

## INFLUÊNCIA DA TRAINING MASK SOBRE OS PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS EM PRATICANTES DE EXERCÍCIOS AERÓBICOS

Gisele Souza Kwitschal<sup>1</sup>, Andressa Vieira Sartor<sup>1</sup>  
Kaius Munhoz de Paula<sup>2</sup>, Roberto Pereira Waltrick<sup>3</sup>  
Alan Christian Bahr<sup>4</sup>, Tarso Waltrick<sup>5</sup>

### RESUMO

**Introdução:** Esportistas buscam constantemente melhorar o desempenho em práticas desportivas. O treinamento na altitude mostra-se promissor no aumento da performance atlética, permitindo benefícios de aclimação e melhorando a capacidade aeróbica. Dispositivos foram desenvolvidos para simular este treinamento e a Elevation Training Mask (ETM), que resiste à entrada e saída de oxigênio, é apontada por aumentar o Volume de Oxigênio Máximo ( $VO_2$  max), aprimorando a função pulmonar. **Objetivo:** Avaliar o efeito da ETM nos parâmetros cardiorrespiratórios em praticantes de exercícios aeróbicos. **Materiais e Métodos:** Foi elaborado um protocolo de treinamento aeróbico, durante oito semanas com duração de 120 minutos semanais, divididos em três dias de 40 minutos, respeitando a frequência cardíaca alvo delimitada pelo teste de ergoespirometria. As quatro semanas iniciais do protocolo foram realizadas sem a utilização da máscara e as últimas quatro semanas com a máscara. Foram realizados testes de cirtometria, ergoespirometria, manovacuometria e ecocardiograma antes e após a utilização dela. Participaram três indivíduos praticantes de exercício aeróbico com idade entre 35 e 39 anos. Este projeto foi encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC) sob parecer no 3.319.154. **Resultados:** Houve aumento do  $VO_2$  pico e demais variáveis respiratórias após o treinamento com a máscara, porém sem significância estatística. A Pimax, teve diferença estatística sugerindo aumento de força inspiratória. **Conclusão:** Através da avaliação fisioterapêutica, a ETM forneceu melhora nos parâmetros cardiorrespiratórios em praticantes de exercícios aeróbicos, onde a maior evidência foi no fortalecimento da musculatura respiratória, em especial a inspiratória.

**Palavras-chave:** Fisioterapia. Treinamento físico. Testes respiratórios.

### ABSTRACT

Influence of training mask on cardiorespiratory parameters in aerobic exercises

**Introduction:** Sportsmen constantly seek to improve performance in sports. Altitude training is promising in increasing athletic performance, allowing acclimatization benefits, and improving aerobic capacity. Devices were developed to simulate this training and the Elevation Training Mask (ETM), which resists oxygen inlet and outlet, is aimed at increasing the Maximum Oxygen Volume ( $VO_2$  max), improving lung function. **Objective:** To evaluate the effect of ETM on cardiorespiratory parameters in aerobic exercise practitioners. **Methodology:** An aerobic training protocol was made, developed for eight weeks, with a duration of 120 minutes per week, divided into three days of 40 minutes, respecting the target heart rate delimited by the ergospirometry test. The initial four weeks of the protocol were performed without the use of the mask and the last four weeks with the mask. Cirtometry, ergospirometry, manovacuometry and echocardiography tests were performed before and after its use. Three individuals' practitioners of aerobic exercise between 35 and 39 years old participated. This project was submitted and approved by the Research Ethics Committee of the Planalto Catarinense University (UNIPLAC) under opinion nº 3,319,154. **Results:** There was an increase in peak  $VO_2$  and other respiratory variables after training with the mask, but without statistical significance. The Pimax had a statistical difference suggesting an increase of inspiratory strength. **Conclusion:** Through physiotherapy evaluation, the ETM provided improvement in the cardiorespiratory parameters in practitioners of aerobic exercises, where the greatest evidence was in the strengthening of the respiratory muscles, especially the inspiratory ones.

**Key words:** Physiotherapy. Physical training. Breathing tests.

## INTRODUÇÃO

A prática de exercício físico pode estar atrelada a uma das abordagens não-medicamentosas de mais fácil acesso, com baixo custo e grandes benefícios para a manutenção e promoção de saúde (Kelley e Kelley, 2008).

Segundo Chapman (2013), Dunham e Harms (2011), Smith e colaboradores (2013), o exercício aeróbico na altitude aumenta o volume máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub> máx), além de gerar outras adaptações fisiológicas, incluindo adaptações ventilatórias, como o aumento da capacidade vital forçada (CVF) e da capacidade vital inspiratória forçada (CVIF).

Balke, Nagle e Daniels (1995) já observaram as vantagens do treinamento em altitude durante os Jogos Olímpicos, uma vez que houve um aumento na capacidade aeróbica ao regressar para baixa altitude, sendo assim, muitos atletas utilizam o treinamento em altitude durante as práticas desportivas para aprimorar a capacidade física e a performance ao nível do mar.

O treino adequado em altitude promove uma série de modificações fisiológicas, visando uma melhor utilização do oxigênio como relatado por Wilber, Stray-Gundersen, Levine (2007), e ainda Mazzeo (2008).

Para isso, o volume de oxigênio que o indivíduo consome pode ser reduzido através da hipóxia normobárica, assim simulando o treinamento em altitude (Orhan e colaboradores, 2010).

Ao longo do tempo, diferentes dispositivos foram criados a fim de simular o treinamento em altitude, um dos dispositivos de mais fácil acesso é a Elevation Training Mask (ETM), a qual foi criada para reproduzir efeitos da altitude ao longo da prática de exercício físico (Sellers e colaboradores, 2016).

A ETM possui um sistema de válvulas que causa uma restrição no fluxo de ar. Elas são ajustáveis permitindo um aumento da resistência na respiração. Teoricamente, este sistema proporciona ao indivíduo a sensação do treinamento em altitude que pode variar de 914 metros a 5.486 metros (Porcari e colaboradores, 2016).

Sugere-se que este acessório seja capaz de elevar o VO<sub>2</sub> máximo, favorecer a capacidade pulmonar, fortalecer a musculatura respiratória, sendo que com a utilização

adequada da máscara, a saturação de oxigênio pode ser aumentada, ocasionando efeitos a longo prazo na resistência muscular (Warren, Spaniol e Bonnette, 2017).

Dessa forma, foi necessário a realização desta pesquisa para levantamento de dados, a fim de investigar os efeitos da máscara sobre uma avaliação nos parâmetros cardiorrespiratórios em indivíduos praticantes de exercícios aeróbicos.

Tendo como objetivos específicos realizar uma análise fisioterapêutica de força e mobilidade torácica, média do VO<sub>2</sub> máx, volumes cardíacos, fração de ejeção e a função endotelial antes e após a utilização da ETM.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### População e Amostra

Este estudo caracteriza-se como quantitativo experimental. A presente amostra foi composta por três voluntários em sua totalidade, a pequena quantidade de voluntários se dá devido a maior facilidade do controle por parte dos pesquisadores e pelo alto custo dos exames, que foi custeado pelos responsáveis pela pesquisa.

Esta pesquisa foi realizada no Instituto do Coração, localizado na Rua Irmã Laurinda, número 20, 88501-250 no Centro da cidade de Lages, Santa Catarina.

### Critério de Inclusão

Os critérios de inclusão foram indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 35 e 39 anos, praticantes de exercícios aeróbicos por no mínimo seis meses e aceitarem participar da pesquisa assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### Critérios de Exclusão

Dos critérios de exclusão, possuir patologias do sistema cardiorrespiratório, fazer uso de medicamentos controlados ou apresentar lesões ortopédicas e indivíduos tabagistas.

### Protocolo de Exercício Físico

Foram selecionados três indivíduos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Estes passaram por três testes de

ergoespirometria, sendo repetidos por três dias consecutivos e em tempos distintos, para definição da média do VO<sub>2</sub> pico e da FC alvo para o treinamento, está definida como a faixa de FC correspondente entre o primeiro (limiar anaeróbico) e o segundo limiar ventilatório (ponto de compensação respiratória).

Em seguida, já com a FC alvo e o VO<sub>2</sub> pico definidos, os participantes realizaram treinamento por quatro semanas, sendo corrida na esteira ou na rua, respeitando a tal FC prescrita, com duração total de 120 minutos por semana, divididos em três vezes de 40 minutos.

Após essa fase inicial nova avaliação ergoespirométrica foi realizada, no mesmo formato anterior. A fim de comparar com o primeiro teste e observar se o valor do VO<sub>2</sub> havia estabilizado, ou se ainda ocorreria ganho nesta variável.

Caso este valor ultrapassasse 5% de diferença do anterior, o participante repetiria mais quatro semanas de protocolo de corrida por 120 min, divididos em três vezes de 40 minutos. E por fim repetiria o teste ergoespirométrico.

A partir do momento em que o VO<sub>2</sub> permaneceu estabilizado e não apresentou mais ganho, os participantes realizaram os exames de manovacuometria, cirtometria e ecocardiograma e obtidos os valores descritos como “treinamento sem máscara”. E somente depois deste momento os participantes seguiram com o mesmo protocolo de corrida de quatro semanas por 120 minutos semanais, porém desta vez, utilizando a máscara.

Por fim, todas as avaliações de ergoespirometria, manovacuometria, cirtometria e ecocardiograma foram refeitas. Obtendo assim, os parâmetros descritos como “treinamento com máscara”.

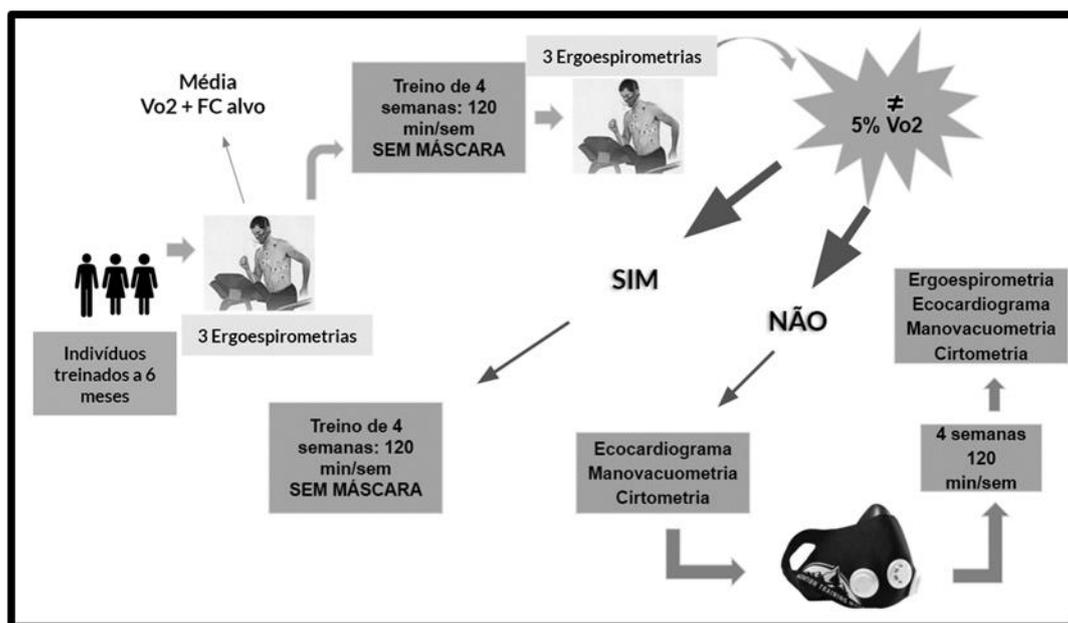


Figura 1 - Desenho experimental, Protocolo de exercício.

## Protocolo de Avaliação

### - Avaliação da Manovacuometria

Conforme o autor Montemezzo e colaboradores (2012) a manovacuometria baseia-se na mensuração das pressões respiratórias máximas, através do manovacuômetro.

Um teste rápido e não invasivo, onde são obtidos os valores de Pressão expiratória

Máxima (PE<sub>máx</sub>) e a Pressão Inspiratória Máxima (PI<sub>máx</sub>).

E estas são obtidas, respectivamente, durante a expiração e a inspiração máxima contra as vias aéreas obstruídas por cinco vezes em cada paciente, com 10 segundos de intervalo e obtido o melhor valor.

Como recomendam os autores Oliveira, Freitas, Almeida (2016), a manovacuometria foi realizada em sedestação com o manovacuômetro analógico Wika (r),

variando entre -120 / + 120 cmH<sub>2</sub>O em uma escala de 4 cmH<sub>2</sub>O, com adaptador de silicone Rescal para manobra manual, com um bocal com um orifício na extremidade selado durante a inspiração. O teste foi explicado de maneira simples e objetiva, para a compreensão adequada do paciente.

## - Avaliação da Cirtometria

A cirtometria, ou perimetria tóraco-abdominal foi realizada durante os movimentos respiratórios com a finalidade de avaliar a mobilidade do tórax de maneira simples, uma vez que se utiliza apenas uma fita métrica para a execução do teste. As medidas foram coletadas nas técnicas dinâmica e estática (Pedrini e colaboradores 2013).

Para a realização da cirtometria foi utilizada uma fita métrica, marca Fiber-Glass, com escala de 0 a 150 centímetros.

O indivíduo na posição em pé com o tórax desnudo e o examinador à sua frente. Mediram-se os perímetros torácicos em três regiões do tórax: (1) perímetro axilar com a fita métrica passando pelos cavos axilares ao nível da 3<sup>a</sup> costela; (2) perímetro xifóide, passando sobre o apêndice xifóide ao nível 7<sup>a</sup> cartilagem costal; (3) perímetro basal, passando sobre as 12<sup>a</sup> costelas.

Primeiramente a medida foi realizada na inspiração máxima ao nível da capacidade pulmonar total e posteriormente na expiração máxima ao nível do volume residual, nas três regiões citadas anteriormente e com três mensurações em cada região. Por fim, realizada análise descritiva dos valores da inspiração e expiração máximas e do coeficiente respiratório (Lehmkuhl e colaboradores, 2004).

## Avaliação da Ergoespirometria

Segundo Serra (1997), no teste de ergoespirometria foram avaliados o VO<sub>2</sub> e o limiar anaeróbico, a produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), a ventilação pulmonar e a relação de consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>)/frequência cardíaca.

Durante testes ergoespirométricos é impossível a comunicação verbal do paciente com o examinador, sendo conveniente a utilização da escala de Borg modificada, para a indicação manual da sensação subjetiva do cansaço (Garcia, 2016).

Os voluntários fizeram uso de vestimentas adequadas e mantiveram abstenção do esforço físico não habitual por no mínimo 12 horas antes do teste (Meneghelo e colaboradores, 2010).

No teste foi utilizado o protocolo de Rampa adaptado para cada participante, com aumento da inclinação e da velocidade após três minutos em atividades, e finalizado quando o quociente respiratório (qr) atingiu o valor de 1,1 ou superior. Poderia ser cessado se percebido algum dos parâmetros definidos pelas diretrizes do Association American college cardiology/ american heart.

Foi utilizado o sistema de ergoespirometria da Micromed, com esteira rolante Centurion 300 e analisador de gases VO2000 da MedGraphics. Como descreve Garcia (2016), os principais parâmetros analisados foram: a (ventilação pulmonar e a relação de consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) / frequência cardíaca (limiar anaeróbico).

## Avaliação do Ecocardiograma

Conforme utilizado também pelo autor Vieira e colaboradores (2009), os exames ecocardiográficos bidimensionais foram realizados de acordo com recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia e os parâmetros avaliados foram: volume diastólico final do ventrículo esquerdo (VDFVE); volume sistólico final do ventrículo esquerdo (VSFVE); fração de ejeção do ventrículo esquerdo; função endotelial.

Manteve-se a sala com luzes reguladas e controle de ruído e temperatura (22 - 24°C), em posição supina com manguito de pressão arterial colocado no braço dominante e ambos os braços apoiados. Após um período de equilíbrio de dez minutos, que é usado como base, o manguito foi insuflado para 60mmHg acima da pressão sistólica ou pelo menos 200mmHg, porém não acima de 300mmHg, por cinco minutos. Depois disso, o manguito foi esvaziado e a gravação continuou por mais oito minutos (Vieira e colaboradores, 2009).

Conforme realizado também pelo autor Jesus (2015), os pacientes foram instruídos a não mover os braços ou dedos. Valores da frequência cardíaca (FC), RHI, Alx e Alx75bpm foram calculados automaticamente pelo software Itamar. Antes da análise do PAT, pressão arterial sistólica e diastólica (PAS e PAD, respectivamente) medido com um esfigmomanômetro de braço com o paciente

na posição sentada. Pressão arterial (PAM) foi calculada como  $(PAS + PAD2) / 3$ . Todas as avaliações foram realizadas após um período

de descanso de vinte minutos, no mesmo período do dia em circunstâncias semelhantes.

**Tabela 1** - Análise da função endotelial.

Início do exame	Fase de isquemia	Fase endotélio dependente	Fase endotélio independente
Medida em repouso do diâmetro da artéria braquial	Clampeamento da artéria por 5 minutos, com pressão >250 mmHg	Desclameamento da artéria e medidas dos diâmetros com 45 e 60 segundos	Nitrato sublingual na dose de 0,8 mg e medidas dos diâmetros entre 2 e 4 minutos

(Schettino e colaboradores, 2006).

## Considerações Éticas

Esta pesquisa obedeceu aos preceitos éticos e legais da resolução nº 466 de 12 de Dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS), que normatiza sobre as diretrizes e regulamentos para a realização de pesquisas envolvendo seres humanos Brasil, (2012).

Todos os indivíduos que foram selecionados a partir dos critérios inclusão e exclusão, tiveram o TCLE, exposto de maneira objetiva e compreensível, e devidamente assinados.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade do Planalto Catarinense com o parecer de número 3.319.154.

## Análise de Dados

Os dados foram coletados por meio da análise comparativa descritiva dos mesmos exames e avaliações fisioterapêuticas realizadas durante a pesquisa. Posteriormente, então tabulados no programa Excel® Microsoft 2007 e exportados para o Software GraphPad Prisma Versão 6.0. Realizada análise comparativa das avaliações cardiorrespiratórias, teste t - pareado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grupo de voluntários foi composto por um homem de 38 anos e duas mulheres com média de idade de 36,5 anos, altura média de 1,68 metros, e peso médio de 66 kg e que realizavam exercício físico a pelo menos seis meses.

Os resultados a seguir demonstram a eficiência da utilização da máscara durante os treinamentos aeróbicos, onde foram realizadas avaliações periódicas até os voluntários atingirem o condicionamento físico máximo.

O gráfico 1 demonstra a avaliação do  $VO_2$  máx antes e após a utilização da máscara.

Antes, todos os voluntários obtiveram uma Média e Desvio Padrão de  $44\text{ml/kg/min} \pm 17,78$  e após,  $50,67\text{ml/kg/min} \pm 16,07$ , mostrando assim uma melhora, porém não significativa ( $p = 0,076$ ).

O estudo de Warren, Spaniol e Bonnette (2017), afirmou que não houve diferença significativa entre o pré-teste e o pós-teste com valores de  $VO_2$  máx sobre o grupo controle X grupo experimental ( $p = 0,34$ ), onde em sua pesquisa, quatorze cadetes do sexo masculino foram distribuídos de maneira uniforme para o grupo controle ou experimental em modo aleatório.

No pré-teste e pós-teste de 1,5 milhas de tempo de execução, foram usados para estimar o  $VO_2$  máx para cada participante. O período de treinamento do estudo cobriu sete semanas, com cada indivíduo participando três dias por semana.

A primeira sessão de treinamento consistiu em uma corrida de distância moderada que foi de aproximadamente 2 milhas e foi realizada em um estilo de intervalo com 60 segundos de jogging lento seguido de dez segundos de arrancada.

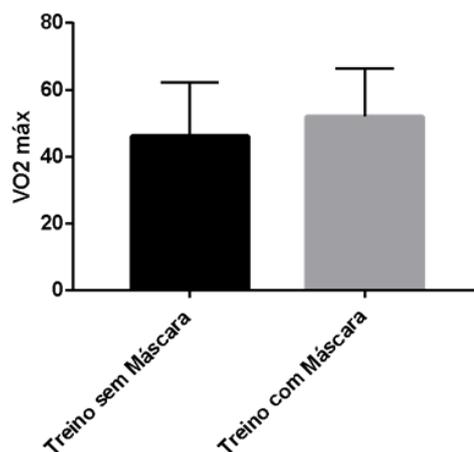
O segundo dia teve participantes girando através de um circuito de peso corporal de oito estações. Tal estudo concluiu que a ETM mostrou não ser uma ferramenta de treinamento viável para aumentar o  $VO_2$

máx sob os parâmetros específicos da pesquisa.

Já o estudo de Biggs e colaboradores (2017), apontou que entre os sujeitos participantes da sua pesquisa, houve um aumento significativo no VO<sub>2</sub> máx previsto (F (1,17) = 7,376, p<0,05), onde semelhante aos

resultados do VO<sub>2</sub> máx, a capacidade vital forçada demonstrou um aumento significativo nos indivíduos avaliados (F (1,17) = 6,201, p<0,05), porém, não houve diferença significativa entre os grupos controle e experimental (F (1,17) = 3,562, p = 0,079).

**Gráfico 01: Demonstra o VO<sub>2</sub>máx antes e após a utilização da máscara**



Mesmo que os dados entre os grupos não tenham sido significativos, houve um aumento mais relevante no grupo experimental usando a ETM em comparação com o grupo controle que não usou a máscara para todas as três variáveis, concordando com nosso estudo o qual todos os voluntários obtiveram melhora, porém não significativa.

No estudo de Porcari e colaboradores (2016), foram investigados vinte e cinco indivíduos, os quais eram estudantes universitários, dezesseis homens e nove mulheres. Eles foram treinados de forma moderada, não estando em um treinamento de ciclismo nos seis meses antecedentes. Ambos os grupos conquistaram aumento relevante no parâmetro do VO<sub>2</sub> máx, porém não houve relevância da melhora entre os grupos participantes deste estudo. O grupo que fez uso da máscara obteve como resultado: antes 44,8 (6,4), depois 52,2 (7,5) com diferença + 16,5 e o grupo sem máscara antes 43,6 (6,2), depois 49,5 (7,0) com diferença de + 13,5.

Já neste estudo, os participantes diferentemente aos de Porcari e colaboradores (2016), eram treinados, realizando atividade aeróbica nos últimos seis meses, onde também foi obtida pequena alteração no VO<sub>2</sub> máx, demonstrando melhora em relação ao treino após uso da ETM.

Ao que tudo indica, a aplicação do dispositivo pode diminuir níveis de oxigênio no corpo durante o treinamento, o que posteriormente poderia produzir um aumento nos níveis de oxigênio no corpo ao longo do tempo, como resultado do treinamento, bem como produzir efeitos sobre a resistência a longo prazo, a velocidade de recuperação do treinamento e em última análise aumentar VO<sub>2</sub> máx (Warren, Spaniol, Bonnette, 2017).

A hipóxia estimula a produção do hormônio eritropoietina pelo córtex renal em resposta a queda de saturação de O<sub>2</sub>, que é responsável pelo aumento e produção de eritrócitos no sangue (eritropoiese), por consequência, aumenta a capacidade de transporte de oxigênio sanguíneo, fato que se correlaciona positivamente com a melhora no VO<sub>2</sub> máx e desempenho em ambientes de normóxia (Teodoro, 2017).

O gráfico 2 demonstra a avaliação do Pimáx antes e após a utilização da máscara. Antes, todos os voluntários obtiveram uma Média e Desvio Padrão de 83,89ml/kg/min ± 12,69, e após, 111,1ml/kg/min ± 13,64, com melhora significativa (p=0,011).

Mostrando assim, que após quatro semanas de utilização da máscara foi possível melhorar significativamente o força da musculatura inspiratória dos voluntários.

O gráfico 3 demonstra a avaliação do P<sub>emáx</sub> antes e após a utilização da máscara.

Antes, todos os voluntários obtiveram uma Média e Desvio Padrão de 87,78ml/kg/min  $\pm$  25,87, e após, 108,9ml/kg/min  $\pm$  12,69, onde todos os

voluntários obtiveram melhora, porém não significativa ( $p=0,128$ ).

Todos os participantes relataram melhoras em seus treinamentos depois da utilização da máscara em relação ao ritmo e a resistência durante os treinos.

Gráfico 02: Demonstra a P<sub>imáx</sub> antes e após a utilização da máscara

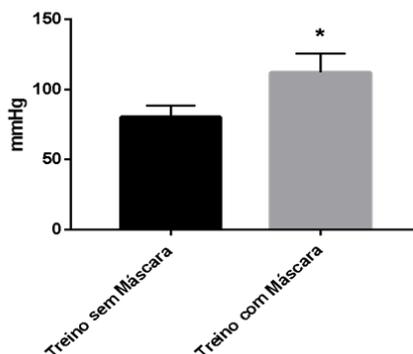


Gráfico 03: Demonstra a P<sub>emáx</sub> antes e após a utilização da máscara

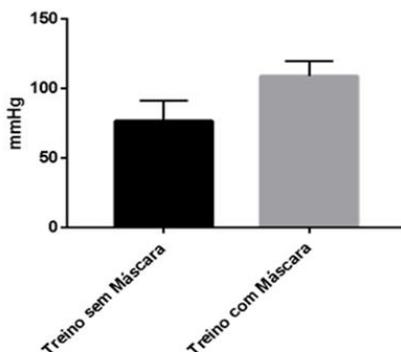
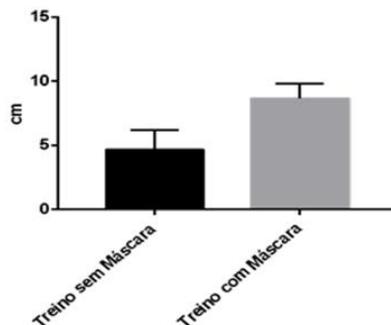


Gráfico 04: Demonstra a circunferência axilar antes e após a utilização da máscara



Os autores Stoco, Giacometi e Ike (2004), verificaram a consistência de valores previstos das Pressões Respiratórias máximas (P<sub>imáx</sub> e P<sub>emáx</sub>) através do teste de manovacuometria. Obtiveram valores de P<sub>imáx</sub> e P<sub>emáx</sub> superiores e os valores alcançados pelas mulheres.

No respectivo estudo constatou-se diferenças significativas entre os valores das pressões respiratórias máximas obtidas pelo manovacuômetro, sendo os valores previstos maiores que os obtidos, tanto no grupo dos homens quanto no das mulheres.

Semelhantemente, neste estudo obteve melhora significativa da P<sub>máx</sub> devido a máscara oferecer uma resistência inspiratória fazendo com que seja possível o fortalecimento da musculatura inspiratória, aumentando por sua vez a mobilidade torácica.

Após o treino com o uso da ETM, por meio do manovacuômetro pôde-se perceber os resultados de P<sub>máx</sub> e P<sub>Emáx</sub> apresentados nos gráficos 02 e 03.

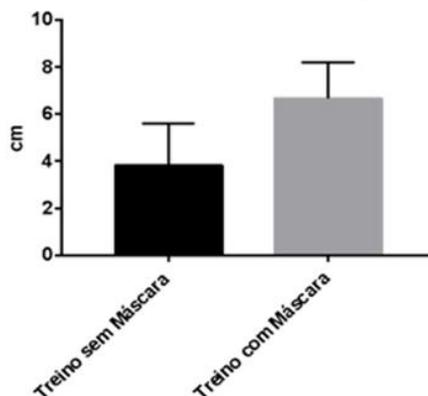
Britto, Breant e Parreira (2009), o Threshold, que realiza função semelhante a ETM, teve sua validade testada nos estudos de Johnson e Gosselink, como sendo muito

utilizado no treinamento da musculatura respiratória para ganho de força muscular.

Assim como no estudo feito por Hartz e Moreno (2015) onde o TMI (treino muscular inspiratório), o qual assemelha-se com o efeito obtido pelo Threshold, contribuiu para o aumento da mobilidade torácica e da força muscular inspiratória, sugerindo ser uma alternativa a ser incorporada no treinamento de atletas para a melhora do desempenho.

O gráfico 4 demonstra a avaliação da cirtometria axilar antes e após a utilização da máscara. Antes, todos os voluntários obtiveram uma Média e Desvio Padrão de 4,66ml/kg/min  $\pm$  1,52, e após, 8ml/kg/min  $\pm$  1, obtendo ( $p = 0,120$ ).

**Gráfico 06: Demonstra a cirtometria basal antes e após a utilização da máscara**



O gráfico 6 demonstra a avaliação da cirtometria basal antes e após a utilização da máscara. Antes, uma Média e Desvio Padrão de 3,83ml/kg/min  $\pm$  1,75, e após, 6,66ml/kg/min  $\pm$  1,52, onde todos os voluntários obtiveram melhora, porém não significativa ( $p = 0,216$ ).

De acordo com os estudos feitos por Castro (2018), Silva e colaboradores (2016) a técnica de cirtometria é um método objetivo e simples que avalia quantitativamente a mobilidade torácica e pode ser considerada fidedigna, com reprodutibilidade satisfatória sugerindo uma medida precisa.

Nos respectivos estudos, a cirtometria mostrou-se muito útil e cumpre o papel a que se propõe, sendo considerada reprodutível, assim aplicada no presente estudo, com especificações dos resultados presentes nos gráficos 4, 5 e 6.

Em uma pesquisa realizada por Conto e Moretto (2016), a qual teve objetivo de verificar a capacidade respiratória de atletas

Apesar disso, dois participantes que apresentaram valores abaixo da tabela de referência na cirtometria axilar e basal antes da utilização da máscara, tiveram estes valores normalizados após o uso dela, mostrando que houve melhora em relação a mobilidade torácica de todos os participantes.

do futsal, antes e após aplicação de exercícios fisioterapêuticos para cadeia respiratória, e verificar a ocorrência ou não de alterações em valores, e dentre as avaliações estavam as medidas da cirtometria torácica após as sessões. Quanto a esta obteve-se resultado estatisticamente significativo sendo na linha xifóide ( $p \leq 0,0323$ ).

Assim como no presente estudo, onde foi obtida melhora da primeira medida em relação a segunda após a utilização de máscara como descrito anteriormente, onde estes potencializaram a pressão inspiratória, utilizando o mesmo protocolo fisioterapêutico com uso da cirtometria como descrito no estudo acima citado.

**Tabela 2 - Resultados do exame ecocardiográfico.**

Variáveis	Pré Treinamento	Pós Treinamento	Valor de p < 0,05
PA	121/80mmHg	118/69mmHg	0,4168
FC	64bpm	64,6bpm	0,6667
AE	32mm	32,1mm	0,4226
AO	35,6mm	36mm	0,4227
DDVE	48,3mm	48,4mm	0,4225
DSVE	32mm	32,3mm	0,4226
FEVE	63%	62%	0,6667
E	97,3cm/s	98,4cm/s	0,1856
A	58cm/s	61cm/s	0,3268
E/A	1,8	1,5	0,8675
e'	58,5cm/s	58,0cm/s	0,4225
E/e'	4,1	4,3	0,4226

Demonstra os resultados do ecocardiograma antes e após a utilização da máscara da Pressão Arterial (PA), Frequência Cardíaca (FC), Atrio Esquerdo (AE), Artéria Aorta (AO), Diâmetro Diastólico do Ventrículo Esquerdo (DDVE), Diâmetro Sistólico do Ventrículo Esquerdo (DSVE), Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE), Diástole Precoce (E), Contração Atrial (A), Relação das Velocidades de Onda E e onda A (E/A), Velocidade do Doppler Tecidual do Anel Lateral (e'), Relação das velocidades de onda E e onda e'(E/e'). Os resultados mostraram que não houve diferença em nenhuma das variáveis avaliadas no ecocardiograma após 4 semanas de utilização da máscara.

**Tabela 3 - Resultados avaliação da função endotelial.**

Técnica Utilizada	Variáveis	Pré Treinamento	Pós Treinamento	Valor de p < 0,05
Perfusão da Artéria Braquial em Repouso	Medida	0,39cm	0,34cm	0,5286
	VTI	15,7	15,8	0,4226
	Vol	3,6	1,6	0,2697
	Vel	66,6	67,2	0,6667
Perfusão da Artéria Braquial pós Isquemia	Medida	0,40cm	0,38cm	0,6857
	VTI	39,9	24,7	0,8437
	Vol	7,3	5,6	0,9999
	Vel	96,6	88,6	0,4225
Perfusão da Artéria Braquial após ingestão de nitrato	Medida	0,32cm	0,33cm	0,4226
	VTI	11,3	10,5	0,6667
	Vol	3,6	4,8	0,2697
	Vel	69,3	77,6	0,2698

Demonstra os resultados da medida da artéria braquial em repouso, pós isquemia e após ingestão de nitrato antes e após a utilização da máscara da Medida arterial (Medida), Integral tempo velocidade (VTI), Volume (Vol) e velocidade da onda (Vel). Os resultados mostraram que não houve diferença em nenhuma das variáveis avaliadas no ecocardiograma após 4 semanas de utilização da máscara.

Conforme descreveu o autor Thompson (2004), sobre as alterações cardíacas em atletas, várias adaptações da função e forma cardíacas ocorrem com o treinamento esportivo para aprimorar a função do coração como uma bomba e, portanto, aumentar a capacidade aeróbica.

As adaptações predominantes incluem aumento da dimensão da cavidade diastólica final do ventrículo esquerdo, maior espessura da parede do ventrículo esquerdo, aprimoramento do enchimento diastólico e menor frequência cardíaca. Essas adaptações estão relacionadas ao gênero, idade e raça do

atleta e ao tipo, duração e intensidade do esporte praticado.

Segundo o autor, quando o coração recebe demanda aguda, ele mantém a capacidade de funcionar como bomba adequada por meio da alteração da frequência cardíaca e contratilidade, ocorrendo demanda crônica, adaptações cardíacas funcionais e estruturais ocorrem para preservar a função de bombeamento.

Também foi relatado pelo autor Ferreira (2010), em sua tese sobre o coração do atleta, que a prática de exercício isotônico ocasiona o aumento do débito cardíaco, o aumento substancial do consumo máximo de

oxigênio, a diminuição das resistências periféricas e o aumento da tensão arterial sistólica média, com ligeira diminuição da tensão arterial diastólica. Sendo que o mais importante destas respostas é o aumento do consumo de oxigênio, que poderá ultrapassar os 70mLO<sub>2</sub>/min/Kg (partindo de um valor médio de repouso de 3 mL O<sub>2</sub>/min/Kg).

Desta forma, supõe-se que para haver alterações ecocardiográficas relevantes dos voluntários em questão, seria necessário um protocolo com maior tempo de duração.

De acordo com Luz e colaboradores (2016), o motivo principal da diminuição da vasodilatação endotélio-dependente está na disfunção do endotélio em responder de forma positiva ao óxido nítrico. A ativação da guanilato ciclase pelo óxido nítrico demonstra-se dificultada em indivíduos com disfunção endotelial. Desta forma, segundo o autor, deixa de existir o acúmulo de monofosfato de guanosina cíclica no endotélio, e, conseqüentemente, a vasodilatação endotélio-dependente fica em comprometimento.

A relação do exercício aeróbico com o índice de vasodilatação endotélio-dependente tem sido muito pesquisada, onde os estudos têm utilizado diferentes tipos de exercícios e população, sendo assim, cada situação deve ser vista especificamente, não podendo haver generalização dos resultados (Sasaki, Santos, 2006).

Clarkson e colaboradores (1999), encontraram resultados positivos de um programa de dez semanas onde foram realizados exercícios aeróbicos e anaeróbicos em militares saudáveis. O treinamento aumentou a vasodilatação endotélio-dependente nesses indivíduos. Tais autores também encontraram um aumento significativo da vasodilatação endotélio-dependente da artéria tibial posterior também com um programa de dez semanas de exercício aeróbico moderado.

Já ao que se refere à hipóxia, a mesma define-se como uma condição que consiste em uma menor disponibilidade de oxigênio nos tecidos e pode ser causada durante a ascensão à altitude (Oliveira e colaboradores, 2017).

Neste sentido, a hipóxia, como estímulo adicional ao treinamento, é normalmente usada por atletas de resistência para melhorar o desempenho no nível do mar e se preparar para a competição em altitude (Billaut e colaboradores, 2012).

De acordo com Teodoro (2017), a mesma estimula a produção do hormônio eritropoietina pelo córtex renal em resposta a queda de saturação de O<sub>2</sub>, que é responsável pelo aumento e produção de eritrócitos no sangue (eritropoiese), por consequência, aumenta a capacidade de transporte de oxigênio sanguíneo, fato que se correlaciona positivamente com a melhora no VO<sub>2</sub> máx e desempenho em ambientes de normóxia.

Quanto às adaptações cardiovasculares, a exposição aguda à hipóxia hipobárica, desencadeia um aumento da atividade do sistema nervoso autônomo simpático, promovendo o incremento da frequência cardíaca e do débito cardíaco em repouso e em exercício submáximos e alterações do fluxo sanguíneo por vasoconstrição seletiva (Magalhães e colaboradores, 2002).

Após uma adaptação crônica a altitude, percebem-se também variações em níveis de lactato sanguíneo, que um exercício de intensidade submáxima, que na fase aguda produz elevados níveis de lactato sanguíneo, não provoca os mesmos aumentos, mantendo uma quantidade menor na produção de lactato, fenômeno este denominado paradoxo do lactato (Granja e colaboradores, 2016).

A máscara de treinamento de elevação (ETM), por sua vez, é um dispositivo de treinamento de resistência pulmonar patenteado que, atualmente, é o único de seu tipo no mercado (Warren, Spaniol e Bonnette, 2017).

Com a finalidade de simular altitude, a máscara apresenta um mecanismo para restringir a entrada e saída de gases, induzindo um estado hipóxico durante o exercício (Porcari e colaboradores, 2016).

No que diz respeito à sua aplicação associada ao exercício aeróbio, estão bem consolidados pela literatura os seus benefícios em melhorar o desempenho aeróbio (Teodoro, 2017).

Pesquisas apontam que quando a atividade muscular é muito intensa, o músculo aumenta muito a sua taxa metabólica, sendo necessário um grande aumento no suprimento em oxigênio, o consumo do mesmo constitui assim um parâmetro fisiológico global, integrador do funcionamento das quatro etapas (Ventilação Pulmonar, Hematose, Cardiovascular e Tissular) pelo que fornece indicações importantes sobre a condição cardiorrespiratória do atleta (Pereira, 2016).

A amostra deste estudo foi composta por indivíduos saudáveis e treinados, e nestes não houve diferença significativa com a aplicação do referido protocolo. E por isso, sugere-se novos estudos envolvendo indivíduos patológicos, em especial, portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), pois tal patologia acarreta alteração na ventilação/perfusão pulmonar bem como em disfunções endoteliais.

Seria fundamental um estudo semelhante, porém com um número maior de participantes e com maior tempo de duração.

O diferencial do presente estudo dá-se pela avaliação fisioterapêutica detalhada, a qual não há relatos na literatura, demonstrando assim a necessidade de pesquisas sobre a ETM com intervenção da Fisioterapia.

## CONCLUSÃO

Nesse estudo, houve o aumento do VO<sub>2</sub> pico após o treinamento com a máscara, porém sem significância estatística, assim como as demais variáveis respiratórias, exceto a Pimax, onde observou-se diferença estatística sugerindo aumento de força inspiratória.

A ETM fornece melhora nos parâmetros cardiorrespiratórios em praticantes de exercícios aeróbicos, através da avaliação fisioterapêutica realizada no referido estudo, onde a maior evidência significativa com o uso dela, foi no fortalecimento da musculatura respiratória, em especial a inspiratória.

## REFERENCIAS

1-Balke, B.; Nagle, F.; Daniels, J. Altitude e desempenho máximo em trabalho e atividade esportiva. *Jornal da American Medical Association*. Vol. 194. Num. 6. p. 176-179. 1995.

2-Biggs N. C.; England, B.S.; Turcotte, N.J.; Cook, M.R.; Williams, A.L. Effects of Simulated Altitude on Maximal Oxygen Uptake and Inspiratory Fitness. Vol. 10. Núm. 1. p.127-136. 2017.

3-Billaut, F.; Gore, C.J.; Aughey, R.J. Enhancing Team-Sport Athlete Performance Is Altitude Training Relevant? Review Article. *Rev. Sports Med*. Vol. 42. Num. 9. p. 751-767. 2012.

4-Britto, R.R.; Breant, T.C.S.; Parreira V.F. Recursos Manuais e Instrumentais em Fisioterapia Respiratória. Editora Manole. São Paulo. 2009.

5-Castro, A.A.M. Mobilidade torácica: confiabilidade da cirtometria. *LifeStyle Journal*. São Paulo. Vol. 5. Num. 1. p. 61-75. 2018.

6-Chapman, R. A resposta individual ao treinamento e competição em altitude. *Br J Sports Med*. Vol. 47. p. 1-6. 2013.

7-Clarkson, P.; Montgomery, H.E.; Mullen, M.J.; Donald, A.E.; Powe, A.J.; Bull, T.; Jubb, M.; World, M.; Deanfield, J.E. Exercise training enhances endothelium function in young men. *J Am Coll Cardiol*. Vol. 33. Num. 5. p. 1379-1385. 1999.

8-Conto, F.; Moretto, L. Fisioterapia aliada ao treinamento respiratório com ênfase no futsal feminino. *Revista Simpósio de Fisioterapia-Uniplac*. Vol. 3. Lages-SC. 2016.

9-Dunham, C.; Harms, C. A. Efeitos do Intervalo de Alta Intensidade no Pulmonar. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 112. Num. 8. p. 3061-3068. 2011.

10-Ferreira, E.F.E. Coração de atleta. Artigo de revisão. TCC. Faculdade de Medicina de Universidade de Coimbra. 2010.

11-Garcia, M. Estudo comparativo das respostas ergoespirométricas em esteira de solo versus subaquática. Tese de Doutorado. Faculdade de Medicina. USP. São Paulo. 2016.

12-Granja, K.; Neves, R.; Calles, A. Resposta fisiológica sobre o efeito da altitude no exercício: uma revisão. *Ciências Biológicas e da Saúde*. Vol. 3. Num. 3. p. 71-80. 2016.

13-Hartz, C. S.; Moreno, M. A. Efeitos do treinamento muscular inspiratório em atletas de handebol. VI Congresso de ciência do desporto. 2015.

14-Jesus, C. Estudo da integridade arterial em pacientes com coarctação da aorta, antes e após aortoplastia com implante de stent. Tese de Doutorado. Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. USP. São Paulo 2015.

- 15-Kelley, G.; Kelley, K. Efficacy of aerobic exercise on coronary heart disease risk factors. *Preventive Cardiology*. Greenwich. Vol. 11. Num. 2. p.71-5. 2008.
- 16-Lehmkuhl, E.; e colaboradores. A mobilidade torácica avaliada em diferentes regiões através da técnica de cirtometria em indivíduos saudáveis. IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação - Universidade do Vale do Paraíba. Itajaí-SC. 2004.
- 17-Luz, P.L.; Libby, P.; Chagas, A.C.P.; Laurindo, F.R.M. Endotélio e doenças cardiovasculares: biologia vascular e síndromes clínicas. Atheneu. 2016.
- 18-Magalhães, J. O desafio da altitude. Uma perspectiva fisiológica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. Vol. 2. Num. 4. p. 81-91. 2002.
- 19-Mazzeo, R. Physiological Responses to exercise at altitude. *Sports Medicine*. Vol. 38. p. 1-8. 2008.
- 20-Meneghelo, R.S.; Araújo, C.G.S.; Stein, R.; Mastrocolla, L.E.; Albuquerque, P.F.; Serra, S.M. Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol*. Vol. 95. Num. 5. p. 1-26. 2010.
- 21-Oliveira, A.; Rohan, P.A.; Gonçalves, T.R.; Soares, P.P.S. Efeitos da Hipóxia na Variabilidade da Frequência Cardíaca em Indivíduos Saudáveis: Uma Revisão Sistemática. *International Journal of Cardiovascular Sciences*. Vol. 30. Num. 3. p. 251-261. 2017.
- 22-Oliveira, J.; Freitas, A.; Almeida, A. Efeito pós-operatório da terapia física em relação à capacidade funcional e à força muscular respiratória em pacientes submetidos à cirurgia bariátrica. *ABCD*. Vol. 29. Supp. 1. p.43-47. 2016.
- 23-Orhan, O.; Bilgin, U.; Cetin, E.; Oz, E.; Dolek, B.E. The effect of moderate altitude on some respiratory parameters of physical education and sports students. *J asma*. Vol. 47. Num. 6. p. 609-613. 2010.
- 24-Pedrini, A.; Gonçalves, M.A.; Leal, B.E.; Yamaguti, W.P.S.; Paulin, E. Comparação entre as medidas de cirtometria tóraco-abdominal realizadas em decúbito dorsal e em ortostatismo. *Fisioter Pesq*. Vol. 20. Num. 4. p. 373-378. 2013.
- 25-Pereira, J. Fisiologia do Exercício. Manual de curso de treinadores de desporto, Grau II. 2016. Disponível em: <[http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/Graull/Graull06\\_Fisiologia.pdf](http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/Graull/Graull06_Fisiologia.pdf)>. Acesso em: 18/01/2019.
- 26-Porcari, J. P.; Probst, L.; Forrester, K.; Doberstein, S.; Foster, C.; Cress, M.L.; Schmidt, K. Effect of Wearing the Elevation Training Mask on Aerobic Capacity, Lung Function, and Hematological Variables. *Journal of sports Science & medicine*. Vol. 15. Num. 2. p. 379-386. 2016.
- 27-Sasaki, J.E.; Santos, M.G. O papel do exercício aeróbico sobre a função endotelial e sobre os fatores de risco cardiovasculares. *Arq. Bras. Cardiol*. Vol. 87. Num. 5. 2006.
- 28-Schettino, C.; Raggio, R.; Deus, F.C.C.; Belém, L.; Siqueira Filho, A.G. Avaliação da função endotelial pela reatividade braquial em pacientes com cardiopatia isquêmica documentada, antes e após a utilização de suplementos vitamínicos. *Revista Brasileira de Ecocardiografia*. Vol. 19. Num. 3. p.15-20. 2006.
- 29-Sellers, J. H.; Monaghan, T.P.; Schnaiter, J.A.; Jacobson, B.H., Pope, Z.K. Efficacy of a Ventilatory Training Mask to Improve Anaerobic and Aerobic Capacity in Reserve Officers' Training Corps Cadets. *J. Strength Cond. Res*. Num. 30. p. 1155-1160. 2016.
- 30-Serra, S. Considerações sobre ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol*. Vol. 68. Num. 4. p. 301-304. 1997.
- 31-Silva, L. P.; Alves, J.A.; Póvoa, T.I.R.; Silva-Hamu, T.C.D. Confiabilidade da mensuração da cirtometria torácica como método de avaliação em indivíduos saudáveis. *Revista Movimenta*. Vol. 9. Num. 3. p. 451-459. 2016.
- 32-Smith, M.; Sommer, A.; Starkoff, B.; Devor, S. Treinamento de Força de Alta Intensidade Baseado em Crossfit Melhora a Aptidão

Aeróbica Máxima e Composição Corporal. J Res. Cond. Vol. 27. Num. 11. p. 3159-3172. 2013.

33-Stoco, G.; Giacometi, C.; Ike, D. Valores Previstos e Observados de P<sub>l</sub>máx e P<sub>E</sub>máx em Indivíduos Saudáveis. 2004. Disponível em:  
<<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/61.pdf>>. Acesso em: 19/01/2019.

34-Teodoro, C. Efeito agudo do uso da máscara de restrição de fluxo de ar durante a realização de exercício resistido. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação Física da Unicamp. Unicamp. Campinas-SP. 2017.

35-Thompson, P. D. O. exercício e a Cardiologia do Esporte. São Paulo. Manole. 2004.

36-Vieira, M.; Nomura, C.H.; Tranches Junior, B.; Oliveira, W.A.; Naccarato, G.; Serpa, B.S.; Passos, R.B.D.; Funari, M.B.G; Fischer, C.H.; Morhy, S.S. Fração de Ejeção e Volumes do Ventrículo Esquerdo Medidos com ECO 3D e com Tomografia Ultra-Rápida. Arq. Bras Cardiol. Vol. 92. Num. 4. p.294-301. 2009.

37-Warren, B.; Spaniol, F.; Bonnette, R. The effects of an elevation training mask on VO<sub>2</sub> max of male reserve officers training corps cadets. Journal of Exercise Science. Vol. 10. Num. 1. p.37-43. 2017.

38-Wilber, R.; Stray-Gundersen, J.; Levine, B. Effect of hypoxic "dose" on physiological responses and sea-level performance. Medicine & Science in Sports & Exercise. Vol. 39. Num. 9. p. 1590-1599. 2007.

1-Universidade do Planalto Catarinense, Curso Fisioterapia, Lages, Santa Catarina, Brasil.

2-Especialização em Residência Médica, Universidade Federal de São Paulo-Unifesp, São Paulo, Brasil.

3-Especialização em Residência Médica, Hospital do Coração, HCOR, São Paulo, Brasil.

4-Mestrado em Ciências Biológicas - Fisiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre-RS, Brasil.

5-Mestrado em Ciências da Educação, Universidad politécnica e artística del paraguay, upap, Paraguai.

E-mail dos autores:

[giselle.souzza@hotmail.com](mailto:giselle.souzza@hotmail.com)

[andressasartor@hotmail.com](mailto:andressasartor@hotmail.com)

[kaius.depaula@gmail.com](mailto:kaius.depaula@gmail.com)

[roberto@gmail.com](mailto:roberto@gmail.com)

[alanbahr02@gmail.com](mailto:alanbahr02@gmail.com)

[tarsow@hotmail.com](mailto:tarsow@hotmail.com)

Endereço para correspondência:

Rua Clélio Miola.

Santa Cândida, número 36.

CEP: 88.514-500.

Recebido para publicação 17/11/2019

Aceito em 17/05/2020