.5 vs. 120.5 ± 17.5 cmH₂O – 2ª semana; basal vs. 122 ± 18.5 cmH₂O – 4ª semana; basal vs. 122 ± 18 cmH₂O – 6ª semana; basal vs. 123.5 ± 18 cmH₂O – 8ª semana; basal vs. 123.5 ± 18 cmH₂O – avaliação final).

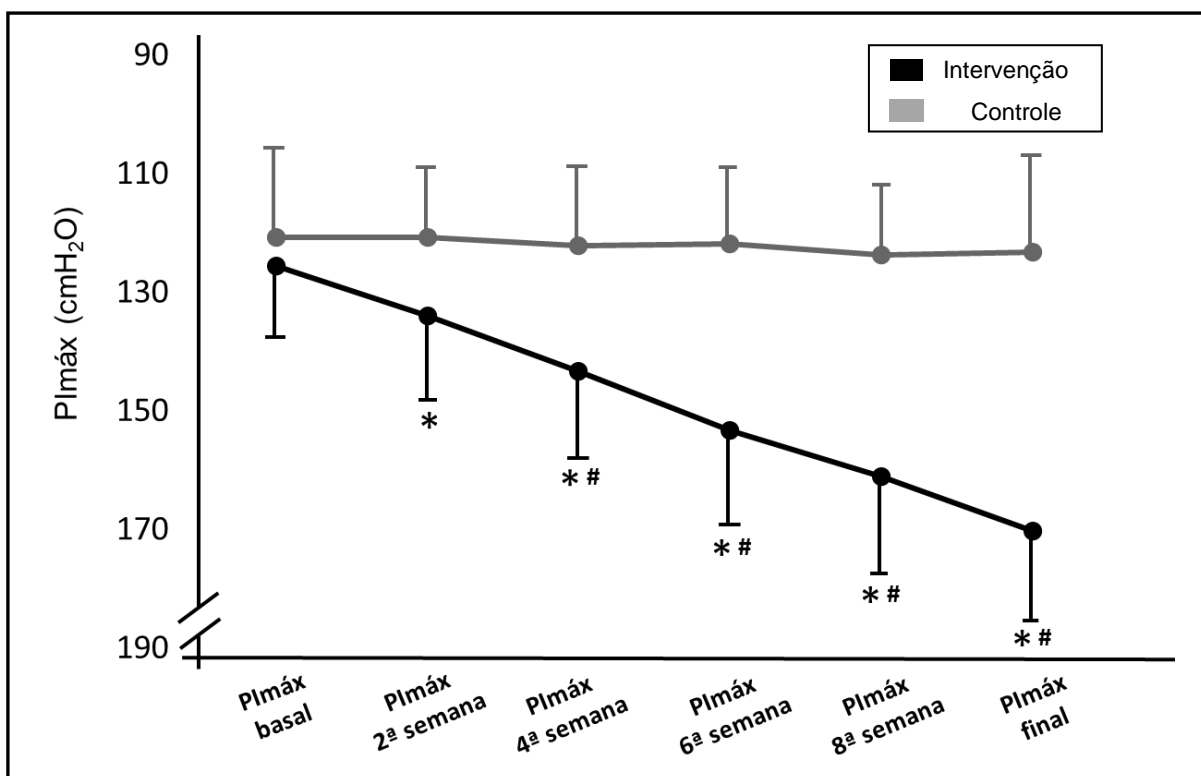


Figura 2. GPint = cor preta; GPcon = cor cinza. Comportamento da $PI_{m\acute{a}x}$ no GPint e GPcon durante as 10 semanas de intervenção com reavaliação a cada duas semanas para reajuste de carga do TMI. *GPint - basal vs. 2ª semana, $p < 0.001$; basal vs. 4ª semana, $p < 0.001$; basal vs. 6ª semana, $p < 0.001$; basal vs. 8ª semana, $p < 0.001$; basal vs. final, $p < 0.001$. Diferena estatisticamente significativa GPint vs. GPcon, ** $p < 0.05$; # $p < 0.001$.

Ainda na Figura 2, no incio do estudo, evidenciou-se que os valores basais de $PI_{m\acute{a}x}$ (pr intervenção) foram semelhantes entre GPint e GPcon (125.5 ± 21.5 vs. 120.5 ± 17.5 cmH₂O, $p = 0.372$) respectivamente, homogeneidade essa que não se manteve ao longo da intervenção do estudo. Os resultados demonstraram nas análises intergrupo diferenas estatisticamente significativas em relação ao incremento de $PI_{m\acute{a}x}$ na segunda semana ($p < 0.05$) e em todas avaliações consecuintes ($p < 0.001$, GPint vs. GPcont), conforme valores já descritos.

Na Figura 3 pode-se verificar o comportamento da $PI_{m\acute{a}x}$ apenas nos momentos pr e ps intervenção ($PI_{m\acute{a}x}$ basal vs. final). No GPint, os valores da $PI_{m\acute{a}x}$ evoluram de 125.5 ± 21.5 cmH₂O vs. 170.5 ± 17.5 cmH₂O ao trmino do treinamento, demonstrando um acrscimo robusto de 36% ($p < 0.001$), sendo que o mesmo incremento não foi verificado no GPcont (120.5 ± 17.5 vs. 123.5 ± 18 cmH₂O, $p = 1.000$). Ainda, conforme supracitado, não se observou diferena na $PI_{m\acute{a}x}$ entre os

grupos no momento basal, contra um $p < 0.001$ na análise final intergrupo pós intervenção (170.5 ± 17.5 vs. 123.5 ± 18 cmH₂O, GPint vs. GPcont).

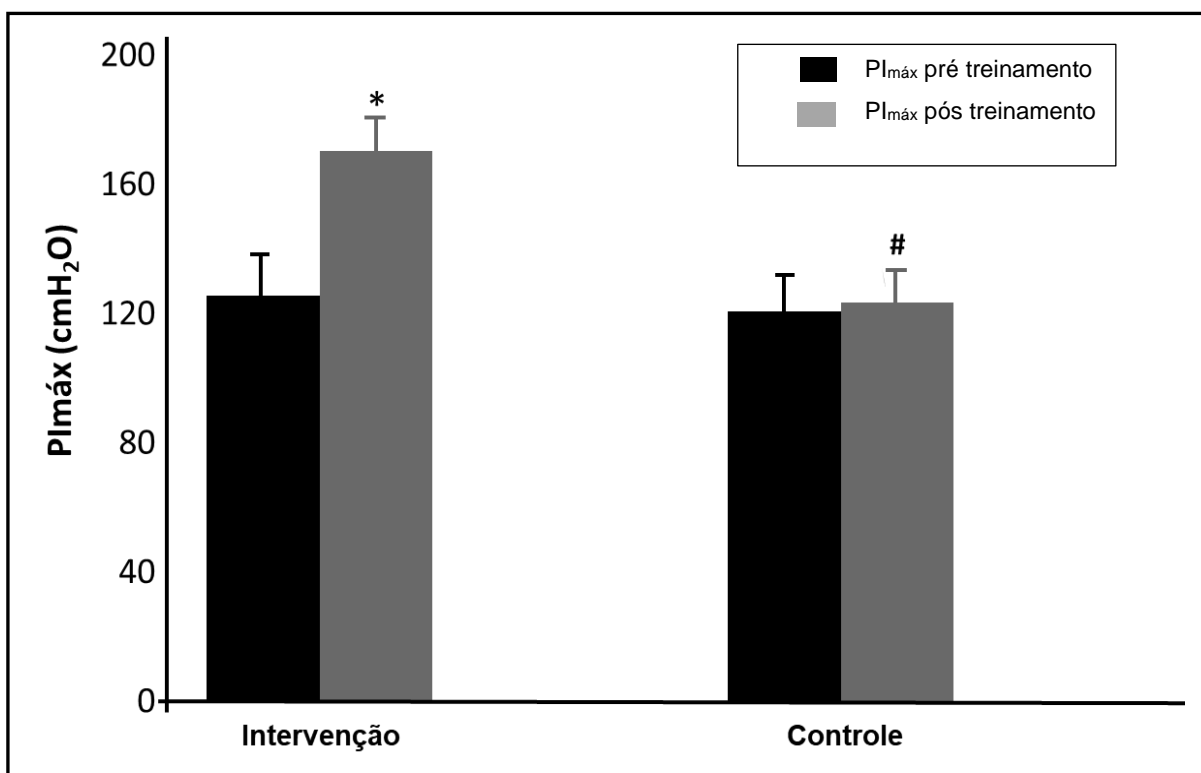


Figura 3. PI_{máx} pré treinamento = cor preta; PI_{máx} pós treinamento = cor cinza. Valores de PI_{máx} nos GPint e GPcon nos momentos pré e pós intervenção. *Diferença estatisticamente significativa intergrupo - GPint pré vs. pós intervenção, $p < 0.001$. #Diferença estatisticamente significativa intragrupo, $p < 0.001$ vs. GPcon pós intervenção.

FATOR DE TIRO

A Figura 4 apresenta os resultados em relação ao fator de tiro realizado com pistola Taurus 9mm dos indivíduos do GPint e GPcon, nos momentos pré e pós intervenção. O valor do FTrep observado na avaliação inicial no GPint foi de 5.83 ± 2.1 vs. 8.56 ± 2.3 após o período de intervenção, o que correspondeu a uma melhora significativa de 47% no desempenho de tiro ($p < 0.001$). Por outro lado, no GPcon não foi constatada diferença significativa no FTrep após o treinamento em comparação ao valor basal, 4.92 ± 1.8 vs. 4.76 ± 1.9 , $p = 0.51$.

Na análise dos resultados de FT após esforço físico, FT_{ex}, verificou-se que o GPint apresentou incremento significativo de 6.97 ± 3.5 vs. 9.64 ± 3.5 ($p < 0.001$) após o período de treinamento, representando um acréscimo de 38.5% na eficiência do uso do armamento em uma situação de desgaste físico. No GPcon o valor inicial do FT_{ex}

foi de 7 ± 4 , enquanto que o valor final observado foi de 5.9 ± 2.3 , demonstrando um decréscimo de eficiência no FT limítrofe de 15.83% ($p=0.05$). Nas análises intergrupo o FTrep antes da intervenção não apresentou diferença significativa ($p=0.1$) entre os grupos, enquanto que após intervenção foi observada uma pontuação significativamente maior para o GPint ($p<0.001$). O mesmo comportamento foi verificado no FTex, o qual antes do TMI não demonstrou diferença substancial ($p=0.966$) quando comparados os resultados dos grupos, e em contraponto após a intervenção foi evidenciada uma expressiva diferença, com maior valor obtido no GPint ($p<0.001$).

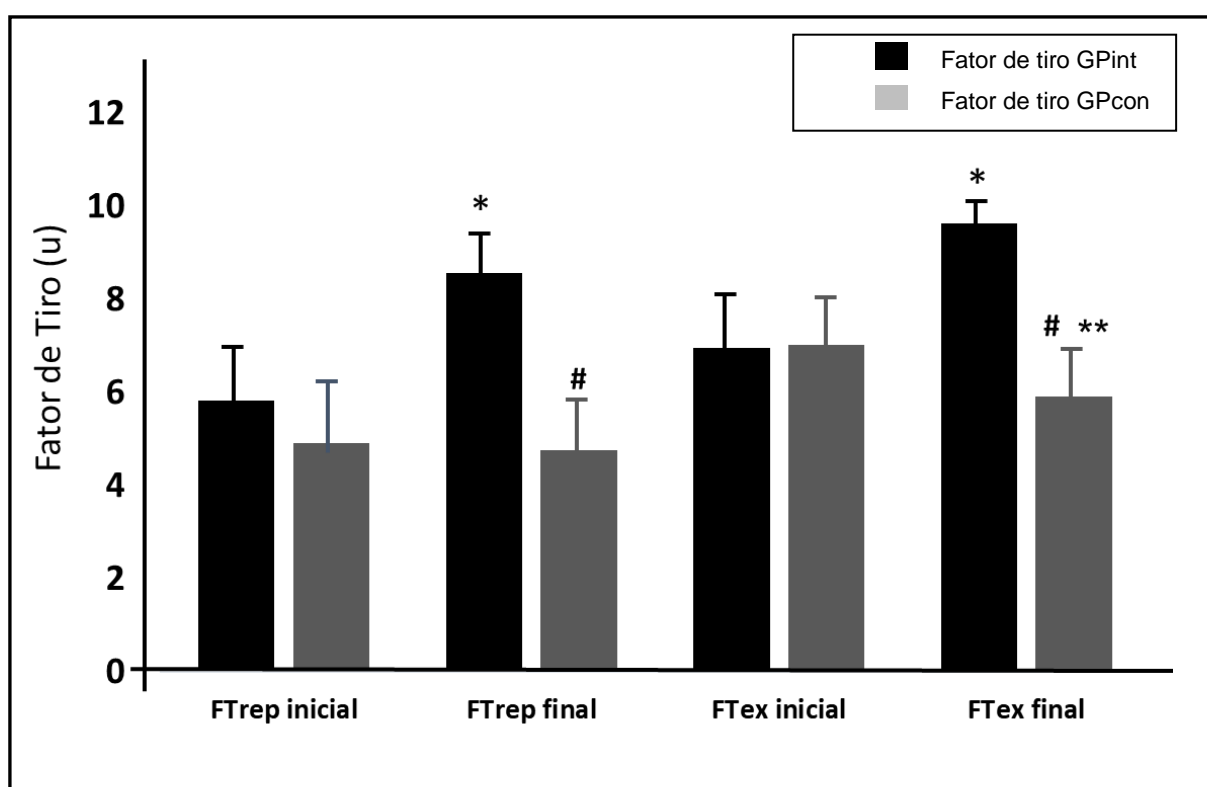


Figura 4. Fator de tiro GPint = cor preta; Fator de tiro GPcon = cor cinza. Valores dos FTrep e FTex nos GPint e GPcon nos momentos pré e pós intervenção. *Diferença estatisticamente significativa intragrupo – GPint: FTrep inicial vs. Final, $p<0.001$; GPint: FTex inicial vs. Final, $p<0.001$. **Diferença estatisticamente significativa intragrupo - GPcon: FTex inicial vs. Final, $p=0.05$. #Diferença estatisticamente significativa intergrupo: FTrep final: GPint vs. GPcon, $p<0.001$; FTex final: GPint vs. GPcon, $p<0.001$.

TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR - VO_2 máx

Os dados basais de VO_2 máx (Tabela 1) demonstram que os indivíduos iniciaram o estudo no mesmo patamar de condicionamento físico, tendo em vista que não foram observadas diferenças significativas nesta variável ($p=0.136$). As análises demonstraram, ainda, que o teste de esforço máximo aplicado foi efetivo, pois o valor

de QR foi superior a 1 em ambos os grupos (Tabela 1). Na Tabela 2 pode-se observar a evolução dos valores de VO_2 máx nos indivíduos tanto GPint como do GPcon, antes e após as 10 semanas de treinamento cardiorrespiratório, uma vez que ambos foram submetidos as mesmas intensidades e volume de treino. Na avaliação basal o GPint apresentou um valor de VO_2 máx de 49.5 ± 7 ml/kg.min, sendo que este sofreu um relevante acréscimo de 13%, sendo aferido 56 ± 6.5 ml/kg.min após o período de treinamento ($p < 0.001$). Resultado semelhante foi observado no GPcon, o qual apresentou um acréscimo de 13% no VO_2 máx, apresentando inicialmente um valor de 46.5 ± 8 ml/kg.min contra 52.5 ± 8 ml/kg.min após a intervenção ($p < 0.001$). Quando comparados os resultados dos grupos nos momentos pré e pós treino, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes.

Tabela 2. Teste de Esforço Cardiopulmonar Pré x Pós Intervenção.

	Intervenção (n=27)	Controle (n=27)
VO_2máx inicial, ml/kg.min	49.5 ± 7	46.5 ± 8
VO_2máx final, ml/kg.min	$56 \pm 6.5^*$	$52.5 \pm 8^\#$
QR inicial	1.3 ± 0.25	1.25 ± 0.1
QR final	1.2 ± 0.03	1.2 ± 0.03
FCmáx inicial, bpm	190 ± 9	190 ± 7.5
FCmáx final, bpm	194 ± 5	190 ± 18

Valores apresentados como média \pm desvio padrão. VO_2 máx, consumo de oxigênio máximo; ml/kg.min, mililitros por quilo por minuto; QR, quociente respiratório; FCmáx, frequência cardíaca máxima; L, litros; bpm. *Diferença estatisticamente significativa. VO_2 máx GPint: pré vs. pós treino, $p < 0.001$. #Diferença estatisticamente significativa. VO_2 máx GPcon: pré vs. pós treino, $p < 0.001$.

DISCUSSÃO

Inicialmente há de se destacar os principais achados deste estudo, no qual verificou-se adaptação na eficiência do tiro de pistola, medida pelo FT, a qual demonstrou melhora significativa no GPint, tanto no FTrep quanto no FTex, após a realização das 10 semanas de intervenção. Além disso, foi evidenciado que TMI foi capaz de induzir um aumento significativo da $PI_{máx}$ nos indivíduos do GPint. Por fim, o treinamento cardiorrespiratório, aplicado nesta pesquisa associado ao TMI, proporcionou um aumento significativo no VO_2 máx em ambos os grupos.

Conforme observado na literatura, diferentes estudos relataram que o TMI pode aprimorar diversos fatores como por exemplo: $PI_{m\acute{a}x}$, desempenho e tolerância ao exercício, ativação dos músculos abdominais, controle postural e redução da fadiga muscular^{15,16,41,42}. Este protocolo de treinamento é bem documentado para aumentar a força do músculo inspiratório, do diafragma e da parede torácica, tendo mostrado anteriormente produzir adaptações positivas.²⁷⁻²⁹ Na realização do tiro militar, principalmente o tiro realizado com pistolas, é essencial o controle e aprimoramento da respiração e da postura do atirador⁴. Sendo assim, no presente estudo, objetivamos avaliar se um programa de TMI de 10 semanas poderia provocar, por meio do incremento da $PI_{m\acute{a}x}$ e, por consequência, melhora da ativação dos músculos abdominais e controle postural, um implemento na execução do tiro de pistola, e contribuir dessa maneira para o entendimento de mecanismos putativos relacionados à adaptações de desempenho sugeridas por estudos anteriores.

O implemento da $PI_{m\acute{a}x}$ de 36% ($p < 0.001$) no GPint está de acordo com pesquisas anteriores entre populações hípidas^{40,43,44}. Por outro lado, outros estudos não encontraram ganhos tão expressivos na $PI_{m\acute{a}x}$ após a realização de um programa de TMI, como por exemplo na pesquisa desenvolvida por Sonetti et al.⁴⁵ que observou um acréscimo de somente 8% na variável em questão. Entretanto, esse estudo analisou uma amostra de apenas 17 ciclistas de alto rendimento, o que possibilita a interpretação de que o elevado condicionamento dos atletas e o pequeno número de indivíduos avaliados possa ter influenciado no menor ganho de $PI_{m\acute{a}x}$, mesmo esta tendo apresentado melhora significativa. Independentemente da magnitude da diferença, de forma geral, o TMI aplicado em indivíduos saudáveis e destreinados tem se apresentado como uma ferramenta valiosa no incremento da $PI_{m\acute{a}x}$ ^{11,23}.

No estudo desenvolvido por Hajghanbari et al.¹², os autores sugerem que se deve adotar um incremento agressivo na intensidade das cargas de TMI empregada nos treinamentos realizados com atletas ou indivíduos hípidos e ativos para que seja possível provocar um efeito positivo de maior magnitude na $PI_{m\acute{a}x}$. Embora o presente estudo não tenha adotado tal recomendação e tenha aplicado cargas constantes de 70% da $PI_{m\acute{a}x}$, com reavaliação da mesma a cada duas semanas, ao longo das 10 semanas, esta foi suficiente para promover adaptações fisiológicas e ganho de aproximadamente 36% ($p < 0.001$) no GPint^{8,11}.

Ainda, os achados de Hajghanbari et al.¹² indicam que o TMI é mais efetivo para atividades com alto limiar ventilatório, como o caso do TMA NV1 após uma sessão de atividade moderada (FTex). Tal achado corrobora com o incremento significativo de 38.5% ($p < 0.001$) na precisão de tiro pós esforço, verificado após o período de intervenção no GPint, enquanto que no GPcon o resultado demonstrou não haver alteração de desempenho dessa variável. Entretanto, o TMI também se mostrou eficiente no FTrep, o qual apresentou um acréscimo de 47% ($p < 0.001$) após as 10 semanas de treinamento apenas no GPint. Dessa forma, tais achados nos levam a especular que a melhora observada na precisão dos FT do GPint pode ser relacionada ao aumento da força e da resistência dos músculos envolvidos na respiração, em especial os músculos transversos e o oblíquo interno^{12,46}. Outros fatores importantes que podem ter contribuído para esse ganho foram o atraso da percepção da fadiga respiratória e a, provável, diminuição do metaborreflexo, com o aperfeiçoamento na redistribuição do fluxo sanguíneo^{14,19,22,47,48}. Sabe-se que esses elementos podem cooperar para o aprimoramento na eficiência de tiro por possibilitarem ao atirador um maior controle respiratório e postural no momento do disparo, o que é essencial para essa atividade⁴.

A ação do metaborreflexo implica na redução do fluxo sanguíneo para os membros inferiores em decorrência da fadiga respiratória, mantendo assim mais volume de sangue e oxigênio na região da musculatura diafragmática. O TMI contribui nesse sistema regulatório reduzindo a exaustão da musculatura inspiratória, auxiliando assim para que os membros inferiores continuem recebendo fluxo sanguíneo durante os exercícios físicos^{50,51}. Por isso, pode ser imputado ao TMI melhoras no desempenho nesse tipo de exercício e nas atividades que necessitem de controle respiratório adequado, como por exemplo corrida e tiro.

Em relação a precisão de tiro, no estudo desenvolvido por Park et al.⁴, os autores não encontraram progressos significativos nos testes de tiro realizados após um treinamento respiratório aplicado em adolescentes atletas de tiro de carabina, os quais foram divididos em dois grupos. No entanto, alguns fatores podem ter contribuído para esse desfecho negativo no ensaio clínico randomizado desenvolvido pelos autores, tais como: o pequeno número de participantes do estudo ($n=21$); o treinamento de respiração ter sido desenvolvido somente com respiração diafragmática, e não ter sido utilizado nenhum equipamento de treinamento resistivo

com carga linear; os atiradores estudados terem realizado os disparos com armas de cano longo, as quais proporcionam maior apoio do armamento no atirador e, pelo próprio fato de possuir um cano maior do que a pistola, sofrendo assim menor interferência da respiração na eficiência do tiro.

Em estudo prévio de desenho quase-experimental, com 61 indivíduos, verificou-se que um programa de treinamento cardiorrespiratório, de 7 semanas, composto de corrida contínua com 30 minutos de duração em ritmo moderado, entre 60% a 70% da $FC_{m\acute{a}x}$, três vezes por semana, foi capaz de proporcionar incremento significativo no $VO_{2m\acute{a}x}$ e na precisão do TMA NV1 de pistola em militares saudáveis e destreinados²⁴. Apesar de o estudo ter demonstrado uma influência positiva do ganho do condicionamento físico na melhora da precisão de tiro, não foi possível correlacionar tal incremento do TMA NV1 dos participantes com o aumento de $VO_{2m\acute{a}x}$ isoladamente.

No presente estudo, o treinamento cardiorrespiratório associado ao TMI, como esperado, também se mostrou eficiente no ganho de $VO_{2m\acute{a}x}$, onde pode-se observar um acréscimo de 13% no GPint e 13% no GPcon, corroborando aos estudos de Campos et al.⁴⁹ que observaram uma melhora de 32% do $VO_{2m\acute{a}x}$ após a aplicação de um programa de treinamento em militares jovens e destreinados, recém incorporados à Força Aérea. O programa aplicado por Campos et al.⁴⁹ foi composto de 12 semanas, com 32 sessões de corridas, divididas entre contínuas e intervaladas.

Entretanto, nesta pesquisa, mesmo tendo sido observado um acréscimo importante no $VO_{2m\acute{a}x}$ do GPint e do GPcon, não foi possível evidenciar variações significativas nos resultados dos FTrep e FTex do GPcon, pré *versus* pós intervenção. Tal diferença de resultado em relação aos achados de estudo anterior podem se justificar possivelmente pela diferença do tamanho de amostra, uma vez que o objetivo principal do estudo em pauta foi observar os efeitos do TMI na precisão do TMA NV1 por meio do implemento da $PI_{m\acute{a}x}$, sendo seu cálculo de n ajustado para tal desfecho.

Também, cabe ressaltar que, apesar dos achados positivos, a atual pesquisa apresentou algumas limitações. Primeiramente, o tamanho de amostra, calculado para avaliar os efeitos do TMI no FT, foi baseado em estudo que verificou o impacto do treinamento muscular respiratório associado ao treino cardiorrespiratório no

desempenho de teste de corrida de 5000 m⁴⁰, visto a escassez de literatura relacionando o TMI a eficiência do tiro. Assim, a diminuição limítrofe evidenciada no FTex do GPcon ($p=0.05$) pode ser justificada pelo n relativamente pequeno, uma vez que foi verificado Erro de Tipo II. Entretanto, destaca-se que, tal piora também possa estar relacionada a uma disparidade de assimilação de aprendizagem dos fundamentos de tiro entre os grupos. Apesar de ambos não terem familiaridade com o manuseio da pistola Taurus, e tampouco terem tido contato com armamento durante o período de intervenção, os indivíduos podem ter se adaptado de maneira distinta. Além disso, outro fator que possivelmente pode ter influenciado no decréscimo da resposta no GPcon é o estresse associado ao desgaste físico, o qual deteriora o desempenho cognitivo e gera ansiedade no atirador no momento do disparo. Tais fatores associados podem ocasionar, de maneiras distintas em cada atirador, uma degradação na eficiência do FT⁵³.

Em conclusão, os resultados demonstram que um programa de TMI de 10 semanas, realizado simultaneamente com treinamento cardiorrespiratório, é capaz de provocar um incremento na $PI_{máx}$ e consequente implemento significativo da eficiência de tiro de pistola, tanto em situações de repouso, como após desgaste físico, em militares hígidos e destreinados da FAB. Tais achados, podem estar relacionados a um possível aumento da força e da resistência da musculatura envolvida na respiração, em especial os músculos transversos e o oblíquo interno, assim como a um provável atraso da percepção da fadiga respiratória, por consequente diminuição do metaborreflexo. Sendo assim, através dos resultados desta pesquisa pode-se verificar a relevância da implementação do TMI como ferramenta válida no aumento da eficiência do tiro de pistola para militares da segurança e defesa da Força Aérea Brasileira, uma vez que possibilitaria um melhor preparo para o enfrentamento de situações hostis e elevado estresse físico.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral do Ar. Portaria COMGAR nº R-4/COTAR, de 14 de julho de 2005. Aprova a reedição do Manual de Instrução de Tiro com Armamento Terrestre no Âmbito do Comando da Aeronáutica (MCA 50-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica Reservado** n. 26, 1: 87, p. 2017, 15 ago. 2017.
2. BALL, Kevin A.; BEST, Russell J.; WRIGLEY, Tim V. Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra-individual analysis. **Journal of Sports Sciences**, United Kingdom, v. 21, n. 7, p. 559-566, jul. 2003.
3. MONONEN, K. et al. Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 17, n. 2, p. 180-185, apr. 2007.
4. HAN-KYU, Park; DOM-WOO, Kim; TAE-HO, Kim. Improvements of Shooting Performance in Adolescent Air Rifle Athletes After a 6-week Balance and Respiration Training Programs. **Journal of Sport Rehabilitation**, United State, v. 28, n. 6, p. 552-557, 1 aug. 2019.
5. ALDRICH, T. K.; ARORA, N. S.; ROCHESTER, D. F. The influence of airway obstruction and respiratory muscle strength on maximal voluntary ventilation in lung disease. **American Review of Respiratory Disease**, New York, v. 126, n. 2, p. 195-199, aug. 1982.
6. LEITH, D. E.; BRADLEY, M. Ventilatory muscle strength and endurance training. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 41, n. 4, p. 508-516, oct. 1976.
7. POWERS, S. K.; CRISWELL, D. Adaptive strategies of respiratory muscles in response to endurance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 28, n. 9, p. 1115-1122, sep. 1996.

8. CAHALIN, Lawrence P. et al. Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: a review of the literature with a focus on method of training and outcomes. **Expert Review of Cardiovascular Therapy**, London, v. 11, n. 2, p. 161-177, feb. 2013.
9. ANDRADE, A. Dornelas de et al. Inspiratory muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD. **Journal of Electromyography and Kinesiology: of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, England, v. 15, n. 6, p. 631-639, dec. 2005.
10. DALL'AGO, Pedro et al. Inspiratory muscle training in patients with herat failure and inspiratory muscle weakness. **Journal of American College of Cardiology**, United State, v. 47, n. 4, 26 sep. 2006.
11. ENRIGHT, Stephanie J.; UNNITHAN, Viswanath B. Effect of inspiratory muscle training intensities on pulmonary function and work capacity in people who are healthy: a randomized controlled trial. **Physical Therapy**, United State, v. 91, n. 6, p. 894-905, jun. 2011.
12. HAJGHANBARI, Bahareh et al. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Illinois, v. 27, n. 6, p. 1643-1663, jun. 2013.
13. ILLI, Sabine K. et al. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, New Zealand, v. 42, n. 8, p. 707-724, 1 aug. 2012.
14. MCCONNELL, Alison K.; ROMER, Lee. M. Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. **International Journal of Sports Medicine**, Germany, v. 25, n. 4, p. 284-293, may 2004.
15. VERGES, S. et al. Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. **American Journal of**

Physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology, United State, v. 292, n. 3, p. R1246-R1253, mar. 2007.

16. VERGES, S. et al. Effects of different respiratory muscle training regimes on fatigue-related variables during volitional hyperpnoea. **Respiratory physiology & neurobiology**, Amsterdam, v. 169, n. 3, p. 282-290, 31 dec. 2009.

17. WITT, Jonathan D. et al. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. **Journal of Physiology**, London, v. 584, n. 3, p. 1019-1028, 1 nov. 2007.

18. DEMPSEY, Jerome A. et al. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. **Respiratory Physiology Neurobiology**, Amsterdam, v. 151, n. 2-3, p. 242-250, 28 apr. 2006.

19. DERCHAK, P. Alexander et al. Effects of expiratory muscle work on muscle sympathetic nerve activity. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 92, n. 4, p. 1539-1552, apr. 2002.

20. RODMAN, Joshua R. et al. Cardiovascular effects of the respiratory muscle metaboreflexes in dogs: rest and exercise. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 95, n. 3, p. 1159-1169, sep. 2003.

21. SHEEL, A. W. et al. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. **Journal of Physiology**, London, v. 537, n. 1, p. 277-289, 15 nov. 2001.

22. ST CROIX, Claudette M. et al. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. **Journal of Physiology**, London, v. 529 n. 2, p. 493-504, 1 dec. 2000.

23. FAGHY, Mark A.; BROWN, Peter I. Training the inspiratory muscles improves running performance when carrying a 25 kg thoracic load in a backpack. **European Journal of Sport Science**, England, v. 16, n. 5, p. 585-594, aug. 2016.

24. KAVGIAS, G. O. **A influência do condicionamento aeróbico no desempenho do tiro militar avançado nível 1**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica) - Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2017.
25. BROWN, Peter I.; JOHNSON, Michael A.; SHARPE, Graham R. Determinants of inspiratory muscle strength in healthy humans. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, Netherlands, v. 196, p. 50-5, 1 jun. 2014.
26. EDWARDS, A. M.; COOKE, C. B. Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is extended. **European journal of applied physiology**, Berlin, v. 93, n. 1-2, p. 139-44, oct. 2004.
27. VOLIANITIS, S. et al. Inspiratory muscle training improves rowing performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 5, p. 803-809, may 2001.
28. BROWN, Peter I.; SHARPE, Graham R.; JOHNSON, Michael A. Loading of trained inspiratory muscles speeds lactate recovery kinetics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 42, n. 6, p. 1103-12, jun. 2010.
29. ROMER, Lee M.; MCCONNELL, Alison K.; JONES, David A. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. **Journal of Sports Sciences**, England, v. 20, n. 7, p. 547-562, jul. 2002.
30. MACPHERSON, Rebecca E. et al. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 43, n. 1, p. 115-122, jan. 2011.
31. BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United State, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

32. AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY (ATS/ERS) Statement on respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, United State, v. 166, n. 4, p. 518-624, 15 aug. 2002.
33. BLACK, L. F.; HYATT, R. E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **American Review of Respiratory Disease**, Baltimore, v. 99, n. 5, p. 696-702, may 1969.
34. NEDER, J. A. et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 32, n. 6, p. 719-727, jun. 1999.
35. LEGER, L.; BOUCHER, R. An indirect continuous running multistage field test: the Universite de Montreal track test. **Canadian Journal of Applied Sport and Sciences**, Ontario, v. 5, n. 2, p. 77-84, jun. 1980.
36. MAYORGA-VEGA, D.; AGUILAR-SOTO, P.; VICIANA, J. Criterion-related validity of the 20-M shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: a meta-analysis. **Journal of Sports Science & Medicine**, Turkey, v. 14, n. 3, p. 536-547, sep. 2015.
37. WILKINSON, David M. et al. Relationship between the 2.4-km run and multistage shuttle run test performance in military personnel. **Military Medicine**, United Kingdom, v. 179, n. 2, p. 203-207, feb. 2014.
38. MILLER, M. R. et al. Standardisation of spirometry. **European Respiratory Journal**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 319-338, aug 2005.
39. HANKINSON, J. L.; ODENCRANTZ, J. R.; FEDAN, K. B. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, New York, v. 159, n. 1, p. 179-87, jan. 1999.
40. EDWARDS, A. M.; WELLS, C.; BUTTERLY, R. Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5000 m

running performance compared with cardiovascular training alone. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v. 42, n. 10, p. 823-827, oct. 2008.

41. GUY, Joshua H.; EDWARDS, Andrew M.; DEAKIN, Glen B. Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players without concomitant gain in soccer-specific fitness. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Illinois, v. 28, n. 2, p. 483-491, feb. 2014.

42. EDWARDS, Andrew M.; WALKER, Raewyn E. Inspiratory muscle training and endurance: a central metabolic control perspective. **Internacional Journal of Sports Physiology and Performance**, United State, v. 4, n. 1, p. 122-128, mar. 2009.

43. MCCONNELL, Alison K.; SHARPE, Graham R. The effect of inspiratory muscle training upon maximum lactate steady-state and blood lactate concentration. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 94, n. 3, p. 277-284, jun. 2005.

44. TOM, Kwokkeung Tong et al. The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, Canada, v. 33, n. 4, p. 671-681, aug. 2008.

45. SONETTI, D. A. et al. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. **Respiration Physiology**, Amsterdam, v. 127, n. 2-3, p. 185-99, sep. 2001.

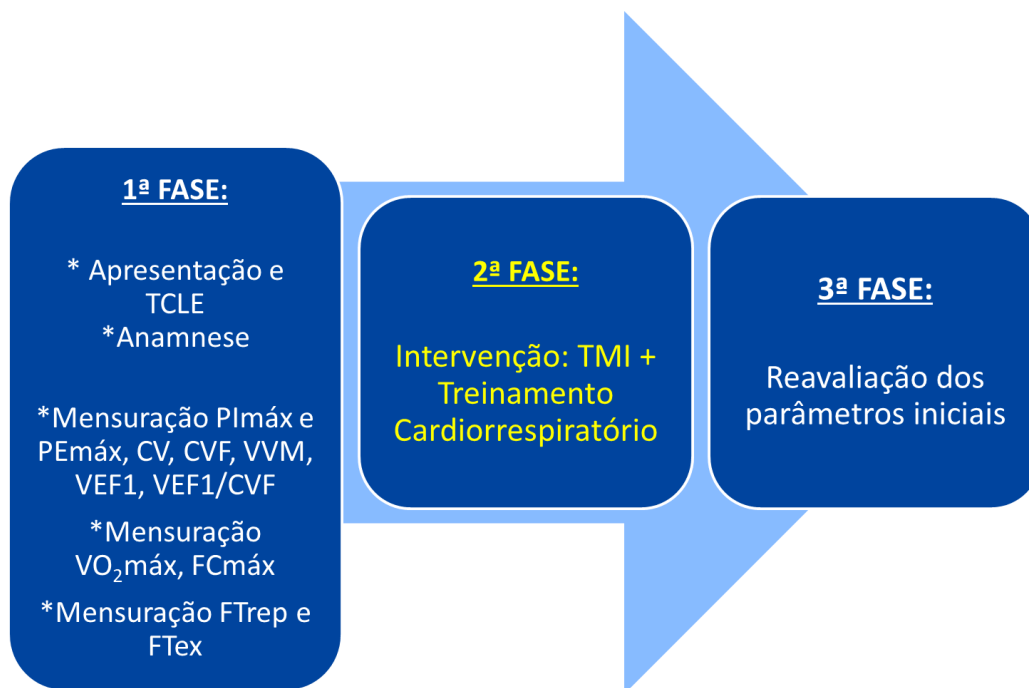
46. ISHIDA, Hiroshi; HIROSE, Ryohei; WATANABE, Susumu. Comparison of changes in the contraction of the lateral abdominal muscles between the abdominal drawing-in maneuver and breathe held at the maximum expiratory level. **Manual Therapy**, Edinburgh, v. 17, n. 5, p. 427-31, oct. 2012.

47. JOHNSON, B. D. et al. Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. **Journal of Physiology**, London, v. 460, p. 385-405, jan. 1993.

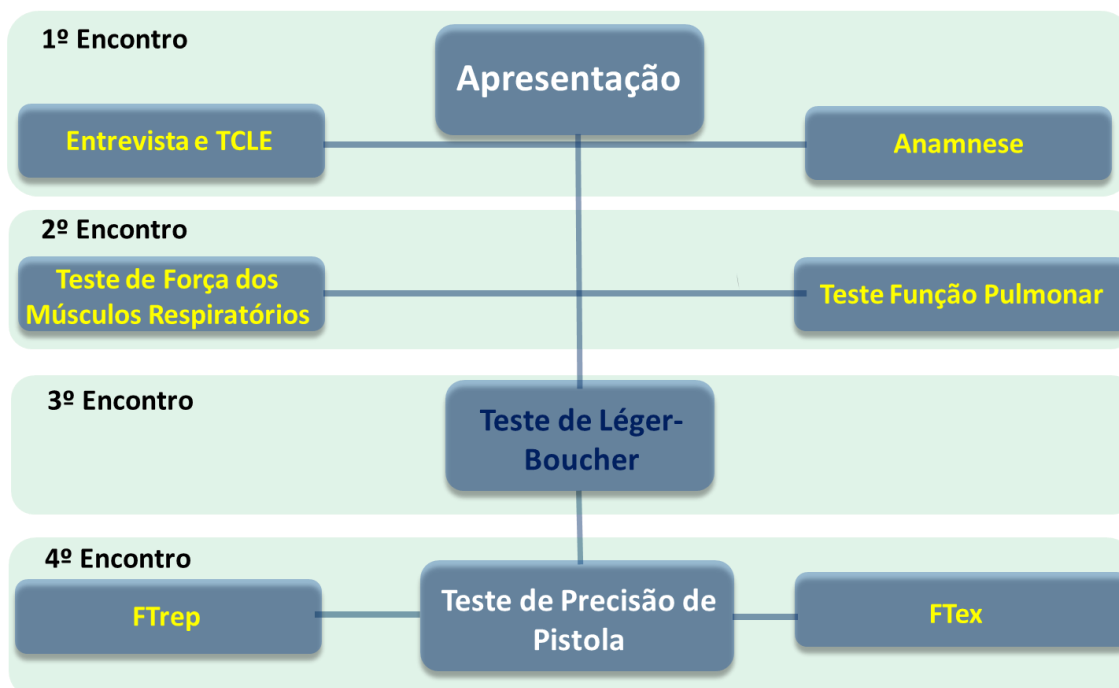
48. MADOR, M. J. et al. Diaphragmatic fatigue after exercise in healthy human subjects. **American Review of Respiratory Disease**, Baltimore, v. 148, n. 6 pt. 1, p. 1571-1575, dec. 1993.
49. CAMPOS, Leandra C. B. et al. Effects of 12 weeks of physical training on body composition and physical fitness in military recruits. **International Journal of Exercise Science**, Kentucky, v. 10, n 4, p. 560-567, abr. 2016.
50. LEGER, L.; BOUCHER, R. An indirect continuous running multistage field test: the Universite de Montreal track test. **Canadian Journal of Applied Sport and Sciences**, Ontario, v. 5, n. 2, p. 77-84, jun. 1980.
51. DEMPSEY, Jerome A. et al. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. **Respiratory Physiology Neurobiology**, Amsterdam, v. 151, n. 2-3, p. 242-250, 28 apr. 2006.
52. HARMS, C. A. et al. Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, United State, v. 82, n. 5, p. 1573-1583, may 1997.
53. NIBBELING, Nicky et al. The effects of anxiety and exercise-induced fatigue on shooting accuracy and cognitive performance in infantry soldiers. **Ergonomics**, London, v. 57, n. 9 1366-1379, jun. 2014.

6. APÊNDICES

APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DAS FASES DO ESTUDO

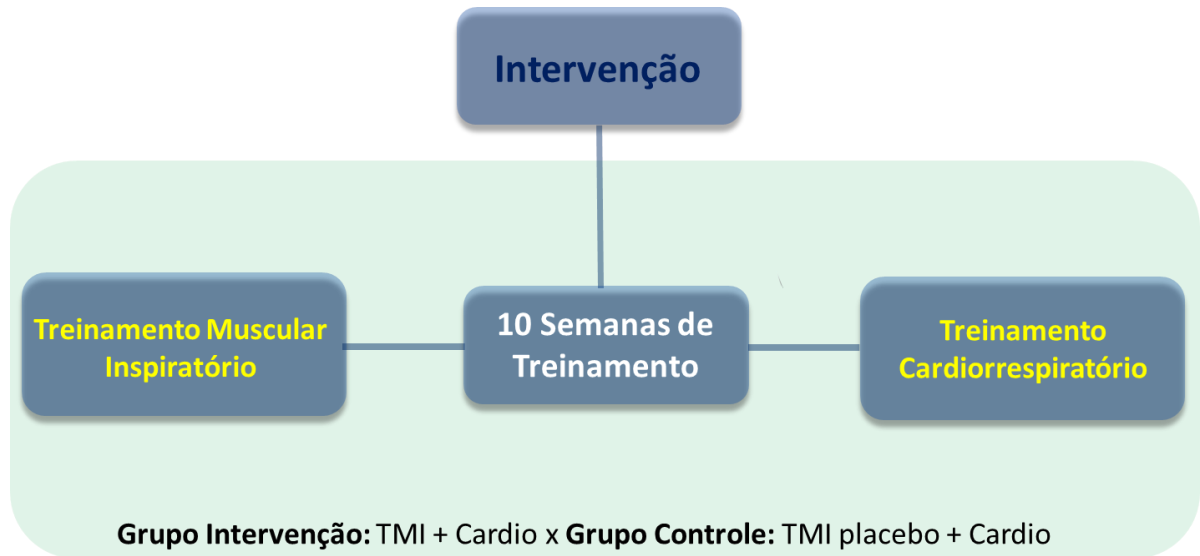


1ª FASE DO ESTUDO – AVALIAÇÕES INICIAIS

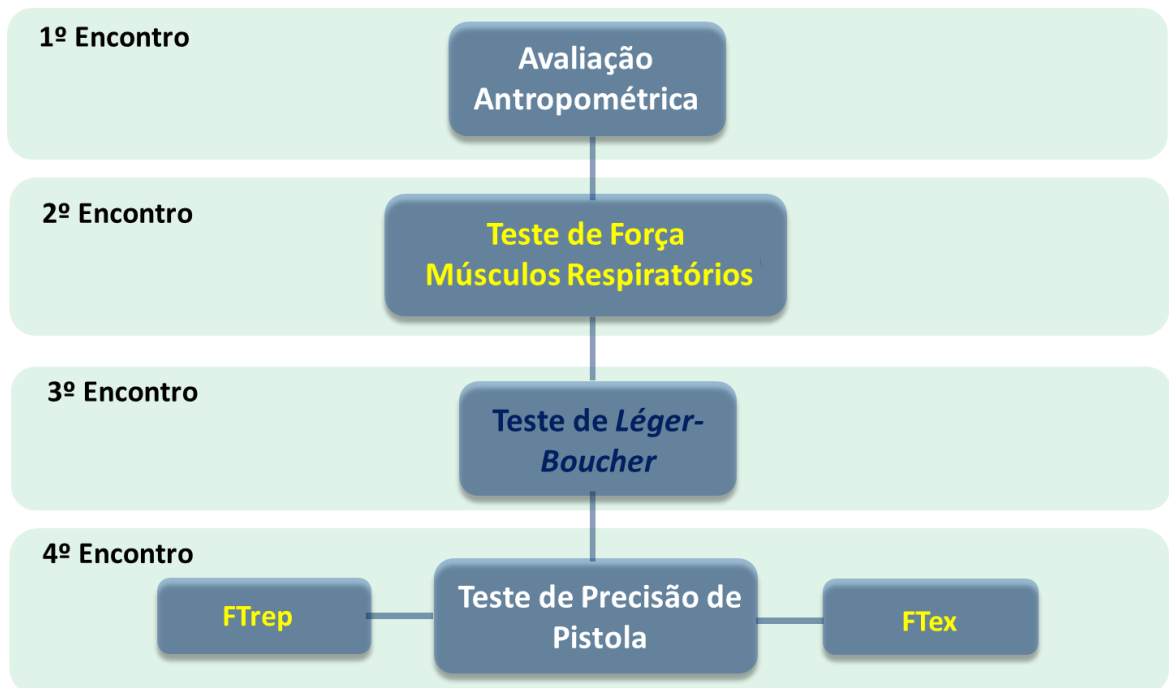


Intervalo mínimo de 48 horas entre o 3º e o 4º encontro

2ª FASE DO ESTUDO – PROTOCOLO EXPERIMENTAL



3ª FASE DO ESTUDO – AVALIAÇÕES FINAIS



*Intervalo mínimo de 48 horas entre o 3º e o 4º encontro

APÊNDICE B - TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR



APÊNDICE C – TESTE DE PRECISÃO DE TIRO DE PISTOLA





APÊNDICE D – PROGRAMA DE TREINAMENTO FÍSICO

A proposta do treinamento é um programa prático, factível, acessível e eficiente no propósito de melhorar a eficiência do tiro de pistola, principalmente para os militares que compõem as equipes de serviço nas organizações militares da FAB e devem estar prontos para repelirem ações hostis contra suas organizações, bem como para os militares do Esquadrão Aeroterrestre de Salvamento (PARA-SAR) que executam missões de operações especiais.

Organização do Programa de Treinamento Físico

O programa de treinamento físico é composto por treinamento cardiorrespiratório e por treinamento muscular inspiratório (TMI), ambos sendo realizados durante 10 semanas. O treinamento cardiorrespiratório consiste de 3 sessões de corrida contínua por semana, enquanto o TMI é composto por 6 sessões por semana, sendo divididos em três vezes por semana, com duas sessões por dia de treino (uma no período da manhã e outra à tarde), em dias não consecutivos.

Treinamento Cardiorrespiratório

As sessões de treinamento cardiorrespiratório devem ser divididas em: aquecimento, corrida contínua e alongamento.

1) Aquecimento

O aquecimento será o mesmo para todas as sessões do programa e tem por finalidade preparar o organismo para a prática de exercícios físicos, aumentando a eficiência metabólica, melhorando a regulação sanguínea, auxiliando na profilaxia de lesões. O aquecimento será composto por uma caminhada de 800 m e busca movimentar as principais articulações, preparando o corpo para o esforço físico.



2) Corrida Contínua

Todas as sessões de corrida contínua devem ser realizadas com faixas de FC variável entre 60 e 80% da $FC_{máx}$. As corridas devem ter duração de 30 minutos nas quatro semanas iniciais, 45 minutos nas quatro semanas subsequentes e 60 minutos nas duas últimas semanas.



3) Alongamento

Em todas as sessões de treinamento, após o término da corrida contínua, deve ser feito o alongamento proposto com a finalidade de evitar lesões osteomioarticulares. O alongamento deve ser composto pelos seguintes exercícios: espreguiçar, mergulho, panturrilhas, saci, abdutores, adutores, posteriores da perna e posteriores da coxa. Os exercícios de alongamento não devem causar dor, entretanto em cada posição o indivíduo deve sentir um leve desconforto na musculatura que estiver sendo estirada. Após adotar a posição do alongamento permaneça parado, sem balançar o corpo e permaneça na posição durante 10 segundos.

3.1) Membros Superiores e Lateral do Tronco



3.2) Lombar e Posterior de Coxa



3.3) Lombar e Panturrilha



3.4) Anterior de Coxa



3.5) Abductor de Coxa



3.6) Adutor de Coxa



3.7) Posterior da Coxa e Panturrilha



3.8) Posterior da Coxa



Treinamento Muscular Inspiratório

As sessões de TMI devem ser realizadas com um dispositivo de treinamento muscular respiratório de carga linear com limite de pressão entre 23 e 273 cmH₂O, como por exemplo os dispositivos da série Plus *POWERbreathe*®. As sessões de treinamento consistem de 30 esforços inspiratórios dinâmicos consecutivos com carga de 70% da $PI_{máx}$. Cada esforço inspiratório deve ser iniciado a partir do volume residual e os participantes devem realizar o treinamento na posição sentada.

1) Posição Inicial (Volume Residual)

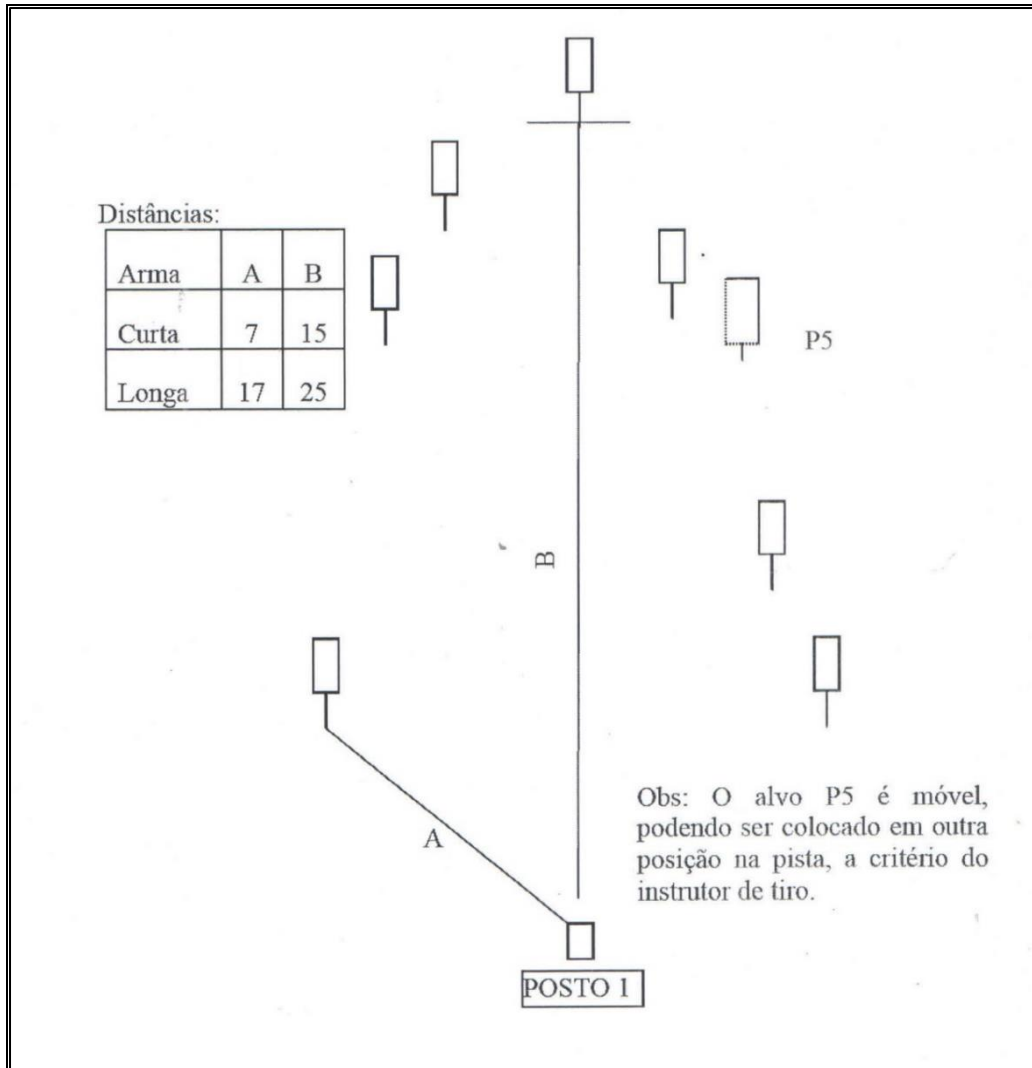


2) Posição Final (Esforço Inspiratório)



7. ANEXOS

ANEXO A – PISTA PARA TMA NÍVEL 1



Fonte: BRASIL, 2017

ANEXO B – ESCALA DE BORG
PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO

Escala de Borg Percepção Subjetiva do Esforço	
6	
7	Muito, muito leve
8	
9	Muito leve
10	
11	Razoavelmente leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	Intenso
16	
17	Muito Intenso
18	
19	
20	Muito, muito intenso

Fonte: Borg, 1982