

Raoni Bernardes Malta



**Avaliação de diferentes programas de treinamento aeróbio
sobre a aptidão aeróbia**

Presidente Prudente

2017

Raoni Bernardes Malta

**Avaliação de diferentes programas de treinamento aeróbio
sobre a aptidão aeróbia**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos de Lira

Presidente Prudente

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Malta, Raoni Bernardes.
M226a Avaliação de diferentes programas de treinamento aeróbio sobre a aptidão aeróbia / Raoni Bernardes Malta. - Presidente Prudente : [s.n.], 2017
32 f.

Orientador: Fábio Santos de Lira
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

1. Exercício de alta intensidade. 2. Exercício contínuo moderado. 3. Resposta fisiológica. I. Lira, Fábio Santos de. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

BANCA EXAMINADORA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de RAONI BERNARDES MALTA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 30 dias do mês de junho do ano de 2017, às 14:00 horas, no(a) a distância (por parecer), reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. FABIO SANTOS DE LIRA - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP, Profa. Dra. VALERIA LEME GONCALVES PANISSA do(a) -/ Universidade de São Paulo / Pós-doutorado, Profa. Dra. CAMILA BUONANI DA SILVA do(a) Departamento de Educação Física / Câmpus de Presidente Prudente, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de RAONI BERNARDES MALTA, intitulada **AValiação de diferentes programas de treinamento aeróbio sobre a aptidão aeróbia**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. FABIO SANTOS DE LIRA

Profa. Dra. VALERIA LEME GONCALVES PANISSA

Profa. Dra. CAMILA BUONANI DA SILVA

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------|----|
| AGRADECIMENTOS | 6 |
| APRESENTAÇÃO..... | 7 |
| RESUMO | 8 |
| ABSTRACT | 9 |
| INTRODUÇÃO | 10 |
| OBJETIVO | 13 |
| MÉTODOS | 14 |
| RESULTADOS..... | 19 |
| DISCUSSÃO | 23 |
| CONCLUSÃO..... | 26 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 27 |

AGRADECIMENTOS

Sou grato aos meus pais, irmãos e a tantos outros membros de minha família, por todo apoio.

Ao meu orientador, Professor Doutor Fábio Santos de Lira, que me concedeu a oportunidade de continuar a estudar e terminar o mestrado.

Aos meus amigos pelo apoio e ajuda durante todo esse processo. Em especial, agradeço aos amigos Ricardo Ribeiro Agostinete, Paula Monteiro, Sergio Parmezzani, Neto Gerosa, Fábio Lira, Renan Santos, Thaislaine dos Santos, Daniela Sayuri, Eduardo Zapattera, Laura Faria, Eduardo Pereira, Santiago e outros mais que me acompanharam nessa jornada.

Aos alunos de iniciação científica e membros do LaFiCE pela disposição em me ajudar tanto na preparação dos materiais quanto na execução das coletas.

Agradeço também à Instituição FCT/UNESP por proporcionar estrutura para a realização de meus estudos e deste projeto.

À FAPESP, que financiou e colaborou de maneira decisiva para a conclusão de toda essa pesquisa. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP. Ref.: Processo: 2016/12035-1

Sou grato a todos que me auxiliaram direta ou indiretamente nesta pesquisa.

Muito obrigado!

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação é composta de uma introdução, objetivo, métodos, resultados e discussão. Os dados foram originados de pesquisas realizadas no Laboratório de Fisiologia Celular do Exercício (LaFiCE), do Departamento de Educação Física da FCT/UNESP – Presidente Prudente. A conclusão foi a partir dos dados obtidos na pesquisa. A dissertação foi redigida de acordo com as regras do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

RESUMO

Avaliação de diferentes programas de treinamento aeróbio sobre a aptidão aeróbia.

INTRODUÇÃO: A manutenção e melhora da capacidade cardiorrespiratória está intimamente relacionada com a promoção da saúde. Programas de treinamento físico que almejam melhoras dos sistemas fisiológicos, como respiratório e cardiovascular são preconizados, especialmente o treinamento físico aeróbio com intensidade moderada (~60% VO_2pico), sendo realizado em longa duração (~30-60 minutos). É crescente a adoção de programas de treinamento intermitente de alta intensidade com objetivo da redução da gordura corporal e melhora da aptidão aeróbia. No entanto, a efetividade deste tipo de programa de treinamento físico, ainda é incipiente.

OBJETIVO: O objetivo do presente estudo foi avaliar a efetividade de diferentes programas de treinamento aeróbio sobre a aptidão aeróbia em jovens adultos.

MÉTODOS: Participaram voluntariamente do estudo 30 adultos jovens saudáveis, do sexo masculino, fisicamente ativos, eutróficos, os quais realizaram três sessões semanais de exercício de corrida em esteira ergométrica. Os sujeitos foram randomizados em um dos seguintes grupos experimentais: Grupo treinamento intermitente de alta intensidade (TAI, 1:1 – 1 minuto de corrida a 100% vVO_2pico e 1 minuto de recuperação passiva; totalizando 5km cada sessão de treino, N=10), Grupo treinamento contínuo de intensidade moderada (TAC, 70% vVO_2pico ; totalizando 5km cada sessão de treino, N=10), ou Grupo controle (não realizaram nenhum tipo de treinamento, N=10). O consumo de oxigênio foi mensurado pelo analisador de gases modelo Quark PFT Ergo (COSMED®-Rome). A velocidade máxima alcançada no teste incremental foi definida como vVO_2pico . Para análise estatística foi usado Statistica 12.0 e foi adotado $p < 0,05$.

RESULTADOS: Após 6 semanas da aplicação dos diferentes protocolos de treinamento físico, nenhum dos grupos experimentais exibiram aumento significativo nos valores de VO_2pico (momento e grupo; $p > 0,05$). Adicionalmente, todos os grupos treinados exibiram aumento da velocidade máxima após 6 semanas de treinamento quando comparado ao grupo controle ($p < 0,05$).

CONCLUSÃO: Tomados em conjuntos, nossos resultados demonstram que a adoção dos diferentes programas de treinamento físico (intermitente de alta intensidade ou moderado contínuo) à curto prazo (6 semanas) pode gerar uma melhora no desempenho, como por exemplo, nos ajustes fisiológicos relacionados a economia de movimento, mas não da capacidade aeróbia em jovens adultos.

Palavras-chave: Treinamento aeróbio de alta intensidade; Treinamento aeróbio contínuo; Respostas fisiológicas; Consumo de oxigênio; jovens adultos e sexo masculino.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The maintenance and improvement of cardiorespiratory capacity is closely related to the promotion of health. Physical training programs aiming to improve physiological systems, such as respiratory and cardiovascular systems, are recommended, especially aerobic physical training with moderate intensity (~ 60% $\text{VO}_{2\text{peak}}$), which is performed in a long duration (~ 30-60 minutes). The adoption of intermittent high intensity training programs with the goal of reducing body fat and improving aerobic fitness is increasing. However, the effectiveness of this type of physical training program is still incipient. **OBJECTIVE:** The aim of the present study was to evaluate the effectiveness of different aerobic training programs on aerobic fitness in young adults. **METHODS:** Voluntarily participated in the study 30 healthy young adults, male, physically active, normal weight, which performed three weekly sessions running exercise on treadmill. The subjects were randomized to one of the following experimental groups: Intermittent high-intensity training group (TAI, 1: 1 - 1 minute of racing at 100% $\text{vVO}_{2\text{peak}}$ and 1 minute of passive recovery, totaling 5km each training session, N= 10), Continuous training group of moderate intensity (TAC, 70% $\text{vVO}_{2\text{peak}}$, totaling 5km each training session, N= 10), or control group (did not perform any type of training, N= 10). Oxygen consumption was measured by the Quark PFT Ergo gas analyzer (COSMED®-Rome). The maximum speed reached in the incremental test was defined as $\text{vVO}_{2\text{peak}}$. Statistica 12.0 was used for statistical analysis and it was adopted $p < 0.05$. **RESULTS:** After 6 weeks of application of the different physical training protocols, none of the experimental groups showed a significant increase in $\text{VO}_{2\text{peak}}$ values (moment and group, $p > 0.05$). In addition, all trained groups exhibited maximal velocity increase after 6 weeks of training when compared to the control group ($p < 0.05$). **CONCLUSION:** Taken sets, our results demonstrate that the adoption of different exercise training programs (intermittent high intensity or continuous moderate) to the short-term (6 weeks) can cause physiological adaptations related to improvement in aerobic power, but not aerobic capacity in young adults.

Keywords: High-intensity Interval/intermittent Training (HIIT), Continuous Aerobic Training, Oxygen Consumption, young adults and male.

INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) é compreendido como a taxa máxima que o organismo pode captar, transportar e absorver oxigênio (ROSSITER et al., 2006; FORTIER et al., 2015). É utilizado para representar a potência aeróbia máxima (HOWLEY et al., 1995; GORDON et al., 2011) e como indicador de aptidão cardiorrespiratória. Sua associação com doenças crônicas cardiovasculares é crescente e significativa, tornando-o um índice com relevância abrangente. Dessa forma, é uma variável importante para avaliação e monitoramento do efeito de treinamentos físicos em indivíduos saudáveis treinados, destreinados e em pacientes com doença arterial coronariana (HICKSON et al., 1977; BRANDON, 1995; WARBURTON et al., 2005; MELCHIORRI et al., 2014).

Ao longo dos anos o VO_2 máx tem sido relatado como um dos índices mais utilizados para o estudo do metabolismo aeróbio, haja vista sua importante relação com o desempenho, particularmente em esforços físicos de média e longa duração (BASSET Jr., HOWLEY, 2000; POOLE, JONES, 2012; HOFFMANN et al., 2016).

Muitos estudos avaliaram a resposta do consumo de oxigênio (VO_2) na transição do repouso ao exercício em diferentes intensidades e também em carga constante (ÖZYENER et al., 2001; SILVA, OLIVEIRA, 2004). Durante o exercício físico, o comportamento do VO_2 e a magnitude de seus ajustes são proporcionais e dependentes da intensidade do esforço (BURNLEY, 2009; JONES et al., 2010). Partindo desse pressuposto, testes incrementais máximos são um meio confiável para sua determinação e muitos ergômetros podem ser empregados para este fim, mas esteira rolante e cicloergômetros são os mais comuns.

A cinética linear do VO_2 frente a exercícios de intensidade progressiva pode se alterar em alguns indivíduos. Estima-se que metade dos indivíduos possam apresentar um platô no consumo de oxigênio em intensidades próximas à exaustão (HOWLEY et al., 1995), ou seja, mesmo com incremento da intensidade o VO_2 se estabiliza e perde seu comportamento linear típico (ARMSTRONG, WELSMAN, 1994; RIVERA-BROWN, FRONTERA, 1998; BAQUET et al., 2003; FORD et al., 2011). Como isso não ocorre em todas as

avaliações, os valores de consumo máximo de oxigênio são denominados de “*máximo*” ou “*pico*” devido à existência ou não do platô respectivamente.

Como dito anteriormente, a importância de avaliações da aptidão cardiorrespiratória extrapola o âmbito do desempenho esportivo, e estímulos que promovem sua melhora podem impactar positivamente as perspectivas de longevidade da população em geral e em pacientes com doenças cardiometabólicas (WISLØFF et al., 2007). Nesse contexto, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (American College of Sports Medicine-ACSM) e a Associação Americana do Coração (American Heart Association-AHA), recomendam 30 minutos ou mais de exercício contínuo de intensidade moderada (64-76% da frequência cardíaca máxima ou 46-63% do $VO_{2máx}$) preferencialmente todos os dias da semana para proteção contra doenças crônicas e pelo menos de 60 a 90 minutos de atividades físicas de intensidade moderada, para sustentar a massa corporal em adultos que a reduziram substancialmente. (HASKELL et al., 2007).

Uma estratégia que vem sendo utilizada como alternativa ao treinamento tradicional preconizado é o treinamento aeróbio intervalado de alta intensidade (do termo em inglês “High-intensity Interval/intermittent Training” - HIIT). A adesão a este modelo de treinamento físico pode promover diversas adaptações fisiológicas. Alguns estudos têm apresentado adaptações similares e/ou superiores a programas de exercício aeróbios tradicionais (p. ex., aumento do $VO_{2máx}$, nos estoques de glicogênio e na oxidação de ácidos graxos musculares, maior tolerância a exercícios de alta intensidade), verificando também que o nível motivacional e de satisfação ligados ao HIIT é superior ao exercício contínuo (GILLEN E GIBALA, 2013; CABRAL-SANTOS et al., 2015; PERCIVAL et al., 2015; WESTON et al., 2016).

Estudos clássicos como de Gibala et al. (2006) já mostraram que duas semanas de HIIT promoveram melhoras no desempenho e em enzimas oxidativas no músculo esquelético semelhante ao treinamento de *endurance*, porém com tempo de execução significativamente menor. Muitos protocolos de treinamento empregam intensidades supra-máximas, ou seja, superiores as encontradas nos testes incrementais máximos. Esses modelos tem apresentado grandes resultados, principalmente relacionados a melhoras metabólicas como aumento da sensibilidade a ação da insulina e captação de

glicose (BABRAJ et al., 2009; ADAMSON, 2014; RICHARDS et al., 2014), no entanto, devido as altas intensidades sua execução pode não ser suportada por indivíduos não treinados ou com pouca experiência, bem como, o prazer na atividade pode ser reduzido.

Em 2010 Little et al. avaliaram alguns marcadores de biogênese mitocondrial no músculo esquelético frente a um sistema de treinamento que contempla alta intensidade, baixo volume e pode ser aplicado a pessoas com diferentes níveis de aptidão cardiorrespiratória e resistência muscular. Esse modelo consiste em 8 a 12 esforços de 60s a 100% $VO_{2máx}$ com intervalos de 75s em baixa intensidade. Apenas seis sessões com esse treinamento promoveram aumento em algumas proteínas relacionadas ao metabolismo oxidativo e captação de glicose. Reforçando a aplicabilidade desse modelo Baekkerud et al. (2016) aplicaram em esteira rolante dez esforços na intensidade de $VO_{2máx}$ intercalados com caminhadas (baixa intensidade) em indivíduos sobrepesados e obesos.

A eficácia dos programas de treinamento aeróbio executados de forma contínua é amplamente estudada e seus resultados comprovados. Porém, o tempo demandado para sua realização e os baixos níveis de motivação atrapalham sua prática de maneira satisfatória. Todavia, os diferentes volumes e intensidades empregados nos estudos dificultam sua comparação com modelos intermitentes de alta intensidade. Portanto, o presente estudo teve como objetivo comparar a efetividade frente a seis semanas de treinamento de dois protocolos distintos, um intermitente de alta intensidade e outro realizado de forma contínua e intensidade moderada, ambos com mesmo volume.

OBJETIVO

Averiguar a resposta da aptidão aeróbia após diferentes programas de treinamento físico aeróbio com mesmo volume.

MÉTODOS

Participantes

A amostra foi composta por 30 homens eutróficos saudáveis de 18 a 35 anos de idade, considerados fisicamente ativos por meio da determinação do VO_{2pico} . Os sujeitos participaram voluntariamente do estudo e após serem informados dos possíveis riscos e benefícios, assinaram o termo de consentimento livre esclarecido. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa local (53297815.8.0000.5402). A tabela 1 apresenta a caracterização dos participantes do estudo.

Tabela 1: Caracterização antropométrica e fisiológica dos participantes.

| | GC (n=10) | TAI (n=10) | TAC (n=10) |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Idade (anos) | 27,60 ± 3,92 | 26,90 ± 4,70 | 24,60 ± 3,71 |
| Altura (m) | 1,78 ± 0,08 | 1,75 ± 0,04 | 1,78 ± 0,08 |
| Massa Corporal Total (kg) | 75,47 ± 8,76 | 71,56 ± 6,21 | 76,56 ± 12,34 |
| IMC (kg/m²) | 23,78 ± 1,51 | 23,31 ± 1,43 | 23,56 ± 5,35 |
| VO₂pico (mL/kg/min) | 55,79 ± 4,08 | 52,58 ± 4,81 | 50,09 ± 4,63 |
| vVO₂pico (km/h) | 14,95 ± 1,21 | 14,49 ± 1,03 | 13,87 ± 1,37 |

IMC- Índice de massa corporal, VO₂pico: Consumo pico de oxigênio, vVO₂pico: Velocidade máxima atingida no teste incremental.

Desenho Experimental

Os participantes foram submetidos a seis semanas de treinamento aeróbico com frequência de três vezes por semana, os quais foram randomizados em três grupos: 1) treinamento aeróbico intermitente de alta intensidade (TAI, N=10 - exercitou-se 1:1 – 1 minuto de corrida a 100% vVO₂pico e 1 minuto de recuperação passiva, completando um volume total de 5km por sessão), 2) treinamento aeróbico contínuo (TAC, N=10 - exercitou-se a 70% vVO₂pico, completando um volume total de 5km por sessão) e 3) grupo

controle (GC, N=10) de indivíduos fisicamente ativos que não participaram da periodização de seis semanas dos modelos de treinamento do grupo 1 e 2.

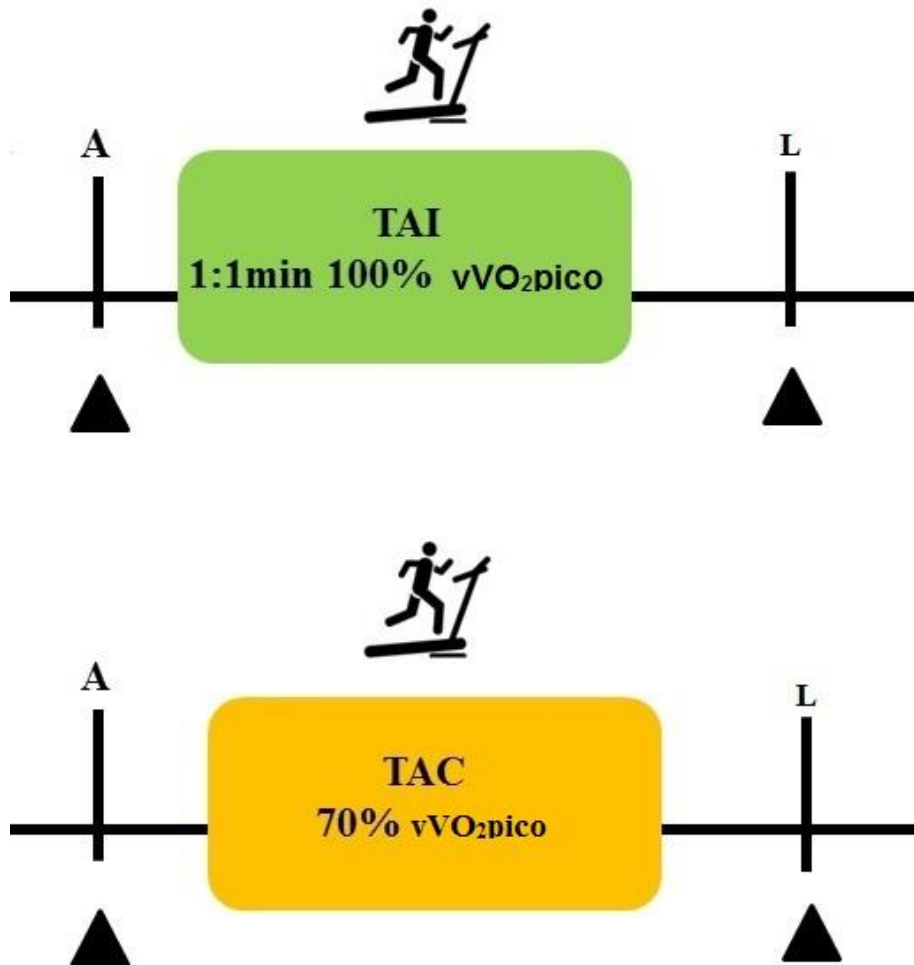


Figura1: Desenho experimental do estudo. A: aquecimento seguido de coleta de sangue do lóbulo da orelha; L- Coleta de sangue no lóbulo da orelha (imediatamente após, 3min, 5min e 7min ao fim da sessão).

Composição Corporal

A medida da composição corporal foi realizada pelo método de Impedância Bioelétrica octopolar (InBody 720 Biospace, Seoul, Korea), em que ondas elétricas nas frequências de 1, 5, 50, 250, 500 e 1000 kHz são emitidas e recebidas a partir do sujeito ereto em contato com o equipamento (plantas dos pés e calcanhares direito e esquerdo e palmas das mãos e polegares direito e esquerdo). As variáveis analisadas foram a massa corporal total (kg), percentual de gordura (%), massa de gordura (g) e a massa muscular esquelética (g) (OGAWA et al., 2011). Adicionalmente, pelo mesmo método, foi mensurada a água corporal total e suas frações intra e extracelular, assim

como medidas de resistência e reatância de 50 kHz, utilizadas para o cálculo do ângulo de fase por meio de equação (arco-tangente (resistência/reatância) $\times 180^\circ/\pi$), um indicador utilizado para prever funcionalidade e saúde celular (STOBAUS et al., 2012; SOUZA et al., 2016).

Teste Incremental para determinação da velocidade máxima e consumo pico de oxigênio (VO_{2pico})

Os participantes realizaram um teste com velocidade progressiva na esteira rolante até a exaustão voluntária. Cada estágio teve duração de dois minutos. A velocidade inicial de 8 km/h com aumento de 1 km/h por estágio até a exaustão voluntária. O consumo de oxigênio foi mensurado pelo aparelho Model Quark PFT Ergo (COSMED® – Rome) (ao final do teste a média dos últimos trinta segundos foi definida como VO_{2pico}). A velocidade máxima alcançada no teste foi definida como vVO_{2pico} . Ao final de cada estágio os participantes informaram a percepção subjetiva de esforço (PSE) segundo Borg (1982). Em adição, a frequência cardíaca foi monitorada durante todo teste por meio de um cardiofrequencímetro (Polar Vantage NV, Electro Oy, Finlândia). Quando o participante não foi capaz de completar o estágio de 2 minutos, a velocidade máxima foi expressa de acordo com o tempo de permanência no último estágio, Velocidade pico= velocidade do penúltimo estágio + [(tempo de permanência em segundos no último estágio/120s)] (PANISSA et al., 2013; KUIPERS et al., 1985). O teste incremental foi realizado no momento pré-treinamento, na terceira semana com intuito de reajustar a intensidade e após seis semanas.

Protocolos de treinamento

Exercício aeróbio moderado contínuo

Os participantes realizaram aquecimento de 5 minutos na esteira a 50% da velocidade máxima atingida no teste incremental. O exercício consistiu em correr na esteira de forma contínua, na velocidade correspondente a 70% da vVO_{2pico} (determinada no teste incremental) até totalizar 5 km.

Exercício aeróbio intermitente de alta intensidade

Os participantes realizaram aquecimento de 5 minutos na esteira a 50% da velocidade máxima. O exercício consistiu em correr na esteira de forma intermitente, sendo um minuto de esforço na velocidade correspondente à intensidade máxima (100% $v\text{VO}_2\text{pico}$), por um minuto de recuperação passiva até totalizar 5 km.

Contribuição Energética

Oito sujeitos (4 do grupo TAC e 4 do grupo TAI) foram selecionados para determinação da contribuição dos sistemas de fornecimento de energia nos momentos pré e pós seis semanas dos diferentes programas de treinamento. Para esse cálculo foi realizada a soma da energia provida pelo sistema aeróbio e anaeróbio. O metabolismo aeróbio foi estimado utilizando o consumo de oxigênio durante a sessão de exercício, já o metabolismo anaeróbio foi mensurado utilizando a fase do excesso do consumo de oxigênio e o delta das concentrações de lactato sanguíneo pré e pós sessão de treinamento. O consumo de oxigênio foi mensurado durante todo o teste e amostras de sangue foram coletadas no momento basal, imediatamente após, 3, 5 e 7 minutos após o teste, para dosagem das concentrações de lactato. O delta foi calculado subtraído-se o valor de repouso do maior valor pós exercício. Foi assumido o custo de $3\text{mLO}_2\cdot\text{kg}^{-1}$ de massa corporal para cada $1\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ da diferença da concentração pré e pós exercício. O componente rápido do excesso do consumo de oxigênio pós-exercício foi determinado por uma equação de decaimento bi-exponencial modificada, correspondendo ao produto da amplitude e taxa decaimento. O gasto energético total e o consumo de oxigênio durante cada sessão foram somados e convertidos a uma variável energética (BERTUZZI et al., 2007;. DI PRAMPERO e FERRETTI, 1999; ZAGATTO et al., 2011; SKELLY et al., 2014).

Análise Estatística

As análises descritivas de todas as variáveis analisadas foram apresentadas em médias e desvio padrão. Todas as variáveis foram verificadas quanto ao pressuposto de normalidade, através do teste de Shapiro-Wilk e de esfericidade de Mauchly, caso os dados não apresentassem esfericidade foi

utilizado o fator de correção de Greenhouse-Geisser. Para a comparação das variáveis do treinamento e alterações na composição corporal, foi realizada uma análise de variância de dois fatores [grupo (3 níveis – TAI, TAC e GC)] e período de treinamento (2 níveis - pré e pós-treinamento)] com medidas repetidas no segundo fator. Quando observada diferença significativa, foi realizado o post-hoc de Tuckey. Os dados foram analisados no Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, Estados Unidos da América).

RESULTADOS

Para a velocidade associada ao consumo pico de oxigênio (Tabela 2) houve efeito principal para o período de treinamento ($p < 0,001$) sendo os valores pré, inferiores aos valores pós-treinamento ($p < 0,001$). Houve também interação grupo e período de treinamento ($p = 0,025$) no qual somente foi observada diferença no grupo TAI do período pré para o pós-treinamento ($p = 0,035$). Para a velocidade de treinamento houve efeito principal para grupo ($p < 0,001$) sendo que o grupo TAI foi diferente do TAC ($p < 0,001$), e houve também efeito para momento ($p < 0,001$), sendo o pré diferente do pós ($p < 0,001$).

Para a duração da sessão (Tabela 2), houve efeito principal para grupo ($p < 0,001$), sendo que o grupo TAI foi diferente do TAC ($p < 0,001$) e efeito de momento ($p < 0,001$) sendo o pré diferente do pós ($p < 0,001$).

Tabela 2 - Efeitos dos diferentes protocolos de treinamento sobre as variáveis fisiológicas e de desempenho.

| | GC (n=10) | | | TAI (n=10) 1:1min 100% vVO ₂ pico | | | TAC (n=10) 70% vVO ₂ pico | | |
|--|----------------|---------------|-------|---|----------------------------|-------|---|---------------------------|-------|
| | Pré | Pós | Δ% | Pré | Pós | Δ% | Pré | Pós | Δ% |
| VO ₂ pico (mL/kg/min) | 55,79 ± 4,08 | 54,62 ± 5,66 | -2,22 | 52,58 ± 4,81 | 54,05 ± 5,47 | 2,21 | 50,09 ± 4,63 | 49,96 ± 2,16 | -1,01 |
| vVO ₂ pico (km/h) | 14,95 ± 1,21 | 15,23 ± 1,27 | 1,10 | 14,49 ± 1,03 | 15,35 ± 1,14 ^{*‡} | 7,92 | 13,87 ± 1,37 | 14,88 ± 1,55 [*] | 7,30 |
| FC max Teste (bpm) | 184,50 ± 11,10 | 189,50 ± 6,82 | 2,99 | 192,70 ± 7,68 | 191,7 ± 7,55 | -0,47 | 193,4 ± 11,23 | 190,60 ± 7,50 | -1,32 |
| Velocidade de treinamento (km/h) | | | 1,10 | 14,49 ± 1,03 | 15,35 ± 1,14 [‡] | 7,92 | 9,98 ± 1,20 | 10,50 ± 1,18 | 5,93 |
| Tempo de esforço (min) | | | | 20,69 ± 1,55 | 19,39 ± 1,31 | -5,91 | 31,32 ± 3,17 | 29,10 ± 3,28 | -7,07 |
| Duração Total da sessão (min) | | | | 41,39 ± 3,11 | 38,78 ± 2,63 ^{*‡} | -5,91 | 31,32 ± 3,17 | 29,10 ± 3,28 | -7,07 |

VO₂pico: Consumo pico de oxigênio, vVO₂pico: Velocidade máxima atingida no teste incremental, FC max Teste: maior frequência cardíaca atingida no teste, Δ%- Delta percentual. ^{*} - Valores estatisticamente significantes em relação ao período pré e pós-treinamento, [‡] - Valores estatisticamente significantes em relação aos grupos, [‡] - Valores estatisticamente significantes em relação a grupos e período.

Tabela 3 – Variáveis avaliadas no teste incremental pré e pós seis semanas de treinamento.

| | GC (n=10) | | TAI (n=10) 1:1min 100% vVO ₂ pico | | TAC (n=10) 70% vVO ₂ pico | |
|---|--------------|--------------|---|--------------|---|--------------|
| | Pré | Pós | Pré | Pós | Pré | Pós |
| FC repouso (bpm) | 74,40 ± 4,65 | 72,67 ± 7,57 | 71,40 ± 8,75 | 71,60 ± 8,25 | 72,90 ± 10,69 | 65,10 ± 4,36 |
| Escala PSE | 18,70 ± 1,25 | 18,89 ± 1,69 | 18,00 ± 2,83 | 17,80 ± 2,23 | 18,40 ± 1,43 | 18,70 ± 1,49 |
| Velocidade final do Teste (km/h) | 14,80 ± 1,23 | 15,00 ± 1,41 | 14,40 ± 0,97 | 15,10 ± 1,19 | 13,80 ± 1,39 | 14,80 ± 1,55 |

FC repouco- Frequência Cardíaca de repouso; bpm – batimentos por minuto; PSE – Escala de Percepção Subjetiva de Esforço.

Tabela 4 - Efeitos dos diferentes protocolos de treinamento sobre a contribuição energética.

| | TAC (n=4) | | | TAI (n=4) | | |
|--------------------------|------------------|------------------|-------|------------------|-------------------------------|--------|
| | Pré | Pós | Δ% | Pré | Pós | Δ% |
| Aeróbio | | | | | | |
| KJ | 1868,55 ± 298,48 | 1778,93 ± 147,42 | -3,75 | 1826,74 ± 223,30 | 1564,03 ± 466,33 | -15,89 |
| L (O₂) | 89,40 ± 14,28 | 85,12 ± 7,05 | | 87,40 ± 10,68 | 74,83 ± 22,31 | |
| Anaeróbio | | | | | | |
| KJ | 66,28 ± 15,36 | 91,85 ± 68,81 | 30,51 | 542,91 ± 131,51 | 667,22 ± 163,09 | 33,04 |
| L (O₂) | 3,17 ± 0,73 | 4,39 ± 3,29 | | 25,98 ± 6,29 | 31,92 ± 7,80 | |
| Total | | | | | | |
| KJ | 1934,83 ± 313,15 | 1870,78 ± 170,57 | -2,37 | 2369,65 ± 213,45 | 2231,25 ± 563,90 [§] | -6,33 |
| L (O₂) | 92,58 ± 14,98 | 89,51 ± 8,16 | | 113,38 ± 10,21 | 106,76 ± 26,98 | |

[§]
 KJ: Kilo-Joule, L: Litros de O₂, Δ%- Delta percentual, - Valores que demonstram que o gasto energético do grupo TAI, foi superior ao grupo TAC.

DISCUSSÃO

Classicamente, programas de treinamento físico aeróbio, realizados de maneira contínua, em intensidades moderadas (~60% VO_{2pico}) são preconizados para redução da massa corporal adiposa, assim como na melhora da capacidade cardiorrespiratória (LITTLE et al., 2010; SIITERI, 1987).

Este estudo teve como objetivo comparar as respostas fisiológicas após um treinamento de seis semanas em dois protocolos de treinamento de mesmo volume, mas de intensidades diferentes. Os resultados mostraram que a vVO_{2pico} foi maior no grupo que treinou em alta intensidade.

Os modelos de treinamento em intensidades máximas e supramáximas (all-out) têm sido utilizados para promover a perda de peso, controle glicêmico e melhoras no condicionamento aeróbio e anaeróbio (BURGOMASTER et al., 2008; GIBALA et al., 2012; LITTLE et al., 2011; PANISSA et al., 2016). Dessa forma, tem crescido o número de estudos que adotam protocolos de exercícios de alta intensidade (~100% VO_{2pico}) realizados de maneira intermitente, explorando adaptações sobre a capacidade aeróbia e suas respostas fisiológicas durante o exercício (CABRAL-SANTOS et al., 2017).

Os resultados encontrados no presente estudo demonstram que o protocolo de alta intensidade foi eficiente em potencializar o desempenho de corrida, medido pela velocidade máxima atingida no teste incremental. Essa variável também melhorou no grupo TAC, porém com menor magnitude. A diferença estatística encontrada na intensidade de treinamento e tempo total da sessão se devem pelas características do treinamento. No caso da intensidade um grupo treinava a 100% e o outro a 70% da VO_{2pico} e no tempo total da sessão, no grupo TAI o volume de 5km foi cumprido de forma intermitente, necessitando dessa forma de mais tempo que o grupo TAC que realizou a corrida de forma contínua.

Em relação ao treinamento aeróbio moderado, o HIIT foi proposto para apresentar adaptações de aptidão física maiores ou semelhantes (BUCHHEIT, LAURSEN, 2013; GIBALA et al., 2006; WISLØFF et al., 2007). Quando comparados os resultados dos protocolos de treinamento sobre as variáveis fisiológicas e de desempenho, foi possível observar que o TAI obteve resultado significativo com relação ao TAC nas variáveis velocidade de treinamento e

duração total da sessão. O grupo TAI também apresentou uma relação significativa quando comparamos os momentos (pré e pós) com o TAC e o GC para a variável vVO_{2pico} .

Com isso, pesquisas recentes sugere que o HIIT é uma estratégia de exercícios eficientes no tempo (GILLEN, GIBALA, 2013;) quando comparado com o exercício aeróbio moderado. Estes resultados vão ao encontro com os encontrados no nosso laboratório, no entanto, deve notar-se que uma maior duração da sessão de exercício foi necessária para realizar a mesma distância de corrida no grupo TAI em comparação com o TAC. Portanto, essa pode ser uma possível limitação quando se aplicam os resultados deste estudo à prática, uma vez que a duração efetiva da sessão para o grupo TAI foi aproximadamente 28% mais longa quando incluídos os intervalos de recuperação.

Outros estudos conduzidos recentemente por nosso grupo têm demonstrado que a sessão de exercício intermitente realizado em alta intensidade quando comparado ao exercício contínuo realizado de maneira contínua ($\sim 70\% VO_{2pico}$) com volume de treino similar (5 km), induz maior gasto energético durante a sessão de exercício (CABRAL-SANTOS, et al. 2015). Os dados obtidos no presente estudo, também demonstram superioridade no gasto energético na sessão do TAI (~ 2300 KJ) quando comparado ao TAC (~ 1900 KJ), reproduzindo os resultados previamente encontrados. Além disso, o gasto energético total do grupo TAI foi maior do que o grupo TAC para completar a mesma distância.

Apesar de não encontramos melhora no VO_2 , foi possível observar uma aprimoramento no desempenho dos indivíduos nos protocolos TAI e TAC, que pode ser justificada pela melhoria na economia de movimento ou de corrida. Segundo Bassett e Howley (2000), a eficiência mecânica é a relação entre o trabalho realizado e a energia gasta, originando o termo "economia de funcionamento", que é usado para expressar a absorção de oxigênio necessária para funcionar a uma determinada velocidade. No entanto, estudos mostram que o HIIT, dependendo do modelo que se seguir e a duração do estímulo pode-se alterar as variáveis como VO_{2max} , Limiar de Lactato e Economia de Corrida (EC) influenciando assim para um melhor desempenho (SANTOS, NAVARRO, 2015).

Denadai et al. (2006) trabalhando com atletas bem treinados os submeteu a quatro semanas de treinamento intervalado ao qual um Grupo treinava a 95% do $VO_2\text{max}$ de intensidade e o outro Grupo a 100% $VO_2\text{max}$ de intensidade, após quatro semanas de treinamento observou uma melhora de 2-3% na EC. Também com o HIIT durante 4 semanas, Ortiz et al. (2008) aplicaram o treinamento e obtiveram melhora apenas no grupo submetido a 100% do $VO_2\text{max}$, melhorando 3,6% a EC.

Assim, equalizar o estímulo de treino ou o tempo de exercício pode induzir resultados diferentes. A aplicação prática destes resultados pode ser utilizados para ajudar a montagem de programas de formação física para algumas populações, devido aos benefícios facilmente acessíveis de uma implementação adequada.

CONCLUSÃO

Tomados em conjuntos, nossos resultados demonstram que a adoção dos diferentes programas de treinamento físico (intermitente de alta intensidade ou moderado contínuo) à curto prazo (6 semanas) pode gerar uma melhora no desempenho, como por exemplo, nos ajustes fisiológicos relacionados a economia de movimento, mas não da capacidade aeróbia em jovens adultos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMSON, S. et al. High intensity training improves health and physical function in middle aged adults. **Biology**, v. 3, n. 2, p. 333-344, 2014.

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R. Assessment and Interpretation of Aerobic Fitness in Children and Adolescents. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 22, n. 1, p. 435-476, 1994.

BABRAJ, J. A. et al. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. **BMC endocrine disorders**, v. 9, n. 1, p. 3, 2009.

BÆKKERUD, F. H. et al. Comparison of Three Popular Exercise Modalities on $\dot{V}O_2$ max in Overweight and Obese. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 3, p. 491-498, 2016.

BAQUET, G.; VAN PRAAGH, E.; BERTHOIN, S. Endurance training and aerobic fitness in young people. **Sports Medicine**, v. 33, n. 15, p. 1127-1143, 2003.

BASSETT JR, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 1, p. 70, 2000.

BERTUZZI, R. C. de M. et al. Energy system contributions in indoor rock climbing. **European journal of applied physiology**, v. 101, n. 3, p. 293-300, 2007.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med sci sports exerc**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BRANDON, L. J. Physiological factors associated with middle distance running performance. **Sports Medicine**, v. 19, n. 4, p. 268-277, 1995.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. **Sports medicine**, v. 43, n. 5, p. 313-338, 2013.

BURGOMASTER, K. A. et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **The Journal of physiology**, v. 586, n. 1, p. 151-160, 2008.

BURNLEY, M. Estimation of critical torque using intermittent isometric maximal voluntary contractions of the quadriceps in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 975-983, 2009.

CABRAL-SANTOS, C. et al. Physiological Acute Response to High-Intensity Intermittent and Moderate-Intensity Continuous 5 km Running Performance: Implications for Training Prescription. **Journal of human kinetics**, v. 56, n. 1, p. 127-137, 2017.

CABRAL-SANTOS, C. et al. Similar Anti-Inflammatory Acute Responses from Moderate-Intensity Continuous and High-Intensity Intermittent Exercise. **Journal of sports science & medicine**, v. 14, n. 4, p. 849, 2015.

DENADAI, B. S. et al. Interval training at 95% and 100% of the velocity at V_{O_2} max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 31, n. 6, p. 737-743, 2006.

DI PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration physiology**, v. 118, n. 2, p. 103-115, 1999.

FORD, P. et al. The long-term athlete development model: Physiological evidence and application. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 4, p. 389-402, 2011.

FORTIER, J. et al. Effects of two field continuous incremental tests on cardiorespiratory responses in Standardbred trotters. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 99, n. 2, p. 244-250, 2015.

GIBALA, M. J. et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **The Journal of physiology**, v. 590, n. 5, p. 1077-1084, 2012.

GIBALA, M. J. et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **The Journal of physiology**, v. 575, n. 3, p. 901-911, 2006.

GILLEN, J. B.; GIBALA, M. J. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 3, p. 409-412, 2013.

GORDON, D. et al. Incidence of the Plateau at $\dot{V}O_{2\max}$ is Dependent on the Anaerobic Capacity. **International journal of sports medicine**, v. 32, n. 01, p. 1-6, 2011.

HASKELL, W. L. et al. Physical activity and public health. Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Circulation**, 2007.

HICKSON, R. C.; BOMZE, H. A.; HOLLOSZY, J. O. Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 42, n. 3, p. 372-376, 1977.

HOFFMANN, U. et al. Influence of Weightlessness on aerobic capacity, cardiac output and oxygen uptake kinetics. In: **Exercise in Space**. Springer International Publishing, 2016. p. 39-62.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, David R.; WELCH, Hugh G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

JONES, A. M. et al. Critical power: implications for determination of VO₂max and exercise tolerance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 10, p. 1876-90, 2010.

KUIPERS, H. et al. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International journal of sports medicine**, v. 6, n. 04, p. 197-201, 1985.

LITTLE, J. P. et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. **Journal of applied physiology**, v. 111, n. 6, p. 1554-1560, 2011.

LITTLE, J. P. et al. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. **The Journal of physiology**, v. 588, n. 6, p. 1011-1022, 2010.

MELCHIORRI, G. et al. Detraining in young soccer players. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 54, n. 1, p. 27-33, 2014.

OGAWA, H. et al. InBody 720 as a new method of evaluating visceral obesity. **Hepato-gastroenterology**, v. 58, n. 105, p. 42-44, 2010.

ORTIZ, M. J. et al. Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de endurance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, n. 3, p. 53-56, 2008.

ÖZYENER, F. et al. Influence of exercise intensity on the on-and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **The Journal of Physiology**, v. 533, n. 3, p. 891-902, 2001.

PANISSA, V. L. G. et al. Can short-term high-intensity intermittent training reduce adiposity?. **Sport Sciences for Health**, v. 12, n. 1, p. 99-104, 2016.

PANISSA, V. L. G. et al. Maximum number of repetitions, total weight lifted and neuromuscular fatigue in individuals with different training backgrounds. **Biol. Sport**, v. 30, p. 131-136, 2013.

PERCIVAL, M. E. et al. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness?. **Appl. Physiol. Nutr. Metab**, Vol. 39, 2015.

POOLE, D. C.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics. **Comprehensive Physiology**, 2012.

RICHARDS, J. C. et al. Short-term sprint interval training increases insulin sensitivity in healthy adults but does not affect the thermogenic response to β -adrenergic stimulation. **The Journal of physiology**, v. 588, n. 15, p. 2961-2972, 2010.

RIVERA-BROWN, A. M.; FRONTERA, W. R. Achievement of plateau and reliability of VO₂max in trained adolescents tested with different ergometers. **Pediatric Exercise Science**, v. 10, n. 2, p. 164-175, 1998.

ROSSITER, H. B.; KOWALCHUK, J. M.; WHIPP, B. J. A test to establish maximum O₂ uptake despite no plateau in the O₂ uptake response to ramp incremental exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 3, p. 764-770, 2006.

SANTOS, C. S.; NAVARRO, A. C. Influência do tipo de treinamento no desempenho de atletas corredores através da economia de corrida. **RBPFE-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 9, n. 52, p. 147-158, 2015.

SILVA, A. E. L.; OLIVEIRA, F. R. de. Consumo de oxigênio durante o exercício físico: aspectos temporais e ajustes de curvas. **Rev. bras. cineantropom. desempenho hum**, v. 6, n. 2, p. 73-82, 2004.

SIITERI, Pentii K. Adipose tissue as a source of hormones. **The American journal of clinical nutrition**, v. 45, n. 1, p. 277-282, 1987.

SKELLY, L. E. et al. High-intensity interval exercise induces 24-h energy expenditure similar to traditional endurance exercise despite reduced time commitment. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 7, p. 845-848, 2014.

WARBURTON, D. ER et al. Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. **The American journal of cardiology**, v. 95, n. 9, p. 1080-1084, 2005.

WESTON, M. et al. High-intensity interval training (HIT) for effective and time-efficient pre-surgical exercise interventions. **Perioperative Medicine**, v. 5, n. 1, p. 2, 2016.

WISLØFF, U. et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients a randomized study. **Circulation**, v. 115, n. 24, p. 3086-3094, 2007.

ZAGATTO, A. et al. Anaerobic contribution during maximal anaerobic running test: correlation with maximal accumulated oxygen deficit. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 21, n. 6, p. e222-e230, 2011.