

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Escola Superior de Educação Física
Programa de Pós-Graduação em Educação Física



Dissertação

**Respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares crônicas a 16 semanas
de treinamento entre protocolo intervalado de alta intensidade tradicional,
calistênico e contínuo de moderada intensidade**

Gustavo Zaccaria Schaun

Pelotas, 2016

GUSTAVO ZACCARIA SCHAUN

**Respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares crônicas a 16 semanas
de treinamento entre protocolo intervalado de alta intensidade tradicional,
calistênico e contínuo de moderada intensidade**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Educação Física
da Escola Superior de Educação Física
da Universidade Federal de Pelotas,
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristine Lima Alberton

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S313r Schaun, Gustavo Zaccaria

Respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares crônicas a 16 semanas de treinamento entre protocolo intervalado de alta intensidade tradicional, calistênico e contínuo de moderada intensidade / Gustavo Zaccaria Schaun ; Cristine Lima Alberton, orientadora. — Pelotas, 2016.

130 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Treinamento intervalado. 2. Capacidade aeróbia. 3. Adaptações neurais. 4. Salto vertical. I. Alberton, Cristine Lima, orient. II. Título.

CDD : 796

Banca examinadora:

Prof^a Dr^a Cristine Lima Alberton (Orientadora);

Prof^a Dr^a Stephanie Santana Pinto;

Prof. Dr. Fabrício Boscolo Del Vecchio;

Prof. Dr. Rodrigo Ferrari da Silva;

Prof. Dr. Airton José Rombaldi (Suplente)

Dedico este trabalho ao meu Deus, que mediante sua graça e misericórdia possibilitou a sua realização, assim como me capacitou a realizá-lo. A Ele seja toda glória e honra, agora e para sempre.

"Assim, meus amados, como sempre obedeceram, não apenas em minha presença, porém muito mais agora na minha ausência, ponham em ação a salvação de vocês com temor e tremor, pois é Deus quem efetua em vocês tanto o querer quanto o realizar, de acordo com a boa vontade dele. (Filipenses 2: 12-13)

Agradecimento

Primeiro, e não poderia ser diferente, gostaria de agradecer imensamente a cada um que compôs a amostra desse estudo. Com certeza sem o empenho e dedicação de vocês e a confiança que depositaram em nós, nada disso teria sido possível. Vocês são muito demais!

Além disso, agradeço ao meu grupo de pesquisa, o LabNeuro. Pessoal, muito obrigado pela oportunidade de conviver com vocês nesses dois anos e aprender com todos em todos os momentos. Agradeço também pelo apoio e dedicação nas coletas e análises, sem vocês esse seria apenas mais um projeto qualquer. Em especial, agradeço a Cris e a Teti pelos exemplos que vocês são de ética e competência.

Pai e Mãe, obrigado pela oportunidade de poder me dedicar a essa empreitada sabendo que conto com o apoio e auxílio de vocês. Sem essa cobertura, nada teria sido possível. Obrigado também pelos exemplos, que moldaram meu caráter e me tornaram a pessoa que eu sou.

Izadora, tu sabes o quanto tu já é especial para mim. Mais especial ainda tu foi nessa reta final, com tuas palavras e teu sorriso, mesmo em meio a tantas correrias e provas. Obrigado por ser uma luz no fim do túnel nos momentos que eu achava que já não tinha mais energia pra nada.

Ao pessoal da JEPEC, JUMPEC e todos da São João que intercederam por esse projeto de alguma forma, em especial ao meu grupo de discipulado, vocês foram grandes amigos na adversidade. Deus foi muito bom em abençoar minha vida com vocês.

Também agradeço a toda a direção e funcionários da ESEF-UFPel, em especial ao pessoal do programa de pós-graduação em Educação Física. Parabéns pelo excelente trabalho que vocês fazem. Assim como aos meus colegas da pós-graduação, foi muito legal estudar e aprender com vocês.

Alnda, não posso abrir mão de agradecer aqueles que me auxiliaram a chegar aqui. Muito obrigado ao GEPETED, na figura do professor Fabrício e ao PET-ESEF. Foram nesses grupos que aprendi o significado de pesquisa e muitas das coisas que eu trago comigo até hoje. Também aproveito para agradecer a toda equipe da DualGym pelos valores e o tempo que pude passar

com vocês. Certamente muito do que pratiquei nesse tempo com vocês fez toda a diferença na hora de organizar e lidar com as coletas e os sujeitos.

Por fim, agradeço imensamente a minha orientadora, Cristine. Talvez eu nunca tenha tido oportunidade de expressar a minha admiração por ti, entretanto, quero que saibas que, mesmo às vezes parecendo distante e relapso, nunca deixei de prestar atenção em cada suspiro teu, buscando aprender e crescer com o teu exemplo ao máximo, processo que me fez ter cada vez mais estima por ti. Nesse sentido, considero que fizesses um excelente trabalho. O Gustavo que defendeu o nosso estudo foi um reflexo disso, o que não teria sido possível sem teu auxílio.

*“Não quero ser manual
Desses feitos pra não ler
E que nenhum sebo quer ter
Muito menos ser jornal
Pra informar ou entreter
Se amanhã embrulho serei*

*Nem quero ser
Um best-seller de ocasião, repetição
Ou mesmo um livro tão genial
Anos à frente do tempo
Mas quem tem tempo?*

*Eu me contento em ser livro de bolso
De papel cheirando a novo
Bom igual conversa de quintal
Poema de esperança em meio à dor
Escrito em fonte arial
Um rascunho à espera da versão final”.*

(Livro de bolso – Cláudio Sant’Ana).

Dissertação de Mestrado

Resumo

O presente estudo objetivou avaliar e comparar as respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares a 16 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade tradicional (HIIT-T); calistênico (HIIT-C) e contínuo de intensidade moderada (CONT). O estudo foi composto por 55 adultos jovens de 18 a 36 anos recrutados de modo voluntário e em seguida aleatorizados em três grupos: HIIT-T ($n = 17$); HIIT-C ($n = 19$); e CONT, o qual serviu de grupo controle ($n = 19$). Os grupos HIIT-T e HIIT-C realizaram 8 séries de esforço de 20 s com intensidades de 130% da velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio ($vVO_{2\text{máx}}$) e *all-out*, respectivamente, alternadas com 10 s de recuperação passiva, ao passo que o CONT treinou 30 min entre 90-95% da frequência cardíaca (FC) correspondente ao segundo limiar ventilatório (LV2), todos com três sessões semanais. Antes e após o programa, os sujeitos foram avaliados quanto as variáveis cardiorrespiratórias: consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) e VO₂ e FC correspondentes ao LV2, assim como economia de corrida (ECO) em velocidade submáxima. Ainda, foram mensuradas variáveis neuromusculares, a saber: amplitude eletromiográfica máxima (EMG) e submáxima (EMG50) dos músculos *reto femoral* (RF), *vasto lateral* (VL) e *deltoide anterior* (DA) em teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM), assim como a potência máxima (POT) absoluta e relativa e a altura de salto nos saltos contramovimento (CMJ) e agachado (SJ) e a taxa de desenvolvimento da força (TDF) média e pico no salto CMJ. Observaram-se incrementos significativos no VO_{2máx} (HIIT-T: 20,25%; HIIT-C: 15,85%; CONT: 22,29%), $vVO_{2\text{máx}}$ (HIIT-T: 12,66%; HIIT-C: 6,10%; CONT: 13,40%), LV2 (HIIT-T: 21,80%; HIIT-C: 12,29%; CONT: 14,74%), ECO (HIIT-T: 7,14%; HIIT-C: 13,36%; CONT: 5,42%), altura de salto CMJ e SJ (HIIT-T: 8,53 e 3,06%; HIIT-C: 6,41 e 10,40%; CONT: 2,18 e 4,37%, respectivamente), POT absoluta no salto SJ (HIIT-T: 1,68%; HIIT-C: 6,35%; CONT: 0,51%), POT relativa nos saltos CMJ e SJ (HIIT-T: 3,88 e 1,23%; HIIT-C: 3,10 e 4,83%; CONT: 0,58 e 1,85%, respectivamente); TDF média e pico no CMJ tanto em 50 ms (103,34% e 68,20%) e 100 ms (44,53% e 44,61%) respectivamente, todos sem diferenças entre os grupos. Para a $vLV2$ também foram observadas melhorias em todos os grupos, porém, o HIIT-T melhorou mais (17,19%) em comparação aos demais (HIIT-C: 8,16%; CONT: 14,83%). Quanto a POT absoluta no salto CMJ houve aumento apenas nos grupos HIIT-T (4,37%) e HIIT-C (4,54%) e não no CONT (-0,75%). Ademais, não houve incrementos na EMG para os músculos RF e VL em nenhum dos grupos em conjunto com uma redução na amplitude EMG no DA. Contrariamente, os resultados de EMG50 revelaram aumento nos músculos RF (HIIT-T: 41,74%; HIIT-C: 16,83%; CONT: 78,40%) e VL (HIIT-T: 30,23%; HIIT-C: 29,46%; CONT: 59,17%) sem diferenças entre treinos e, no DA, a amplitude EMG50 aumentou apenas no grupo HIIT-C (~135%). Conclui-se que os três protocolos são igualmente eficientes para melhora da potência aeróbia máxima, assim como do segundo limiar ventilatório e das forças reativa e explosiva em até 16 semanas de treinamento. Ainda, os treinos não foram capazes de aumentar a amplitude do sinal EMG ao mesmo tempo em que incrementaram a EMG50 nos músculos RF e VL. Por fim, o HIIT-T incrementou mais a $vLV2$ em esteira, enquanto que o HIIT-C foi o único grupo capaz de melhorar a EMG50 no DA.

Palavras-Chave: Treinamento Intervalado; Capacidade Aeróbia; Adaptações Neurais, Salto vertical.

Abstract

This study aimed to evaluate and compare the cardiorespiratory and neuromuscular responses to 16 weeks of traditional (HIIT-T) and calisthenic (HIIT-C) high-intensity interval training as well as moderate intensity continuous training (CONT). The sample was composed by 55 young adults aged 18 to 36 years old, recruited voluntarily and randomized into three groups: HIIT-T ($n = 17$); HIIT-C ($n = 19$); and CONT ($n = 19$), which was employed as a control group. HIIT-T and HIIT-C groups performed eight 20 s effort bouts with intensities of 130% $\text{vVO}_{2\text{max}}$ and *all-out*, respectively, interspersed with 10 s of passive recovery, while CONT trained 30 min at 90-95 % of the heart rate (HR) corresponding to the second ventilatory threshold (VT2). Before and after intervention the subjects were evaluated for cardiorespiratory variables: maximum oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$); VO_2 and HR corresponding to the LV2; as well as running economy (ECO). Furthermore, neuromuscular variables were measured as follows: maximal (EMG) and submaximal (EMG50) electromyographic amplitude for the *rectus femoris* (RF); *vastus lateralis*; and anterior deltoid (AD) muscles during voluntary isometric contraction tests and the maximum absolute and relative power (POT) as well as the jump height in the countermovement (CMJ) and squat (SJ) jumps. Average and peak rate of force development (RFD) was also measured in the CMJ. After intervention, there were significant increases in $\text{VO}_{2\text{max}}$ (HIIT-T: 20.25%; HIIT-C: 15.85%; CONT: 22.29%), $\text{vVO}_{2\text{max}}$ (HIIT-T: 12.66%; HIIT C: 6.10%; CONT: 13.40%), LV2 (HIIT-T: 21.80%; HIIT-C: 12.29%; CONT: 14.74%), ECO (HIIT-T: 7.14%; HIIT-C: 13.36%; CONT: 5.42%), CMJ and SJ height (HIIT-T: 8.53 and 3.06%, HIIT-C: 6.41 and 10.40%; CONT: 2.18 and 4.37%, respectively), SJ absolute POT HIIT-T: 1.68%; HIIT-C: 6.35%; CONT: 0.51%), CMJ and SJ relative POT (HIIT-T: 3.88 and 1.23%; HIIT-C: 3.10 and 4.83%, CONT: 0.58 and 1.85%, respectively) and also peak and mean CMJ's RFD at 50 ms (68.20% and 103.34%) and 100 ms (44.61% and 44.53%) respectively, all without differences between groups. Improvements in the vLV2 were also observed for all groups, however, HIIT-T improved more (17.19%) compared to the others (HIIT-C: 8.16%; CONT: 14.83%). The absolute POT in CMJ increased only in HIIT-T (4.37%) and HIIT-C (4.54%) and not in CONT (-0.75%). Furthermore, there were no increases in the EMG for RF and VL in any of the groups, with a reduction in the EMG amplitude for AD. In contrast, EMG50 results showed an increase for RF (HIIT-T: 41.74%; HIIT-C: 16.83%; CONT: 78.40%) and VL (HIIT-T: 30.23%; HIIT-C: 29.46%; CONT: 59.17%) without differences between groups and, in the AD, EMG50 amplitude increased only in HIIT-C (~135%). It can be concluded that the three protocols are equally effective for improving maximal aerobic power, as well as the second ventilatory threshold and reactive and explosive forces up to 16 weeks of training. Also, they were not able to increase the amplitude of the EMG signal while there were improvements in EMG50 for the RF and VL muscles. Finally, to increase the vLV2, HIIT-T is preferred, while HIIT-C was the only group able to improve EMG50 in AD.

Key-words: Interval Training; Aerobic Capacity; Neural Adaptations; Vertical Jump.

Lista de Abreviaturas e Siglas

ATP	Adenosina trifosfato
CAE	Ciclo alongamento-encurtamento
CIVM	Contração isométrica voluntária máxima
CMJ	Salto com contramovimento
CONT	Treinamento contínuo de moderada intensidade
DA	<i>Deltoide anterior</i>
ECO	Economia de corrida
EF	Exercício Físico
EMG	Eletromiografia de superfície
EMG50	Eletromiografia de superfície a 50% da CIVM
FC	Frequência cardíaca
FCmáx	FC máxima
FCpico	FC pico
HIIT	Treinamento intervalado de alta intensidade
HIIT-C	HIIT calistênico
HIIT-T	HIIT tradicional
LV2	Segundo limiar ventilatório
MET	Equivalente metabólico
PACES	<i>Physical Activity Enjoyment Scale</i>
PCr	Fostato de creatina
PFK	Fosfofrutoquinase
POT	Potência máxima

Qmáx	Débito cardíaco máximo
RF	<i>Reto femoral</i>
RST	Treinamento de <i>sprints</i> repetidos
RUE	Razão de utilização excêntrica
SIT	Treinamento de <i>sprints</i> intervalados
SJ	Salto agachado
S1	Quatro primeiras séries do protocolo HIIT-C
S2	Quatro ultimas séries do protocolo HIIT-C
TDF	Taxa de desenvolvimento da força
Tmáx	Tempo máximo possível de se exercitar na velocidade correspondente ao $\text{VO}_{2\text{máx}}$
T@ $\text{VO}_{2\text{máx}}$	Tempo de exercício com consumo de oxigênio próximo do máximo
VL	<i>Vasto lateral</i>
VE	Ventilação
VCO ₂	Volume de dióxido de carbono produzido
VO ₂	Consumo de oxigênio
VO _{2máx}	Consumo máximo de oxigênio
VO _{2pico}	Consumo pico de oxigênio
vVO _{2máx}	Velocidade associada ao VO _{2máx}
Δ%	Delta percentual

Sumário

1. Introdução	15
1.1 Objetivo geral	18
1.2 Objetivos específicos	18
1.3 Hipóteses	18
2. Revisão de literatura.....	20
3. Materiais e métodos	44
3.1. Amostra.....	44
3.1.1 Perdas na amostra	45
3.2 Delineamento experimental.....	45
3.3 Procedimentos	47
3.3.1 Recrutamento, anamnese e dados antropométricos	47
3.3.2 Protocolos de treino	48
3.3.3 Coleta de dados.....	51
3.4 Processamento de dados.....	58
3.5 Análise estatística	60
4. Resultados	62
5. Discussão.....	73
6. Conclusão	100
Referências	101
Anexos	125

1. Introdução

É demonstrado pela literatura atual que o treinamento contínuo de moderada intensidade é capaz de gerar respostas positivas em diversos desfechos cardiorrespiratórios e metabólicos (GARBER et al., 2011). Essas respostas ocorrem nas mais diversas populações, como em doentes cardíacos ou metabólicos (BEAUCHAMP et al., 2010; ARNARDÓTTIR et al., 2007; HU et al., 2003; TUOMILEHTO et al., 2001), em sujeitos saudáveis (BARTLETT et al., 2012) e podem ser observadas inclusive em corredores ou ciclistas de alto nível, em especial os de média e longa distâncias, visto que a maior parte de seus treinamentos são constituídos por exercícios contínuos de longa duração (LAURSEN, 2010).

Apesar disso, outra estratégia de treinamento que conquistou reconhecimento no âmbito científico é o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), o qual pode ser sumariamente entendido como a realização de intervalos de esforço em alta intensidade alternados por períodos de recuperação passivos ou ativos em intensidades mais amenas (BUCHHEIT E LAURSEN, 2013a). Esse modelo de treinamento já vem sendo empregado na prática desde 1920, no treinamento para provas de longa distância, e investigado na literatura desde meados da década de 60 (BILLAT, 2001). De modo geral, os mecanismos fisiológicos agudos por trás dele, quando praticado no ambiente terrestre e na forma de corrida e ciclismo, especialmente, já são bastante compreendidos (BUCHHEIT E LAURSEN, 2013a). Entretanto, ainda são pouco estudados em protocolos compostos por exercícios que envolvam o corpo todo (GIST et al., 2014).

Quanto às adaptações crônicas provenientes da sua aplicação, assim como o treinamento contínuo, o HIIT é capaz de levar a desfechos cardiorrespiratórios positivos quando ministrado em sujeitos cardíacos (FREYSSIN et al., 2012; IELLAMO et al., 2012; 2014), obesos (ALKAHHTANI et al., 2013), saudáveis (MCKAY et al., 2009; KEMMLER et al., 2014) e atletas (BILLAT, 2001; BUCHHEIT e LAURSEN, 2013a). Com exceção dos atletas de altíssimo nível, o HIIT é singularmente eficiente quando utilizado com vista na melhora da aptidão cardiorrespiratória, normalmente avaliada através do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$; TABATA et al., 1996). Além do mais, já foi demonstrado que o HIIT é capaz de melhorar a capacidade anaeróbia

(TABATA et al., 1996), por exemplo. Nesse contexto, o fator mais importante está associado a tempo-eficiência do HIIT, isto é, a capacidade que esse método de treinamento tem de ser realizado com duração total reduzida e mesmo assim apresentar desfechos positivos (COYLE, 2015). Consequentemente, isto poderia favorecer a aderência aos programas de treinamento, visto que a falta de tempo é fator impeditivo para a prática de exercício físico regular (REICHERT, 2007).

Adicionalmente, a natureza de alta intensidade desses tipos de protocolos impõem sobrecargas sobre o sistema neuromuscular resultando em efeitos agudos e crônicos (BUCHHEIT e LAURSEN, 2013b). Entretanto, ao contrário dos agudos, em especial relacionados à compreensão da fadiga neuromuscular (PAAVOLAINEN et al., 1999a; RACINAIS et al., 2007; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007; 2008; SMITH et al., 2009; BORJI et al., 2013), os efeitos crônicos do HIIT sobre esse sistema não estão claramente definidos nem mesmo nos protocolos tradicionais, como ciclismo e corrida, por exemplo (SCRIBBANS et al., 2016).

Em conjunto a isso, são poucos os estudos que avaliaram as adaptações cardiorrespiratórias do HIIT em períodos de treinamento mais longos, como 16 semanas ou mais. Recente revisão sistemática (MILANOVIC et al., 2015) comparando os incrementos do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ entre protocolos contínuos e intervalados identificou apenas dois estudos com duração igual ou superior a 16 semanas, sendo que ambos empregaram intensidades submáximas (i.e., < 100% $\text{VO}_{2\text{máx}}$). Além disso, na literatura pesquisada foi possível identificar apenas dois estudos que avaliaram as respostas crônicas provenientes da utilização do HIIT em protocolos envolvendo exercícios com o corpo todo, porém, ambos tiveram duração de apenas quatro semanas (GIST et al., 2015; MCRAE et al., 2012).

Dessa forma, tendo em vista os incrementos positivos que o HIIT pode gerar, a identificação de um protocolo de treino que possibilite adaptações positivas dos sistemas cardiorrespiratório e neuromuscular sem a necessidade de equipamentos como esteiras ou bicicletas é de extrema importância por proporcionar uma alternativa àqueles que não têm acesso a tais materiais. Ademais, maiores alternâncias entre exercícios que sejam igualmente eficientes poderiam diminuir a monotonia e aumentar a aderência ao processo

de treinamento (MCRAE et al., 2012), especialmente se esses protocolos forem tempo-eficientes, isto é, puderem ser executados em um curto intervalado de tempo.

1.1 Objetivo geral

Avaliar e comparar as respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares de diferentes modelos de treinamento físico ao longo de 16 semanas de treinamento.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar e comparar as adaptações cardiorrespiratórias – consumo máximo de oxigênio, segundo limiar ventilatório, economia de corrida em velocidade submáxima, frequência cardíaca – a 16 semanas de treino entre protocolo intervalado de alta intensidade tradicional, calistênico e contínuo de moderada intensidade;
- Avaliar e comparar as adaptações neuromusculares – altura de salto e potência máxima absoluta e relativa nos saltos CMJ e SJ, assim como a TDF média e pico no salto CMJ, razão de utilização excêntrica entre os saltos CMJ e SJ e as amplitudes máxima e submáxima do sinal eletromiográfico dos músculos RF, VL e DA em teste de contração isométrica voluntária – a 16 semanas de treino entre protocolo intervalado de alta intensidade tradicional, calistênico e contínuo de moderada intensidade.
- Determinar e comparar as respostas de divertimento a 16 semanas de treino entre protocolo intervalado de alta intensidade tradicional, calistênico e contínuo de moderada intensidade.
- Correlacionar as variáveis: altura de salto CMJ e SJ com as potências máximas absoluta e relativa.
- Determinar e comparar o número de repetições por exercício realizadas durante protocolo calistênico a 8 e 16 semanas de treinamento.

1.3 Hipóteses

Inicialmente, os autores esperavam que as adaptações cardiorrespiratórias e neuromusculares provenientes dos treinamentos de alta

intensidade seriam maiores quando comparadas ao grupo contínuo, no entanto, sem diferença entre eles (i.e., HIIT tradicional e calistênico). Excepcionalmente esperavam-se incrementos mais elevados nas variáveis EMG do músculo DA para o grupo calistênico em comparação aos demais tendo em vista que os exercícios que compõe o protocolo deste apresentam movimentos específicos.

2. Revisão de literatura

Dentre as possíveis modalidades de exercício físico (EF) praticadas, o exercício aeróbio e sua aplicação receberam, e ainda recebem extensa carga de pesquisa (BARKER et al., 2014; BEAUCHAMP et al., 2010; ARNARDÓTTIR et al., 2007; ASTRAND et al., 1960a). Nesse contexto, o modo mais usualmente utilizado é o exercício contínuo de moderada intensidade (CON), o qual pode ser definido como a prática de exercício ininterrupto, com alto volume, dentro da intensidade supracitada (GARBER et al., 2011). Esse tipo de exercício já demonstrou efeitos positivos no condicionamento aeróbio de indivíduos, sejam eles saudáveis (KEMMLER et al., 2014) ou cardíacos, por exemplo (IELLAMO et al., 2012; BEAUCHAMP et al., 2010; ARNARDÓTTIR et al., 2007). Aliado a isso, sabe-se também que elevado condicionamento aeróbio é fator associado a uma menor taxa de morte por todas as causas (NYBO et al., 2010; KODAMA et al., 2009).

Em vista disso, o Colégio Americano de Medicina do Esporte, em suas diretrizes voltadas para o condicionamento cardiorrespiratório, recomenda a realização desse modo de exercício com frequência entre 3 a 5 dias por semana e duração de, pelo menos, 150 min semanais, os quais podem variar de acordo com a população na qual esse tipo de treinamento é aplicado (GARBER et al., 2011).

Considerando a lógica do treinamento e os princípios a ele aplicados, há a necessidade da mensuração da carga aplicada para a correta prescrição desse exercício. Quanto a isso, o treinamento contínuo usualmente pode ser prescrito utilizando-se: o percentual da frequência cardíaca (FC) máxima ou de reserva, o percentual do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), os limiares ventilatórios (primeiro e segundo limiares ventilatórios – LV1 e LV2), a velocidade associada a esse $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($v\text{VO}_{2\text{máx}}$), a potência produzida, entre outros parâmetros que irão variar de acordo com a modalidade na qual o treino será realizado (GARBER 2011; BUCHHEIT e LAURSEN, 2013a) .

Todos esses parâmetros supracitados possuem vantagens e desvantagens e o método mais adequado irá depender da intensidade a ser utilizada, do número de participantes, das suas características e da

disponibilidade temporal do sujeito ou praticante (MANN et al., 2013). Em relação a esse último aspecto, a falta de tempo parece ser um fator impeditivo quanto ao engajamento na prática regular de EF (REICHERT et al., 2007; SEBASTIÃO et al., 2013).

Dentro dessa lógica, o HIIT, o qual pode ser sumariamente caracterizado como a prática de exercício em alta intensidade alternado com períodos recuperativos passivos ou ativos em menores intensidades, pode vir a ser uma estratégia interessante por permitir que sejam realizados estímulos mais intensos de treinamento em um espaço mais curto de tempo (ASTORINO et al., 2012), o qual não seria possível caso a alta intensidade empregada fosse executada continuamente.

Esse tipo de treinamento apresenta, de modo geral, nove variáveis que podem ser modificadas (BUCHHEIT e LAURSEN, 2013a). Elas são: a intensidade e o volume dos intervalos de esforço e recuperação (tidos pelos autores como os quatro fatores mais importantes), o número de intervalos, número de séries, duração e intensidade da recuperação entre séries (os quais corresponderiam ao trabalho total realizado) e por fim, mas não menos importante, a modalidade na qual o protocolo é realizado.

É a partir da manipulação dessas variáveis que se pode criar uma infinidade de protocolos de treinamento. Entretanto, quanto mais variáveis são alteradas, mais difícil é predizer as respostas orgânicas ao protocolo, visto que os sistemas do nosso organismo estão intimamente associados. Com base nisso, os autores propõe a divisão dos protocolos tradicionais de HIIT em quatro categorias: HIIT com intervalos longos; intervalos curtos; treinamento de *sprints* repetidos (RST); e treinamento de *sprint* intervalado (SIT; BUCHHEIT e LAURSEN, 2013a).

O primeiro possui, geralmente, intervalos maiores do que 1min e intensidade próxima ao $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (BUCCHEIT e LAURSEN, 2013b). Esse tipo de treino parece ser uma excelente ferramenta para o aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ tanto com a utilização de recuperações passivas quanto ativas. Para a primeira opção, a duração deve ser relativamente curta ($\leq 3\text{min}$), de modo a não permitir uma grande queda no VO_2 para a repetição subsequente e oportunizar a restauração do conteúdo de fosfato de creatina (PCr), adenosina tri fosfato

(ATP), tamponamento de íons H⁺, regulação da concentração de fosfato inorgânico, entre outros (BUCHHEIT e LAURSEN, 2013a).

Nesses tipos de protocolo, pensando na manutenção da habilidade para repetir estímulos, a recuperação ativa parece não ser a estratégia mais ideal, visto que ela está associada a uma diminuição na reoxigenação muscular, no conteúdo de PCr e acúmulo de lactato sanguíneo quando são utilizados longos períodos em intensidades relativamente elevadas (BELCASTRO & BONEN, 1975; BUCHHEIT et al., 2009), ou períodos muito curtos de intensidades variáveis (DUPONT et al., 2004; SPENCER, 2006). Apesar disso, caso seja escolhido esse modo de recuperação, indicam-se a utilização de períodos mais longos (≥ 4 min; BUCHHEIT & LAURSEN, 2013b) e intensidades não superiores a 40-45% do VO_{2máx} (DUPONT et al., 2004).

Quanto aos protocolos de HIIT considerados curtos, os mesmos apresentam duração maior ou igual a 15 s com intensidades normalmente superiores ao HIIT longo, ou seja, por volta de 100-120% do VO_{2máx}. Ainda, com respeito à intensidade, quando se prescreve esse tipo de treino para sujeitos que apresentam uma cinética de VO₂ mais lenta, por exemplo, idosos ou sujeitos mais descondicionados, intensidades maiores parecem ser importantes para acelerar essa cinética (BERGER & JONES, 2007), tomando-se cuidado com o aumento da participação anaeróbia e da carga neuromuscular associada a esse aumento (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a).

A terceira e quarta categorias de HIIT compreendem os estímulos *all-out*, que nada mais são do que estímulos realizados na maior intensidade à qual o sujeito consegue executá-los (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a). O RST é constituído pela repetição de *sprints* de curta duração (≤ 10 s) com períodos curtos de recuperação (< 60 s). Já os protocolos de SIT são realizados com *sprints* maiores do que 20s e recuperações bem mais longas, entre 2-4min (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a; BUCHHEIT % LAURSEN, 2013b).

Dentro dessa ultima categoria encontramos protocolos de treino baseados no popular teste de Wingate. Ele tem duração de 30s de esforço em intensidade *all-out* e é realizado em cicloergômetro com carga de aproximadamente 7,5% do peso corporal. Quando feito apenas uma vez, é considerado padrão ouro para avaliação da potência anaeróbia e foi proposto em 1974 por grupo de pesquisadores do Instituto Wingate em Israel (BAR-OR,

1987). Além de sua utilização como teste propriamente dito, também tem sido comum sua aplicação em estudos voltados ao campo do treinamento nas mais diferentes áreas e populações (BAYATI et al., 2011; BOGDANIS et al., 2013; ASTORINO & SCHUBERT, 2014; BARKER et al., 2014; GIST et al., 2014; GIST et al., 2015). Nesse caso, são realizadas repetições de séries desse teste como forma de gerar estímulos intermitentes de alta intensidade, normalmente, com intervalos de recuperação de aproximadamente 4 min.

Cada uma dessas categorias, de modo amplo, sobrecarrega de forma distinta os diversos sistemas corporais, tais como o sistema cardiovascular, metabólico, neural, musculoesquelético, entre outros e, a partir disso, gera adaptações em graus e magnitudes diferentes. Esse tópico será abordado mais adiante e a seguir, será realizada uma breve comparação entre os treinamentos CON e HIIT.

2.1 Adaptações do treinamento contínuo versus intervalado de alta intensidade

Devido às vantagens claras da identificação de um método de treinamento que seja tempo-eficiente, a temática do treinamento intervalado de alta intensidade em comparação ao treinamento contínuo tradicional já vem sendo estudada há muitos anos, como mencionado anteriormente, nas mais diversas áreas e linhas de pesquisa.

Ao que tudo indica o início dos estudos comparativos entre esses métodos datam da década de 1960 (BILLAT, 2001), a exemplo dos estudos de Edward A. Fox, que, em militares, testou a utilização desses dois protocolos quanto às suas respostas metabólicas. Ainda, auxiliou na identificação dos mecanismos pelos quais os atletas que treinavam com estímulos intervalados conseguiam realizá-los em intensidades bem próximas às de prova por um período prolongado, com ênfase no metabolismo da fosfocreatina, sua ressíntese e reutilização em *sprints* consecutivos (MATHEWS et al., 1966).

Adaptações moleculares. Desde então, os métodos de treinamento contínuo e intervalado foram testados, por exemplo, na síndrome metabólica, entendida atualmente como a associação de diversos fatores, entre eles: diabetes mellitus tipo 2; resistência à insulina; dislipidemias; hipertensão e

circunferência abdominal aumentada (TJONNA et al., 2008; GRUNDY et al., 2004). Adicionalmente, a sensibilidade à insulina periférica (músculo esquelético) pode ser elevada através do aumento do número de transportadores de glicose ou da capacidade mitocondrial nesse tecido (GIBALA et al., 2012).

Nesse sentido, o conteúdo de PGC-1 α , conhecido por coordenar a biogênese mitocondrial (BURGOMASTER et al., 2008), duplicou em apenas 6 semanas de treinamento (3 sessões semanais) sem diferença entre os grupos de treino CON e HIIT (BURGOMASTER et al., 2008). Entretanto, vale a pena atentar para o fato de que o tempo de treino semanal era 90% menor no grupo que treinou de modo intervalado.

Esses achados são importantes visto que a resistência à insulina parece estar associada com diversos fatores de risco para doenças cardiovasculares, entre eles dislipidemia, hipertensão, hiperglycemia (REAVEN, 1988) e estratégias que possam ser capazes de modificar esse quadro são de extrema importância do ponto de vista clínico. Além disso, a obesidade também está intimamente relacionada com essa resistência à insulina e a última parece ser mediada, em partes, pela dificuldade de oxidação de gordura (ALKAHHTANI et al., 2013; GRUNDY et al., 2004). Estudo comparando seis sessões (3 sessões semanais ao longo de duas semanas), de SIT (4-6 Wingates e ~2,5h de tempo total em exercício) com CON (90-120min a ~65% do VO_{2máx} e ~10,5h de tempo total em exercício) demonstrou um aumento na capacidade (tanto na atividade, quanto no conteúdo proteico) oxidativa (através da citrocromo c oxidase e suas subunidades II e IV) em 16 indivíduos ativos, sem diferenças entre os grupos. Entre as possíveis razões, os autores afirmam que a capacidade que o SIT tem de gerar adaptações rápidas nesse metabolismo está associada com a alta capacidade de recrutamento de fibras musculares (em especial fibras tipo II). Isso ocorre devido à ativação de quinases e fosfatases que atuam em cascadas metabólicas e seriam ativadas por distúrbios induzidos por contrações (GIBALA et al., 2006; TAKAHASHI et al., 1998).

Gordura corporal. Esse efeito de maior recrutamento muscular, o qual foi mencionado na sessão anterior, parece estar vinculado à intensidade do estímulo e ser um componente importante dos protocolos de HIIT (GOLLNICK

et al., 1974) e pode ser um diferencial desse método em relação ao CON. Entretanto, a maior oxidação de gordura por si só pode não ser suficiente para uma maior oxidação da massa de gordura, mas deve-se atentar também para a interação entre a maior oxidação de gordura e o hábito alimentar (ALKAHTANI et al., 2013), o qual pode definir o sucesso de intervenções que objetivam reduzir a gordura corporal (SEAGLE et al., 2009). Nesse sentido, o treino intervalado parece gerar inibição da ingesta alimentar compensatória quando realizado em alta intensidade (-19%) comparado a intensidade moderada (+38%; ALKAHTANI et al., 2014).

Mais especificamente em relação ao excesso de gordura abdominal, com ênfase na gordura visceral, à qual é responsável por maior secreção de diversas adipocinas, entre elas o fator de necrose tumoral-alfa ou TNF- α e outras que estariam ligadas à processos pró-inflamatórios e sintomas da síndrome metabólica (HSUEH & LAW, 2003), o treinamento com estímulos de alta intensidade parece promover uma maior redução da gordura abdominal visceral e subcutânea quando comparado com o CON em 16 semanas de treinamento com mulheres adultas obesas (IRVING et al., 2008). Contudo, deve-se ter cautela tendo em vista o controle nutricional inadequado e o fato do grupo HIIT (3 sessões semanais com intensidade entre 15 e 17 na escala de percepção subjetiva de esforço de Borg e 2 sessões semanais entre 10 e 12) apresentar gasto calórico total maior em relação ao grupo CON (5 sessões semanais com intensidades entre 10 e 12 da escala de percepção subjetiva de esforço de Borg).

Quando a diminuição da gordura subcutânea foi controlada pelo gasto calórico, encontrou-se uma redução nove vezes maior nesse desfecho para o grupo que treinou de modo intervalado (15 semanas com sessões de 10-15 tiros de 15 a 30s ou 4-5 tiros de 60 a 90s ambos com recuperação até FC diminuir para 120-130 batimentos por min) quando comparado ao treinamento de *endurance* (20 semanas; 4-5 sessões semanais de 30-45min e intensidade de 60-85% FC reserva) em adultos jovens (TREMBLAY et al., 1994). Porém, a associação direta entre a intensidade do exercício e a redução da gordura visceral ainda é um campo de estudo que deve ser melhor estudado (VISSERS et al., 2014).

Adaptações em desfechos clínicos. Além disso, outra área de suma importância é a recuperação e reabilitação. Moholdt et al. (2012) demonstraram em sujeitos que haviam tido infarto do miocárdio que protocolo de HIIT (4x4min ~85-95% alternados por 3min ~70% da FC_{pico}) aumentou mais o VO_{2máx} do que protocolo CON, ambos realizados 2 vezes por semana. Apesar disso, houve aumento das variáveis: função endotelial e adiponectina sérica, assim como redução da ferritina sérica sem diferença entre os grupos. Em conjunto com esses dados, os mesmos autores demonstraram posteriormente que para o mesmo protocolo HIIT (4x 4min:3min de recuperação ativa entre 60-70% FC_{máx}), a maior intensidade (>92% FC_{máx}) de esforço era fator determinante para adaptação do VO_{2pico} em pacientes com doença arterial coronária (MOHOLDT et al., 2014) quando realizados por 12 semanas (2 sessões semanais).

Em pacientes com insuficiência cardíaca, Wisloff e colaboradores (2007), observaram um maior aumento do VO_{2pico} ($p<0,001$) e economia de trabalho em intensidade submáxima, no grupo que treinou HIIT (4x 4min 90-95% VO_{2pico} alternado por 3min à 50-70% VO_{2pico}) quando comparado ao treino CON (47min 70-75% FC_{pico}), 46% contra 14% respectivamente, realizados de modo isocalórico durante 12 semanas (3 sessões semanais). Esse fato possivelmente ocorre devido à natureza intermitente do HIIT, visto que os períodos de recuperação permitem estímulos em maiores intensidades (requerendo maior capacidade de bombeamento) quando comparados ao CON (WISLOFF et al., 2007). Inclusive, o treino intervalado foi capaz de reduzir o conteúdo de proBNP, marcador de hipertrofia e severidade da insuficiência cardíaca, em 40%, o que não ocorreu no grupo CON.

Na doença pulmonar obstrutiva crônica, protocolo de 3:3min ($\geq 80\%$ da potência pico – P_{pico} – alternado com 30-40% P_{pico}, 2 sessões semanais) parece gerar respostas semelhantes ao CON (30-40% P_{pico}, 2 sessões semanais) na capacidade de exercício (HIIT: $11\pm 7W$, $p<0,001$; CON: $11\pm 12W$) em 16 semanas de treinamento (2 sessões semanais). Porém, para as variáveis VO₂, produção de dióxido de carbono (VCO₂) e ventilação por min (V_E), o grupo HIIT apresentou maiores reduções para uma mesma velocidade submáxima do que o grupo CON, indicando uma maior redução no custo de oxigênio e ventilação (ARNARDÓTTIR et al., 2007), atentando-se para o fato

de que os treinos eram realizados de forma isovolumétrica (~39min) e ambos os sujeitos realizavam treinamento resistido uma vez por semana. De encontro a esses resultados, revisão sistemática publicada em 2010 de BEAUCHAMP et al. (2010) não encontrou diferença entre os ganhos do HIIT e CON para as variáveis P_{pico} , $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e V_E , mas encontrou superioridade do treinamento intervalado no aumento da capacidade de exercício. Apesar disso, os autores apontam que se deve ter cautela, visto que em seis dos oito artigos analisados o trabalho total foi equiparado entre protocolos e que houve uma diferença absoluta muito pequena na potência entre os estímulos de alta intensidade e contínuos (entre 5-15W). Esse fato pode não ter permitido um estresse fisiológico adequado aos grupos intermitentes, ao passo que, em conjunto com os intervalos de recuperação, esse estresse fosse menor que os grupos contínuos (BEAUCHAMP et al., 2010).

Consumo máximo de oxigênio. Dentre as possíveis variáveis de interesse em relação às adaptações ao HIIT e CON, as mais importantes seriam aquelas relacionadas às respostas cardiorrespiratórias, com ênfase no consumo de oxigênio (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a). O $\text{VO}_{2\text{máx}}$, por exemplo, é considerado como o melhor preditor único tanto para morte por todas as causas quanto para eventos cardíacos entre pacientes com doença cardiovascular (KAVANAGH et al., 2002) e o aumento de apenas 1 MET (equivalente metabólico que corresponde a um consumo de oxigênio de ~3,5ml·kg·min⁻¹) está associado a redução de 13% no risco de morte por todas as causas (KODAMA et al., 2009). Por esse motivo, nos dedicaremos agora a comparação entre esses métodos quanto às variáveis cardiorrespiratórias, com foco nas respostas do VO_2 .

Estudos que avaliaram pacientes com insuficiência cardíaca pós-infarto encontraram aumentos significativos ($p<0,05$ em ambos) e respostas semelhantes no aumento do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ entre os métodos HIIT (4x 4:3min ~75-80/45-60% FC de reserva) e CONT (30-45min ~45-60% FC de reserva) ambos 12 semanas de treinamento, sendo ~15% quando realizados 3 vezes por semana (IELLAMO et al., 2014) e ~22% quando houve progressão do volume de treino (2 sessões semanais nas primeiras 3 semanas com acréscimo de 1 sessão a cada 3 semanas, totalizando 5 sessões semanais nas últimas 3;

IELLAMO et al., 2012). Entretanto, pode-se postular que, caso a intensidade utilizada no protocolo intermitente fosse relativamente mais alta, poderia ter-se encontrado respostas melhores no mesmo, como demonstrado por Freyssin et al. (2012) com estímulos de 50-80% da potência máxima (apesar desse estudo apresentar algumas limitações no protocolo contínuo). Essa lógica se baseia no fato de que, para sujeitos com cinéticas de VO₂ mais lentas, como é o caso desses estudos, maiores intensidades poderiam favorecer o alcance de valores de VO₂ mais próximos do máximo (BERGER & JONES, 2007) e isso parece ser essencial para melhores adaptações do sistema cardiorrespiratório (MIDGLEY & MCNAUGHTON, 2006). Complementarmente, Moholdt et al. (2014), com doentes cardíacos demonstrou que havia diferença das adaptações de VO_{2pico} entre sujeitos que se exercitaram em três intensidades distintas (<88%; 88-92%; 92-95% FC_{máx}) por 12 semanas (2 sessões semanais), com superioridade da maior intensidade ($p<0,05$).

Quanto às intervenções com sujeitos saudáveis, o HIIT apresentou melhorias semelhantes ao CON (~4,5% e 7%, respectivamente) em 12 adultos com protocolo de 8-12x de 1min a 120% do VO_{2máx} quando comparado com 90-120min à 65% VO_{2máx} realizados em 8 sessões ao longo de 19 dias. Apesar das respostas não haverem sido significativamente diferentes entre treinos, o tempo de prática e o volume total de treino foram divergentes, correspondendo a 160 e 825min ($p<0,001$) e ~1800kJ e ~8500kJ ($p<0,001$) respectivamente (MCKAY et al., 2009).

De semelhante modo, Scribbans et al. (2014) encontraram aumento de 13,9 e 15,5% no VO_{2pico} ($p<0,05$) sem diferenças entre os grupos em 6 semanas de treinamento (4 sessões semanais) com HIIT de baixo volume (8x 20s à 170% do VO_{2pico} com 10s recuperação passiva) e CON (30min à 65% VO_{2pico}). Melhoras sem diferenças entre grupos já haviam sido demonstrados por Tabata et al. (1996) com protocolo HIIT semelhante ($p<0,01$) contra contínuo à 70% do VO_{2pico} por 60min ($p<0,01$), realizados cinco vezes por semana também por 6 semanas. Apesar dos sujeitos haverem treinado uma sessão a mais no segundo estudo, a falta de diferença entre as adaptação provenientes desses dois estudos pode indicar a necessidade de um período recuperativo maior entre os protocolos, para uma correta manutenção e adaptação aos estímulos, visto que os sujeitos nos dois estudos eram

fisicamente ativos e apresentavam capacidades cardiorrespiratórias semelhantes no *baseline* ($\sim 52 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; BILLAT et al., 1999) ou então, de que há um teto adaptativo para esse tipo de sobrecarga, sendo preciso reorganizar e possivelmente aumentá-la de acordo com os objetivos da periodização proposta.

Já em atletas de alto rendimento, em especial os de *endurance* ou longas distâncias, os quais, tradicionalmente realizam grandes volumes de treinamento em intensidades relativamente baixas (BILLAT et al., 2001), a aplicação de protocolos de HIIT substituindo uma pequena parcela do seu treino contínuo parece ser uma estratégia interessante (BILLAT et al., 1999; BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a; BUCHHEIT & LAURSEN, 2013b). Corredores amadores conseguiram aumentar o seu $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em aproximadamente 5,9%, 6% e 3,6% com a utilização de protocolos CON (20-30min; 90% v $\text{VO}_{2\text{máx}}$; $p<0,0001$), HIIT longo (4-6x 4:2min; 130% v $\text{VO}_{2\text{máx}}$; $p<0,0001$) e HIIT curto (30-40x 15:15s; 115% v $\text{VO}_{2\text{máx}}$; $p<0,01$) em seis semanas de treinamento três vezes por semana (FRANCH et al., 1998).

Esses resultados seriam favoráveis à utilização de protocolos contínuos de alta intensidade, porém, é necessário chamar a atenção ao fato de que os protocolos de 15:15s (com recuperação passiva) já foram demonstrados como não ideais para o alcance e manutenção do tempo no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($T@VO_{2\text{máx}}$) durante a sessão de treino. Tal fator parece ser determinante para estressar o sistema de transporte e utilização de oxigênio ao máximo (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a), apesar de não ser o único (i.e., mecanismos adaptativos periféricos, por exemplo), com o intuito de gerar melhorias no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e na performance (BILLAT et al., 2001). Além disso, a pequena janela de treinamento que tais atletas possuem pode predispor-los apenas a incrementos pequenos no $\text{VO}_{2\text{max}}$. Nesse contexto, outros fatores passam a ter maior relevância no desempenho e *performance* competitiva, como a economia de corrida (BONACCI et al., 2009; BARNES 2014).

Adaptações submáximas. Ainda, adaptações de cunho submáximo também são importantes. Nesse sentido, incrementos no LV2 podem possibilitar um aumento na capacidade do indivíduo realizar trabalho em intensidades mais altas por um maior tempo (BUNC et al., 1987). Estudos

prévios já demonstraram que tanto o treinamento contínuo quanto o intervalado de alta intensidade são eficazes para modificar positivamente essa variável. Denis et al. (1982) demonstraram que 40 semanas de treinamento contínuo em bicicleta ergométrica (1 h com intensidade de 80-85% $\text{VO}_{2\text{máx}}$; 3x/sem) foram capazes de aumentar em ~10% o LV2 de adultos saudáveis.

Smith et al. (2003), por sua vez, observaram em atletas treinados ($\text{VO}_{2\text{máx}} = 61,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) que 4 semanas de treino geraram aumento significativo de ~6,8% no grupo que realizou seis esforços com duração de 60% do tempo máximo que os sujeitos conseguiam manter a velocidade associada ao $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($T_{\text{máx}}$), ao mesmo tempo que não identificaram melhora naqueles que realizaram cinco esforços à 70% do $T_{\text{máx}}$ (ambos os protocolos com duração aproximada de 1 h; 2x/sem; relação esforço:pausa de 1:2) ou grupo controle que manteve o treinamento contínuo de baixa intensidade e longa duração. Ainda, os autores apontam que o $T@VO_{2\text{máx}}$ gerado pelo protocolo a 60% poderia ser o responsável por essa melhor adaptação, visto que os outros dois treinos proporcionariam um menor $T@VO_{2\text{máx}}$ em comparação a este.

Edge e colaboradores (2005) treinaram mulheres jovens recreacionalmente treinadas ($\text{VO}_{2\text{máx}} = 42 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) durante cinco semanas com frequência de três sessões semanais. Elas foram separadas em dois grupos experimentais: (i) treinamento intervalado de alta intensidade, com 4 a 10 esforços de 2 min em intensidades de 120 a 140% do LV2, alternados com 1 min de recuperação passiva; e (ii) grupo contínuo de moderada intensidade, o qual realizou de 12 a 30 min de esforço em intensidades de 85 a 95% do LV2; ambos em cicloergômetro e equalizados quanto ao trabalho total realizado. Após o período de treino, os grupos apresentaram incrementos semelhantes no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ (~12 e 10%, respectivamente) e no LV2 (~8 e 10%, respectivamente) ambos sem diferenças entre os grupos. Segundo os autores, em sujeitos não treinados, incrementos de curto prazo na aptidão aeróbia são semelhantes quando os protocolos de treino são equalizados em termos de trabalho total, mesmo com diferenças entre as intensidades empregadas.

Outro estudo (LAURSEN et al., 2005) demonstrou, em ciclistas e triatletas altamente treinados ($\text{VO}_{2\text{máx}} = 64,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), que três protocolos diferentes de HIIT foram capazes de aumentar o LV2 de maneira semelhante

após 4 semanas de treinamento com frequência de duas sessões semanais. Esses atletas haviam sido divididos em quatro grupos: (i) 8x 60% $T_{máx}$ associada a P_{pico} e relação esforço pausa 1:2; (ii) mesmo protocolo que o grupo (i), porém com recuperação baseada no retorno da FC a 65% da $FC_{máx}$; (iii) 12x 30 s a 175% da P_{pico} com 4,5 min de recuperação passiva; e (iv) grupo controle. Os autores observaram incrementos de ~15; ~15 e 9% entre os grupos intervalados (sem diferença entre eles) e nenhum aumento no grupo controle. Ainda, em artigo recentemente publicado (NAKAHARA et al., 2015), empregou-se protocolo de HIIT em homens jovens ($VO_{2máx} = 46,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) com frequência de apenas uma sessão semanal durante 12 semanas. O protocolo consistia na execução de 3 esforços em cicloergômetro a 80% da potência máxima até a exaustão com 2 min de recuperação ativa (0W) entre os esforços. Após a intervenção, os autores identificaram um aumento de 21% no LV2 e 11% no $VO_{2máx}$.

Finalmente, Burke e colegas (1994) compararam as adaptações em LV2 após sete semanas de treinamento com frequência de 4 sessões por semana. Nessa investigação, mulheres jovens ($VO_{2máx} = 40 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) foram divididas entre dois grupos de HIIT, sendo que o primeiro realizou estímulos de 30:30 s e o segundo, 2min:2min, ambos até exaustão e com intensidades de 85-95% $VO_{2máx}$. Após a intervenção foram identificados incrementos de 18,5 e 19,5% no LV2, sem diferença entre eles. Todavia, os autores não reportam a duração total das sessões de treinamento.

Esses resultados, quando agrupados, sugerem que a intensidade empregada no treinamento pode ser um fator importante para uma melhor adaptação do LV2 ao treinamento, especialmente a manutenção de intensidades mais altas (SMITH et al., 2003). Além disso, apesar de quando equalizados quanto ao trabalho total, os incrementos entre tipos de treino serem sugeridos como semelhantes em sujeitos menos treinados (EDGE et al., 2005), ainda é necessário um maior esclarecimento e comparação das adaptações do LV2 frente a protocolos que sejam tempo-eficientes, isto é, tenham uma duração por sessão reduzida e mesmo assim sejam capazes de gerar benefícios dada a importância que incrementos no LV2 podem produzir.

Adaptações neuromusculares. Quanto ao componente neuromuscular, pouquíssimos estudos avaliaram o seu comportamento dentro do objetivo do presente estudo. De fato, encontramos apenas um estudo que realizou análise eletromiográfica dos músculos vasto lateral e vasto medial e este o fez apenas no SIT (4-10 sprints em cicloergômetro; 30 s *all-out* alternados por 4min à 50W; 2 vezes por semana; CREER et al., 2004) com o intuito de avaliar as adaptações neurais a inserção de 4 semanas de treinamento de HIIT ao treinamento contínuo habitual de ciclistas treinados ($\text{VO}_{2\text{max}} = 56 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Os autores identificaram aumento (~27% no grupo experimental; $p < 0,05$) nos valores RMS para o músculo VL após o período de treino. Sendo assim, o treino HIIT pode ser uma estratégia eficiente na melhora da amplitude do sinal EMG. Porém, desconhecemos ensaios que realizaram a comparação entre esses dois modos de treinamento (i.e., contínuo e intervalado), assim como aqueles que tenham avaliado protocolos que envolvam exercícios para o corpo todo e as diferenças nas adaptações neuromusculares entre eles poderiam ser apenas especuladas.

Diante dos resultados supracitados, como já havia sido sintetizado por Buchheit e Laursen (2013a), as respostas adaptativas dos protocolos de HIIT são extremamente dependentes da manipulação das suas variáveis (ver seção 2). Em vista disso, o próximo bloco desta revisão irá se dedicar a elencar as respostas agudas a esse tipo de treinamento.

Antes disso, vale a pena atentar para o ponto de que isso não significa que o HIIT seja necessariamente melhor que o treinamento contínuo, mas apenas que o primeiro, conforme demonstrado anteriormente, parece ser tempo-eficiente em relação ao segundo (METCALFE et al., 2012; SCRIBBANS et al., 2016), gerando resultados globais semelhantes em menos tempo de estímulo por sessão. Entretanto, a sua utilização está relacionada à capacidade dos sujeitos aderirem ao programa, conseguirem suportar a realização dos estímulos de alta intensidade e sua preferência (BEAUCHAMP et al., 2010).

Junto a isso, a alternância de estímulos é fator essencial para a periodização do treinamento (FLECK & KRAEMER, 2006) e a respectiva adaptação. Logo, não se deve, sumariamente, descartar a realização de um estímulo em detrimento de outro, mas sim, dentro de uma lógica de progressão de cargas, organizar os ciclos de treino (e não apenas os de atletas, mas da

população em geral) para não permitir a estagnação e, consequentemente, proporcionar a adequada adaptação de acordo com os objetivos e tempo disponível.

2.2 Efeitos do HIIT a nível agudo

Respostas cardiorrespiratórias e metabólicas. A presente seção objetiva sintetizar os efeitos e repercussões mais comuns em nível agudo do emprego do treinamento intervalado de alta intensidade. Essas respostas já têm sido estudadas há mais de 50 anos como, por exemplo, os estudos pioneiros do grupo de Astrand (ASTRAND et al., 1960a; 1960b). Os autores avaliaram as respostas de VO_2 , V_E e FC a quatro diferentes protocolos de HIIT: 30:30s; 1:1min; 2:2min e 3:3min (ASTRAND et al., 1960a). Os resultados demonstraram que para durações menores, 30s e 1min, os sujeitos parecem não sobrecarregar o sistema circulatório e respiratório (menor consumo de O_2 e menor FC) quando comparado aos esforços mais longos (2 e 3min). Os autores propuseram que o possível mecanismo por trás desses resultados seria a reoxigenação da mioglobina e que esta serviria como estoque de oxigênio no músculo, contribuindo para a realização dos estímulos subsequentes durante seus segundos iniciais.

Sendo assim, nos estímulos de menor duração esse oxigênio diminuiria a demanda por oxigênio via circulação, gerando menor sobrecarga sobre o sistema cardiorrespiratório, e consequentemente, menor $T@VO_{2\text{máx}}$, demonstrado também em estudo posterior publicado pelo mesmo grupo (ASTRAND et al., 1960b). Ainda, demonstrou que períodos recuperativos curtos de 30s já seriam suficientes para gerar reoxigenação suficiente das mioglobinas.

Com base nessas respostas agudas, podemos tomar o estudo longitudinal de Gorostiaga et al. (1991) como exemplo. Os autores demonstraram que protocolo de 30:30s a 100% $v\text{VO}_{2\text{máx}}$ com recuperação passiva foi capaz de aumentar significativamente o consumo máximo de oxigênio (9-16%) em oito semanas de treinamento. No entanto, durante as sessões os sujeitos alcançaram, em média, apenas 70% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, podendo indicar que essa adaptação seria oriunda de outros mecanismos e em concordância com as implicações agudas da reoxigenação da miohemoglobina

proposta anteriormente (ASTRAND et al., 1960a; 1960b). Posteriormente, estudo transversal avaliou o mesmo protocolo (30:30s a 100% vVO_{2máx}) realizado com recuperação ativa a 50% da vVO_{2máx} (BILLAT et al., 2000) e demonstrou que a utilização desse modo de recuperação permitiu que 7 corredores treinados alcançassem T@VO_{2máx} de, em média, 7min e 51s ± 6 min e 38s durante essa sessão e realizassem média de 19 ± 6 tiros demonstrando, possivelmente, a incapacidade de reoxigenação dessas miohemoglobinas e maior necessidade do organismo de se valer do sistema cardiorrespiratório, fato demonstrado pelo maior consumo de oxigênio na sessão com recuperação ativa. Apesar disso, corredores de elite parecem não alcançar o VO_{2máx} com protocolo de 30/30s (105/50% vVO_{2máx}; GAJER et al., 2003).

Nessa perspectiva, Buchheit e Laursen (2013a) em sua revisão indicam, em protocolos de HIIT curtos, a utilização de recuperações passivas iguais ou menores a 20s ou ativas em períodos recuperativos de maior duração com o intuito de manter o VO₂ em níveis mais elevados nos estímulos subsequentes. No caso de protocolos de HIIT com intervalos longos, o ideal parece ser a utilização de, preferencialmente, recuperação passiva em períodos de no máximo 2-3min ou, em vista da redução da concentração de lactato sanguíneo ou ativa de pelo menos 3-4min em intensidade submáxima. Adicionalmente, HIIT curto (60:30s 100% vVO_{2máx}) não apresentou diferença para protocolo longo (em torno de 2min:2min) quanto ao T@VO_{2máx} durante a sessão (MILLET et al., 2003) e, com base nisso, os primeiros autores sugerem a utilização de protocolos de HIIT curtos com relação esforço:pausa maiores do que 1 ou então intervalos longos para um melhor aproveitamento do T@VO_{2máx}. Treinamentos baseados em SIT e RST parecem não serem opções ideais para esses tipos de resposta (manutenção de T@VO_{2máx}), visto que, apesar de alcançarem valores de VO₂ associados ao máximo, o tempo total nessa condição durante as sessões é extremamente baixo (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a).

Quanto às respostas metabólicas, por sua característica de elevada ou máxima intensidade, o HIIT apresenta alta demanda do metabolismo da fosfocreatina (PCr) e da glicólise anaeróbia. Bogdanis et al. (1995) demonstrou que, imediatamente após *Sprint* máximo de 30s, havia depleção de PCr para

valores de cerca de $19,7 \pm 1\%$ em relação aos valores pré-esforço ($p < 0,01$). Essa concentração retornou para aproximadamente 65, 75 e 85% dos valores de base 2, 4 e 6min após ($p < 0,01$ para as 3 situações) e o % da concentração de PCr em relação aos valores de repouso se correlacionou positivamente com a potência pico produzida em estímulo subsequente ($r = 0,71$ - $0,86$; $p < 0,05$). Os autores apontam que a fase rápida da ressíntese do PCr é oxigênio-dependente e esta, por sua vez, depende do fluxo sanguíneo. Como os intervalos desse estudo se deram de forma passiva, a utilização de esforços em intensidades menores durante os intervalos relativamente longos do estudo poderia potencializar essa recuperação, como já apontado na seção anterior, visto que, principalmente após os intervalos de 4 e 6min, haveria uma queda acentuada no consumo de oxigênio e isso poderia prejudicar a recuperação entre estímulos.

Nessa direção, como os estoques de PCr são rapidamente degradados em 10s ou menos, o restante da duração do esforço (nesse exemplo, 20s), irá depender do metabolismo aeróbio e glicolítico anaeróbio (BOGDANIS et al., 1995) em diferentes proporções relacionadas ao restante do tempo do estímulo e sua intensidade. Em outro estudo dos mesmos autores, a realização de um segundo *Sprint* de 30s e *all-out* com 4min de recuperação entre eles não demonstrou diminuição da produção de ATP na mesma proporção que a queda da geração por via anaeróbia (~18% e ~41%, respectivamente). A acentuada queda na via anaeróbia está em conformidade com a queda do pH a qual continuou caindo durante o segundo *Sprint* e estaria possivelmente associada ao aumento de íons H^+ , os quais, por sua vez, têm efeito inibitório na fosfofrutoquinase (PFK), principal enzima reguladora da glicólise (BOGDANIS et al., 1996).

Sendo assim, o aumento no VO_2 observado durante o segundo *Sprint* em relação ao primeiro (~18%; $p < 0,01$) demonstrou uma maior participação do metabolismo aeróbio, fato que explicaria essa menor queda na produção de ATP. Ressalta-se que o protocolo utilizado nesse estudo era *all-out*, logo, em protocolos de HIIT submáximos ou com intensidades não tão altas, participações e inibição do componente glicolítico em diferentes magnitudes podem ser observadas. Conjuntamente, Gaitanos et al. (1993) já haviam demonstrado que a participação da glicólise anaeróbia apesar de alta durante o

primeiro *sprint* de 6s (~45%), correspondia a apenas 18% após o décimo, com intervalo de 30s passivos entre eles. Apesar dessa queda, a potência média no último *sprint* correspondia a 73% do primeiro, indicando novamente uma possível maior participação do metabolismo aeróbio (embora não analisado nesse estudo), visto que o aumento dos íons H⁺ além de inibir a PFK, aumentaria a atividade da piruvato desidrogenase e, consequentemente, o metabolismo aeróbio (GAITANOS et al., 1993).

Paralelamente, Buchheit e Laursen (2013a) argumentam que é possível caracterizar precisamente as respostas fisiológicas agudas de uma seção de HIIT com base: (i) nos processos metabólicos: degradação de ATP e PCr; na produção de energia por parte da glicólise anaeróbia; e no metabolismo aeróbio de carboidratos e gorduras (os quais já foram brevemente comentados). ii) na sobrecarga neuromuscular e (iii) no estresse musculoesquelético.

Respostas neuromusculares. Embora ainda hajam lacunas, a literatura científica têm demonstrado extensivamente as respostas cardiorrespiratórias e metabólicas por parte de sessões de HIIT (BUCHHEIT & LAURSEN 2013a; BUCHHEIT & LAURSEN, 2013b; BONACCI et al., 2009; GIBALA, 2009; BILLAT, 2001). No entanto, as respostas neuromusculares desse método não tem recebido a mesma atenção (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013b; BONACCI et al., 2009). Apesar disso, essas mesmas respostas em situações como o treino resistido e de endurance (corrida, ciclismo, *triathlon*) já receberam um olhar mais aprofundado (BUCHHEIT, 2012; TEMFEMO et al., 2007; MILLET et al., 2004; JUNG, 2003; PAAVOLAINEN et al., 1999a; JOHNSTON et al., 1997). Corredores de *cross-country* de elite e não elite demonstraram tempos de prova significativamente diferentes em corrida única de 10 km ($36,3 \pm 1,2$ e $39,2 \pm 2,0$ min; $p < 0,001$; respectivamente) apesar de valores de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ semelhantes ($69,7 \pm 4,3$ e $68,2 \pm 2,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Entretanto, o grupo sub-elite, apresentou valores de tempo de contato, pré-ativação muscular e de eletromiografia de superfície maiores em relação ao grupo elite na fase de propulsão, assim como diminuição de variáveis neuromusculares pós-corrida de 10 km quando comparados aos valores mensurados antes da corrida (PAAVOLAINEN et al., 1999a). Assim sendo, a análise dos parâmetros

neuromusculares e biomecânicos associados pode realmente ser de suma importância na compreensão das respostas a um estímulo de treino.

Finalmente, embora protocolos de HIIT com intervalos longos tenham sido sugeridos como uma das melhores opções para o aumento do componente cardiorrespiratório, sob uma ótica aguda, o controle da carga neuromuscular em tais situações pode ser de difícil realização devido à duração dos estímulos em intensidades elevadas (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013b). Além disso, esse fator merece um cuidado especial visto que uma sobrecarga excessiva pode ser lesiva ao sujeito ou então afetar as adaptações que seriam provenientes do acúmulo das sobrecargas agudas ou interferir na realização de outras sessões de treino.

2.3 Adaptações do HIIT a nível crônico

Para uma melhor divisão das respostas crônicas geradas pelo HIIT elas serão, quando possível, divididas em duas categorias: protocolos submáximos/máximos e protocolos supramáximos.

2.3.1 Respostas cardiorrespiratórias e cardiometabólicas

Quanto às adaptações cardiorrespiratórias ao HIIT, elas podem dar-se com base em diferentes aspectos. O mais reconhecido deles é o aumento no $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Porém, esse tipo de treinamento já demonstrou ser capaz de reduzir a frequência cardíaca de repouso (IELLAMO et al., 2014), pressão arterial diastólica de repouso (IELLAMO et al., 2014), regulação autonômica (HEYDARI et al., 2013; CORNELISSEN & FAGARD, 2005), função endotelial, a qual parece ter respostas melhores quando maiores intensidades são utilizadas (SMART et al., 2012), assim como aumento nos percentuais dos limiares ventilatórios (BURKE et al., 1994).

Além disso, alguns autores defendem que o treinamento intervalado de alta intensidade se baseia amplamente em adaptações periféricas (SLOTH et al., 2013; MACPHERSON et al., 2011; BURKE et al., 1994). Essa afirmativa é verdadeira, como demonstrado, por exemplo, por pesquisas do grupo da universidade MacMaster a respeito das mudanças metabólicas no músculo esquelético (GIBALA et al., 2006; GIBALA et al., 2007; GIBALA et al., 2014) e que serão abordadas mais adiante. Na contramão disso, Wisloff et al. (2009)

apontam, em sua revisão sobre o tema, que o HIIT é eficaz em causar adaptações positivas na funcionalidade contrátil dos cardiomiócitos (KEMI et al., 2005) e na hipertrofia fisiológica dos mesmos, adaptações de cunho central. Contudo, essas adaptações parecem ser volume-, intensidade- e protocolo-dependente e devemos ter cuidado ao compará-las.

Complementarmente, considerando que $\text{VO}_{2\text{máx}}$ é o produto do débito cardíaco máximo ($Q_{\text{máx}}$) e diferença arteriovenosa máxima de oxigênio (MIDGLEY et al., 2006), pode-se esperar que mudanças (centrais e periféricas, respectivamente) nos componentes relacionados a elas levem, consequentemente, a mudanças no $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Como a $\text{FC}_{\text{máx}}$ normalmente diminui ou permanece a mesma em resposta ao exercício, as mudanças nesse parâmetro estariam associadas, em indivíduos saudáveis realizando exercícios máximos, ao volume de ejeção. Nessa direção, todas as adaptações acima relacionadas poderiam ser plausíveis para um aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ causado pelo HIIT, em conformidade com Midgley et al. (2006).

Protocolos submáximos e máximos. Com base nisso, estudos com duração de 2 até 12 semanas foram realizados. Astorino e Schubert (2014) encontraram melhora de $25,1 \pm 9,5\%$ no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em mulheres sedentárias com 12 semanas de treinamento entre 60-90% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (3 sessões semanais; 6-10x 1:1min). Outro estudo, em homens obesos, com 10 semanas de duração demonstrou que quatro sessões semanais de 4:3min à 90% $\text{FC}_{\text{máx}}$ e 70% $\text{FC}_{\text{máx}}$ em homens obesos é capaz de gerar uma melhora de ~13% nesse mesmo componente em conjunto com 15% de aumento no pulso máximo de O_2 (TJONNA et al., 2013). Quanto a esses dados, os autores atestam que com base no aumento do pulso máximo de O_2 , os aumentos no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ocorreram em virtude de incremento no volume de ejeção.

Ainda, Alkahtani et al. (2013; 2014) comparando protocolos intervalados de moderada (5min:5min ~45% $\text{VO}_{2\text{máx}}$) e alta (30:30s; 90% $\text{VO}_{2\text{máx}}$) intensidade durante 4 semanas (3 sessões semanais; ~37,5min e 18,7min de exercício por sessão) em homens obesos não encontraram diferença entre protocolos para aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$. No entanto, os incrementos foram de apenas 0,8 e 1,9%) sem diferença entre os grupos. Incrementos esses relativamente pequenos quando comparados aos 13% do estudo de Tjonna et

al. (2013), com população semelhante. Considerando que as intensidades entre os protocolos de alta intensidade não possuíam diferenças muito grandes, pode-se hipotetizar que os 30s de recuperação no protocolo de Alkahtani et al. não devessem permitir a manutenção de um $\text{VO}_{2\text{máx}}$ elevado e por conseguinte, menor $T@ \text{VO}_{2\text{máx}}$ e volume de ejeção. Não menos importante, havia uma diferença de aproximadamente 9min no tempo de prática entre esses protocolos (27 vs. 18,7min), o que pode haver influenciado nas respostas adaptativas, demonstrando, caso essa suposição seja verdadeira, que apesar da intensidade ser fator determinante, ao menos em protocolos submáximos, o volume também desempenha papel relevante na manutenção de algumas adaptações.

Estudo publicado no mesmo ano (BOYD et al., 2013) pode ajudar a esclarecer alguns aspectos relevantes a isso. Nele, foi demonstrada uma maior responsividade e aumento em maior magnitude no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ associado com aumento do pulso de O_2 para o grupo que utilizou o treinamento à 100% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ quando comparado ao mesmo protocolo (3 semanas; 3 sessões semanais; 1:1min; recuperação ativa sem carga) à 70% $\text{VO}_{2\text{máx}}$, já demonstrando uma possível dependência da intensidade para as adaptações desse modo de treinamento com sujeitos obesos.

Já em sujeitos saudáveis, tanto protocolos de 30:30s quanto 2:2min à 80-95% $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (realizados até a exaustão) parecem ser capazes de elevar o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (6 e 5%) em 7 semanas de treinamento (4 sessões semanais) sem diferença entre os grupos (BURKE et al., 1994). Com períodos menores, 2 semanas (3 sessões semanais), 10x de 4:2min à 90% $\text{VO}_{2\text{máx}}$ geraram incremento de 13% no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (TALANIAN et al., 2006). Esse estudo colabora com a ideia de que algumas adaptações do sistema cardiometabólico acontecem de modo muito mais rápido do que se acreditava há algum tempo atrás. Desse modo, quando possível, é importante realizar a correta progressão da carga a fim de se maximizar os ganhos.

Entretanto, sabe-se que quanto mais treinado for o sujeito, menor será a sua janela de adaptação, ou seja, menor será a magnitude com que dada variável poderá ser aumentada. Sendo assim, o que se encontra em sujeitos altamente treinados são aumentos pouco expressivos no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e, deste modo, intensidades mais altas (entre 90 e 100% $\text{VO}_{2\text{máx}}$) tornam-se essenciais

para tais adaptações, quando estas ainda são possíveis (DENADAI et al., 2006).

Protocolos supramáximos e all-out. Dentre os protocolos de HIIT, o treinamento baseado em SIT, mais especificamente em repetições do protocolo de Wingate (ver seção 2), parece ser uma ferramenta interessante para a melhora do componente cardiorrespiratório e metabólico (SLOTH et al., 2013).

Grupo que vem dando ênfase a esse tipo de HIIT é o de Gibala. Em estudos publicados em 2006, duas semanas de treinamento (3 sessões semanais; 4-7x Wingate com 4min de recuperação) não geraram resultados positivos no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ de homens saudáveis (BURGOMASTER et al., 2006; GIBALA et al., 2006). De acordo com os autores, a falta do aumento no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ poderia sugerir que adaptações periféricas, ao invés de centrais, estariam por trás do aumento na performance. De forma semelhante, MacPherson et al. (2011) ao não encontrarem incrementos no $Q_{\text{máx}}$ associado com aumento no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em protocolo de 4 a 6 tiros de 30s em intensidade *all-out* em esteira (6 semanas; 3 sessões semanais) também sugerem que mecanismos periféricos estariam por trás dessas respostas, em concordância com revisão realizada sobre o tema (SLOTH et al., 2013).

Assim sendo, além das melhorias avaliadas diretamente pelo $\text{VO}_{2\text{máx}}$, o HIIT é capaz de gerar, por exemplo, adaptações metabólicas à nível molecular e enzimático. Uma delas é o aumento da capacidade oxidativa no músculo, normalmente avaliada através da atividade máxima ou do conteúdo proteico de algumas enzimas mitocondriais e comumente associadas ao treinamento de endurance (GIBALA & MCGEE, 2008; HOOD et al., 2011; JACOBS et al., 2013). Nesssa lógica, aumento no conteúdo de co-ativador-1 alfa do receptor ativado por proliferador de peroxissoma ou simplesmente PGC-1 α foi evidenciado em homens e mulheres após 6 semanas de HIIT baseado na repetição de 4-6 Wingates (3 sessões semanais) (BURGOMASTER et al., 2008) e esses resultados estão de acordo com a noção de que mesmo após 3h da realização da sessão, já existe uma maior expressão de PGC-1 α mRNA e fosforilação de MAPK e AMPK, proteínas associadas à cascatas de sinalização para a biogênese mitocondrial (GIBALA et al., 2009). Apesar de uma maior expressão de mRNA não significar, necessariamente, que haverá aumento no

conteúdo proteico e mitocondrial, os autores indicam que em seu laboratório já haviam identificado respostas adaptativas em apenas 2 semanas de treino. Essas informações indicam que, conforme já evidenciado com o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ na seção anterior, tais respostas podem ocorrer em tempo muito mais curto do que imaginado.

Conjuntamente com os estudos de SIT, outros protocolos supramáximos também foram testados em pesquisas. Utilizando-se protocolo de 8x de 20s de esforço (170% $\text{VO}_{2\text{pico}}$ com 10s de recuperação ativa pedalando sem carga), observou-se aumento de ~19% na capacidade aeróbia em apenas 4 semanas de treinamento (4 sessões semanais; MA et al., 2013). Tais valores estão próximos aos incrementos demonstrados por Tabata et al. (1996) com a utilização do mesmo protocolo de treinamento. Ainda, ambos os estudos demonstraram melhorias na capacidade anaeróbia (~12 e 23%, respectivamente), ou seja, os sujeitos tornaram-se capazes de trabalhar em intensidades mais elevadas por um tempo mais elevado.

Outro estudo que ilustra a eficiência dos protocolos supramáximos, apesar do baixo volume de treinamento, é o estudo de McRae et al (2012). Nele, os autores testaram a utilização de exercícios calistênicos (*burpees*, *mountain climbers*, polichinelo e *squat & thrusts*, sendo apenas um exercício realizado em cada sessão), onde foram realizadas 8 séries de 20s:10s em intensidade *all-out* como alternativa à protocolo contínuo de alta intensidade (30min à 85% $\text{FC}_{\text{máx}}$) em mulheres jovens fisicamente ativas. O estudo teve duração de 4 semanas (4 sessões semanais) e avaliou parâmetros fisiológicos como potência aeróbia e resistência muscular. Após o período de treino, observou-se aumento de aproximadamente 7-8% no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ sem diferença entre os dois grupos. Quanto às respostas de resistência muscular, houve aumento do número de repetições para os exercícios extensão de joelho (40%), supino (207%), flexão de solo (135%), abdominal (64%) e tempo de extensão lombar (175%) e esses valores foram significativamente maiores que os do grupo de *endurance*.

2.4. Respostas neuromusculares

Gerais. Certos fenômenos têm sido apontados como adaptações neuromusculares a partir da prática de exercícios de força explosiva, entre eles

o aumento do *stiffness* músculo-tendíneo, maior retorno da energia elástica (derivada do ciclo alongamento-encurtamento) e especialmente a economia de corrida (BONACCI et al., 2009).

A maior parte dos estudos que avaliaram essas adaptações analisaram atletas de *endurance* com base na crença de que a *performance* de *endurance* é influenciada por características neuromusculares (NOAKES, 1988). Paavolainen et al. (1999b) encontraram, em 9 semanas, aumento de aproximadamente 8,1% na economia de corrida e 3,1% na performance de 5km, entre outras variáveis analisadas com a substituição de 32% (15-90min) das horas de treinamento de *endurance* dos sujeitos por exercícios de força explosiva: *sprints* de 20-100m e diferentes exercícios de salto. Apesar dos resultados positivos, as medidas utilizadas no estudo foram medidas indiretas e não se pode inferir que essas adaptações realmente se traduzem em padrões de recrutamento muscular mais eficientes ou que estas são responsáveis por uma maior economia de corrida, visto que esse fenômeno pode ser induzido por adaptações metabólicas, cardiorrespiratórias, biomecânicas e/ou neuromusculares (BARNES, 2014). De fato, uma *performance* superior na corrida e no ciclismo, em atletas treinados, é sinal de uma maior adaptação neuromuscular a qual leva a um padrão de recrutamento muscular mais refinado (BONACCI et al., 2009).

Como alternativa às técnicas indiretas, a técnica de eletromiografia (EMG) é capaz de medir o sinal ou potencial elétrico propagado no músculo esquelético durante atividade neuromuscular (DeLUCA, 1997) e parece ser ferramenta interessante para mensuração das adaptações neuromusculares no exercício de *endurance* (BONACCI et al., 2009). Porém, deve-se ter muito cuidado na utilização e tratamento do sinal proveniente dessa técnica para a mensuração do sinal verdadeiro e não de artefatos ou ruídos associados devido ao exercício dinâmico e movimento dos cabos (KONRAD, 2005).

Quanto aos estudos de EMG, a maior parte dos ensaios encontrados, os quais buscaram associar essa técnica ao treinamento intervalado o fizeram para comparar a função muscular e respostas de fadiga neuromuscular (SMITH et al., 2009; BORJI et al., 2013; NICOLÒ et al., 2014), quase sempre avaliações agudas, através do limiar de fadiga eletromiográfico (KENDALL et

al., 2010), o qual parece ser uma ferramenta interessante e fisiologicamente ligada com o limiar anaeróbio.

Apenas um estudo identificado (CREER et al., 2004) realizou avaliação neuromuscular das adaptações crônicas provenientes do treinamento intervalado com a utilização da EMG de superfície. No entanto, diferente do presente ensaio, a modalidade estudada foi o ciclismo e o protocolo utilizado foi determinado pela realização de 4-10 séries de Wingate com 4min de recuperação ativa (50W) entre eles durante 4 semanas (2 sessões semanais) em adição ao treinamento convencional dos atletas. Através de teste de *sprints* repetidos com 4 séries de Wingate e 4min de recuperação ativa a 50W realizado pré e pós intervenção, os autores demonstraram que esse tipo de prática foi capaz de gerar um aumento no recrutamento de fibras do músculo vasto lateral e diminuição da mediana da frequência em atletas de endurance treinados ($\text{VO}_2\text{máx}$: $\sim 56 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) durante a execução do teste de *sprints* repetidos. Apesar de esses resultados serem animadores quanto às adaptações do SIT, o estudo não realiza a normalização dos dados coletados durante a situação dinâmica. Tal técnica é fortemente indicada e utilizada para tentar minimizar a grande variabilidade presente no sinal EMG e permitir uma melhor comparação entre sujeitos durante tais situações (DeLUCA, 1997).

Sendo assim, a avaliação das respostas neuromusculares crônicas provenientes do treinamento intervalado de alta intensidade ainda carece de maior abordagem científica para a correta identificação das suas possibilidades adaptativas e, em momento posterior, dos mecanismos exatos responsáveis por tais respostas. Complementarmente, a comparação dessas respostas com exercícios que fujam das modalidades tradicionalmente utilizadas (corrida e ciclismo, por exemplo) pode auxiliar na melhora da compreensão desses estímulos e correta prescrição de treinamentos voltados ao componente neuromuscular que possam ser mais específicos a outras modalidades ou que sirvam como outras opções durante as mais diversas práticas.

3. Materiais e métodos

3.1. Amostra

O presente estudo foi composto por 55 adultos jovens (idade: $23,73 \pm 0,65$ anos; estatura: $1,79 \pm 0,01$ m; massa corporal: $78,51 \pm 1,73$ kg). Esses homens foram recrutados de modo voluntário na cidade de Pelotas através de nota veiculada em jornal de grande circulação na região e mídia visual compartilhada em redes sociais. Depois de recrutados, os participantes foram alocados aleatoriamente em três grupos distintos: grupo HIIT tradicional (HIIT-T; n = 17); grupo HIIT composto por exercícios calistênicos (HIIT-C; n = 19) e grupo contínuo de alta intensidade (CONT; n = 19). Como critérios de exclusão, os sujeitos não poderiam, durante o período de treinamento, estar engajados em alguma prática de exercício físico com regularidade ($>1x$ por semana); apresentarem quadro de agravo cardiometabólico; ou estarem utilizando medicamentos de modo contínuo ou que pudessesem de alguma forma interferir nos sistemas endócrino e/ou neuromuscular. Ainda, seriam excluídos da análise estatística aqueles sujeitos que não conseguissem manter uma frequência de, pelo menos, 80% das sessões de treinamento, ou faltassem a três sessões consecutivas. Contudo, nenhum sujeito foi excluído por essa razão.

Quanto aos hábitos alimentares, foi solicitado a todos que fizessem registro das refeições realizadas nas 24h pré-testes no *baseline* e que repetissem essas refeições nos dias anteriores às coletas subsequentes (ALKAHTANI et al 2013; 2014). Já em relação às 16 semanas de treino, solicitou-se que os mesmos procurassem manter os hábitos alimentares regulares. Ainda, os sujeitos foram instruídos a não se alimentarem nas 3h imediatamente anteriores aos testes, a se absterem da prática de exercícios intensos nas 24h prévias e que não utilizassem substâncias estimulantes como: café, chimarrão, álcool, entre outros, também 24h antes dos mesmos.

Antes da realização de qualquer um dos testes ou procedimentos, todos leram, concordaram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo I) e o projeto foi aprovado pelo comitê de ética da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas (CAAE 49499415.0.0000.5313).

3.1.1 Perdas na amostra

Conforme pode ser observado na Figura 1, inicialmente 60 sujeitos, os quais haviam concluído a sessão de familiarização, foram aleatorizados entre os três grupos, todos com o mesmo número de participantes ($n = 20$). Contudo, antes do início dos testes, cinco sujeitos desistiram de participar por motivos pessoais. Dessa forma, os 55 participantes restantes concluíram os testes pré-intervenção.

Assim, a intervenção iniciou com os grupos divididos da seguinte forma: HIIT-T ($n = 17$); HIIT-C ($n = 19$) e CONT ($n = 19$). Ao longo do programa houve 14 perdas. Destas, 11 ocorreram ainda nas primeiras oito semanas, com as três restantes na segunda metade. Quanto às razões, seis sujeitos alegaram falta de tempo para continuarem o programa de treinamento (HIIT-T = 3; HIIT-C = 3); quatro se lesionaram em atividades não ligadas ao protocolo de treino (i.e., partida de futebol; HIIT-C = 3; CONT = 1); um acabou sofrendo acidente de trânsito (CONT = 1) e não possuía condições físicas para realização do treinamento; um dos sujeitos foi transferido a trabalho para outra cidade (CONT = 1); um alegou estar passando problemas familiares (CONT = 1); e, por fim, um dos sujeitos do grupo HIIT-C, após a primeira semana de treinos não considerou o protocolo de treino interessante.

Deste modo, concluíram o programa de treino 41 sujeitos, divididos da seguinte forma: HIIT-T ($n = 15$); HIIT-C ($n = 12$); CONT ($n = 14$). Adicionalmente, para análise dos dados foram utilizados apenas os resultados daqueles que concluíram o programa.

3.2 Delineamento experimental

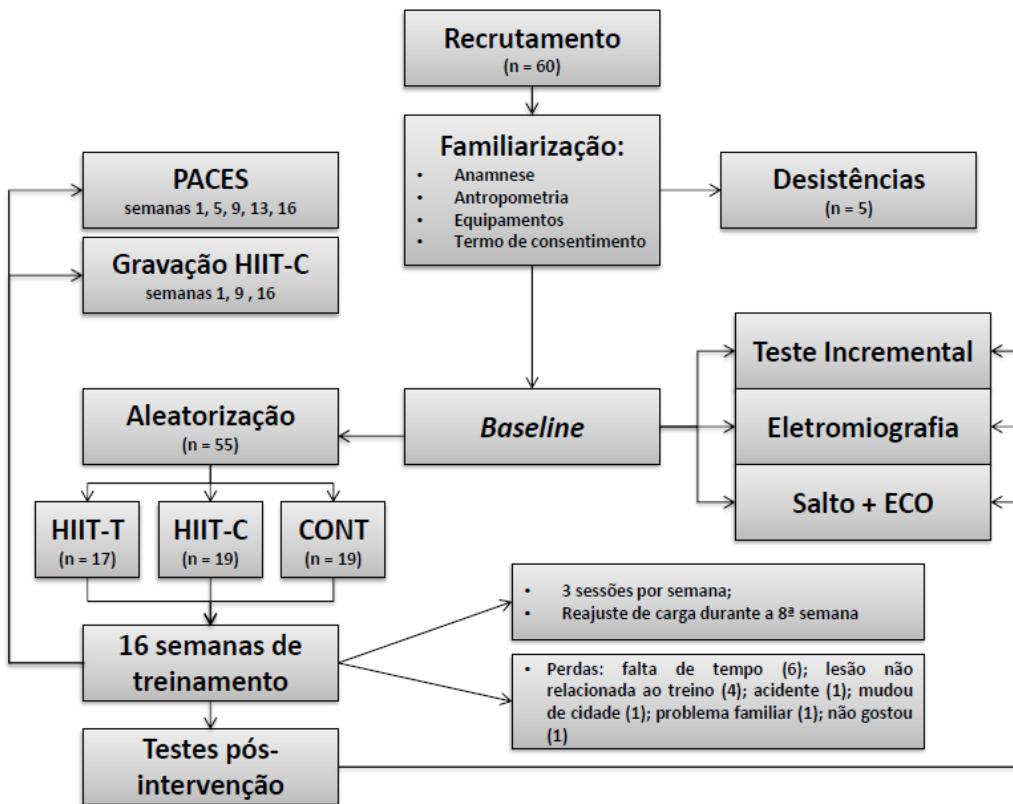
Duas semanas antes do início do treinamento foi realizada a primeira visita ao laboratório, a qual foi composta por anamnese, coleta de dados antropométricos assim como pela familiarização com os procedimentos e equipamentos. Ressalta-se que durante essa visita os sujeitos foram familiarizados com os exercícios que compuseram os três protocolos experimentais, com a máscara utilizada durante as coletas de gases, os saltos e os exercícios isométricos.

Na semana imediatamente anterior ao programa, os testes de *baseline* foram realizados, na seguinte ordem: (i) teste incremental máximo; (ii) testes de

contração isométrica voluntária máxima (CIVM) associado à EMG e célula de carga e (iii) salto com contramovimento (CMJ) e salto agachado (SJ) e economia de corrida. Esses testes, que serão explicados posteriormente, tiveram intervalo de 48h entre as sessões de coleta e o tempo entre o último deles e o início do treino foi de, no mínimo, 72h. Depois de transcorridos os testes, os sujeitos foram sorteados entre os três grupos supracitados por alocação aleatória simples.

Realizada essa divisão e respeitando-se o intervalo adequado entre as coletas de *baseline*, os sujeitos foram submetidos a 16 semanas de treinamento de acordo com o grupo sorteado, com frequência de três sessões semanais (totalizando 48 sessões), com o mínimo de 48h entre elas e, preferencialmente, no mesmo horário durante todo o decorrer do estudo. Ainda, o teste incremental foi repetido durante a semana oito para reajuste da carga e todos os procedimentos realizados no *baseline* foram repetidos na décima sexta semana com a primeira sessão de avaliação ocorrendo com, pelo menos, 48h de intervalo do último dia de treino (Figura 1). Para evitar interferência do ciclo circadiano nos resultados dos testes, o mesmo horário de realização foi mantido entre todas as avaliações pré- e pós-intervenção (\pm 2 horas). Adicionalmente, todos os testes foram realizados por avaliadores cegados quanto ao grupo experimental dos sujeitos e as coletas ao início e após o programa foram realizadas sempre pelos mesmos avaliadores.

Por fim, a percepção de divertimento dos sujeitos foi avaliada nas semanas 1, 5, 9, treze e dezesseis e o grupo HIIT-C teve as sessões: inicial, imediatamente pós-teste incremental e final gravadas para mensuração do número de repetições executadas ao longo do programa.



3.3 Procedimentos experimentais

3.3.1 Recrutamento, anamnese e dados antropométricos

Com base nos anúncios veiculados, os sujeitos que entraram em contato com os pesquisadores preencheram uma primeira ficha para triagem de suas características e quando não se enquadram nos critérios de inclusão, receberam um agradecimento pelo contato e foram informados que seus dados seriam armazenados para posteriores pesquisas. Aqueles que se encaixaram nos critérios de inclusão foram convidados para comparecerem a uma primeira sessão de familiarização com os equipamentos (i.e., esteira, exercícios calistênicos, saltos, máscara), onde responderam à ficha de anamnese (Anexo II), foram avaliados quanto a medidas de estatura em cm (resolução de 1mm) e massa em kg (resolução de 100g) em balança digital (FILIZOLA, São Paulo, Brasil) para posterior cálculo do IMC ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$).

Além disso, para estimativa da densidade corporal utilizou-se o protocolo de sete dobras cutâneas (peitoral, tricipital, supra-ilíaca, axilar-medial, abdominal, subescapular e femoral) proposto por Jackson e Pollock (1978) com uso de plicômetro (CESCORF, Porto Alegre, Brasil) e posterior estimativa do percentual de gordura através da equação de Siri (1993). Finalmente, conheceram e experimentaram os equipamentos e exercícios que foram utilizados nos testes..

3.3.2 Protocolos de treino

Treinamento intervalado de alta intensidade tradicional. O protocolo de HIIT-T foi realizado em esteira motorizada (KIKOS® KX 9000, São Paulo, Brasil), sem inclinação. Os sujeitos foram submetidos a aquecimento de 4 min com intensidade correspondente a 90-95% da velocidade associada ao LV2 determinado no teste incremental (intensidade semelhante ao protocolo CONT). Em seguida, realizaram 8 séries de 20s de esforço alternadas com 10 s de recuperação passiva. A intensidade utilizada nos períodos de esforço correspondeu a 130% da velocidade associada ao $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($\text{vVO}_{2\text{máx}}$) obtido a partir de teste incremental.

Esse protocolo apresentou relação de esforço e pausa semelhante ao proposto por Tabata et al. (1996) em seu protocolo de alta intensidade, porém contou com uma redução da intensidade dos esforços de 170 para 130% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Tal adaptação decorreu do ergômetro escolhido e de observações realizadas em nosso laboratório que demonstraram que sujeitos fisicamente ativos não foram capazes de concluir o teste de maneira correta em esteira, quando comparado à bicicleta ergométrica que tem potência fixa, mas possibilita consequente redução na frequência de pedalada ao longo das séries, o que permite um melhor ajuste dos sujeitos.

Treinamento intervalado de alta intensidade calistênico. As sessões de treino do grupo HIIT-C foram realizadas da mesma maneira que as do grupo HIIT-T. Inicialmente, os sujeitos completaram 4 min de aquecimento e, em seguida, as 8 séries de 20s alternadas com 10s de recuperação passiva. Entretanto, não foi utilizado nenhum tipo de ergômetro e a intensidade não foi baseada no teste de esforço máximo.

A intensidade dos exercícios foi *all-out* e, como explicado anteriormente, correspondeu à máxima intensidade na qual o sujeito conseguiu realizar os exercícios propostos ao longo de todo o protocolo. Esse tipo de prescrição pode apresentar a limitação da subjetividade da intensidade de execução por parte do sujeito, porém, durante todas as sessões os mesmos receberam forte estímulo verbal para garantir que mantivessem o máximo esforço até o fim e, ainda, três sessões ao longo do programa foram gravadas com o intuito de garantir que os sujeitos não iriam reduzir o número de execuções ao longo do programa. Em segundo lugar, ao invés da aplicação das séries em esteira, os intervalos de esforço foram compostos pela realização alternada de exercícios considerados calistênicos, ou seja, sem a utilização de aparelhos e ritmados.

Os exercícios aplicados durante as séries foram os mesmos incluídos no estudo de McRae et al. (2012): *burpees*; *mountain climbers*; *squat & thrusts*; e polichinelo (os quais podem ser observados na Figura 2) e foram utilizados nessa ordem. Essa sequência de quatro exercícios foi realizada duas vezes, correspondendo, assim, às oito séries de esforço. Ainda, o aquecimento foi realizado exatamente como o treinamento, porém, os exercícios foram executados em baixa intensidade (auto-selecionada).

Originalmente, McRae et al. (2012) empregaram halteres de 2,25 kg para execução do exercício de *squat & thrusts* pelas mulheres que compuseram a amostra. A partir da massa corporal média do grupo calistênico desses autores (66,70 kg) foi estabelecida uma regra de três simples em conjunto com a massa corporal média de nosso grupo calistênico para estimar um valor para o peso dos halteres. Dessa forma, encontrou-se um valor de 2,80 kg e, na impossibilidade de utilização de halteres com essa massa, adotou-se 3 kg como valor final.

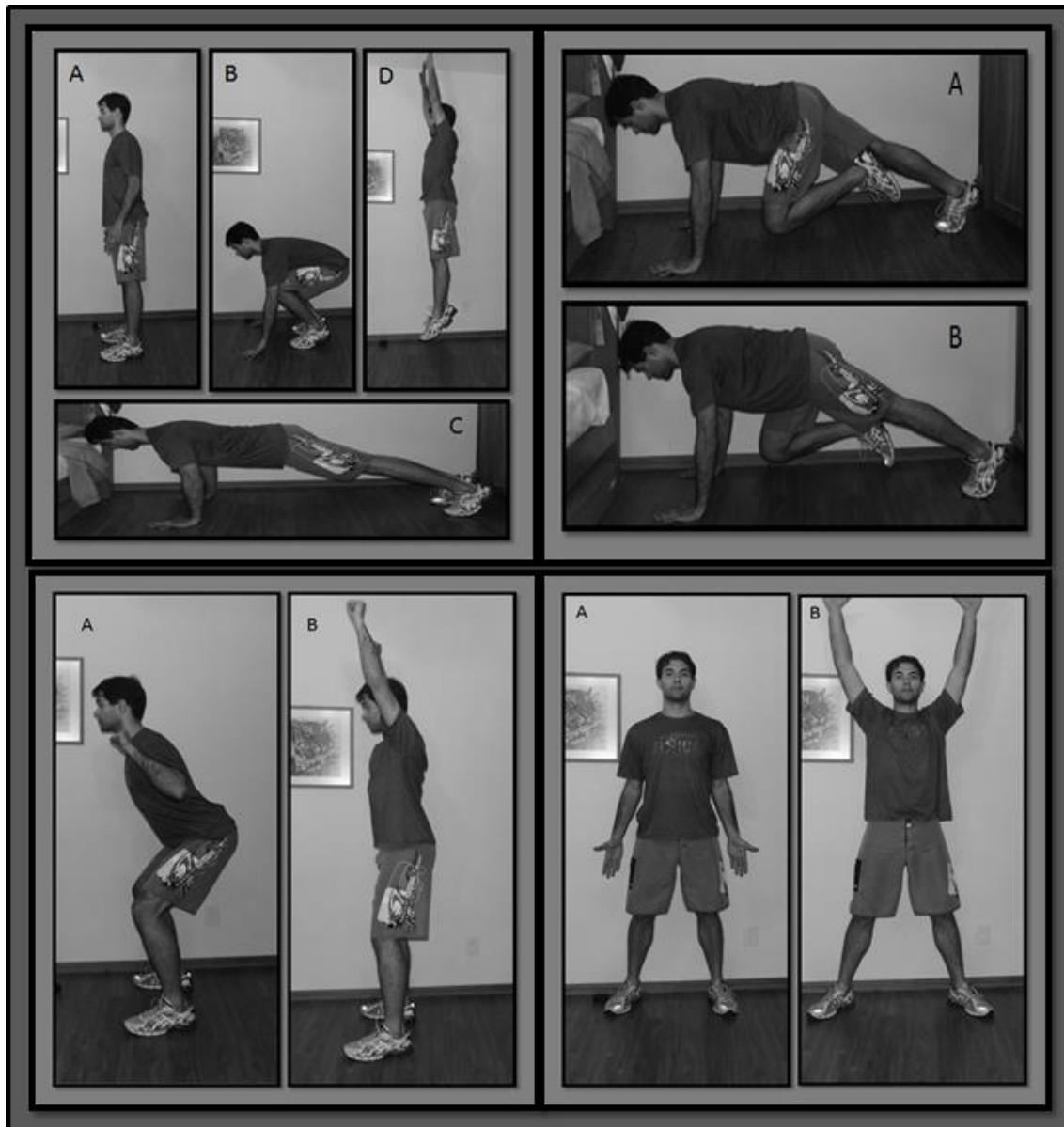


Figura 2. Representação das fases correspondentes aos exercícios empregados durante o protocolo HIIT-C. **Lado esquerdo superior** = Burpee; **Lado direito superior** = Mountain Climber; **Lado esquerdo inferior** = Squat & Thrusts; **Lado direito inferior** = Polichinelo.

Grupo contínuo de moderada intensidade. Ao invés do emprego de um grupo controle que não realizou atividade alguma, optou-se por utilizar um protocolo de treinamento contínuo de moderada intensidade. Para tal, os sujeitos alocados a esse grupo perfizeram 30 min de corrida em esteira motorizada em intensidade correspondente a 90 e 95% da FC associada ao LV2 (FERRARI et al., 2013; SILVA et al., 2012).

Essa forma de prescrição foi utilizada tendo em vista que a intensidade associada ao LV2 permite individualizar a carga de treinamento para todos os

sujeitos ao mesmo tempo em que possibilita um controle mais preciso do domínio no qual esses sujeitos se exercitam (WOLPERN et al., 2015; TSCHAKERT & HOFMAN, 2013; EDGE et al., 2005; EKKEKAKIS et al., 2004; MEYER et al., 1999), nesse caso, o domínio moderado, fato que não seria possível com a prescrição a partir de um percentual fixo do $\text{VO}_{2\text{máx}}$,

Tal protocolo foi desenvolvido com base na consideração de que os protocolos de maior intensidade, como no caso dos treinos de HIIT propostos, normalmente, são tempo-eficientes em comparação aos treinamentos contínuos (SCRIBBANS et al., 2016), dessa forma, ao invés de um grupo contínuo com duração equalizada, optou-se por um treinamento com maior duração para servir como controle.

Tabela 1. Descrição dos protocolos de treinamento empregados no estudo.

Variável	Grupo HIIT-T	Grupo HIIT-C	Grupo CONT
Duração da sessão	8 min	8 min	30 min
Intensidade de treino	130% $\text{vVO}_{2\text{máx}}$	<i>all-out</i>	90-95% FC LV2
Duração do esforço	20 s	20 s	30 min
Duração da recuperação	10 s	10 s	-
Nº de séries por sessão	8	8	1
Sessões por semana	3	3	3

HIIT-T = treinamento intervalado de alta intensidade tradicional; **HIIT-C** = treinamento intervalado de alta intensidade calistênico; **CONT** = treinamento contínuo de moderada intensidade; **vVO_{2máx}** = velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio; ***all-out*** = máxima intensidade a qual o sujeito consegue realizar o exercício; **FC** = frequência cardíaca; **LV2** = segundo limiar ventilatório.

3.3.3 Coleta de dados

Teste de $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Os sujeitos foram submetidos a protocolo incremental em esteira (KIKOS® KX 9000, São Paulo, Brasil) para mensuração do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e da velocidade associada a ele, a qual também foi utilizada, posteriormente, para prescrição da intensidade do protocolo HIIT-T. A coleta dos gases foi realizada por espirometria de circuito aberto, de modo contínuo, através do analisador de gases VO2000 (MedGraphics®, Ann Arbor, USA) do tipo caixa de mistura. O analisador foi calibrado antes de cada coleta com ar ambiente, conforme recomendações do fabricante e os sujeitos foram submetidos a familiarização com a máscara *a priori* da coleta de dados. Quanto a FC, esta foi

mensurada através de cardiófrequencímetro (Polar® RS800CX, Finlândia) com frequência de registro de 1 batimento por s, onde os sujeitos utilizaram o aparelho durante toda a duração do teste. Adicionalmente, a partir dos resultados do teste foi identificado o segundo limiar ventilatório (LV2) e a FC associada a ele.

Para tal, os indivíduos compareceram ao laboratório da faculdade. Nesse dia, todos realizaram aquecimento de 5 min a 6 km.h⁻¹ na esteira e a cada min subsequente a velocidade foi acrescida em 1 km.h⁻¹ até a falha volitiva. Para confirmação da validade do teste de VO_{2máx} um dos seguintes critérios deveria ser atingido: (i) platô no VO₂ onde o valor entre dois intervalos consecutivos não diferisse em mais de 2,1 ml·kg·min⁻¹; (ii) razão de troca respiratória (RER) maior que 1,10; (iii) taxa respiratória máxima maior do que 35 respirações por minuto; ou (iv) FC máxima durante o teste dentro de faixa de 10 bpm em relação a FC máxima (220-idade; HOWLEY et al., 1995; MIDGLEY et al., 2006).

Economia de corrida. Para fins da pesquisa, a economia de corrida (ECO) foi considerada como o VO₂ (ml·kg⁻¹·min⁻¹) submáximo associado a uma velocidade de corrida submáxima constante (BARNES, 2014). A velocidade do teste de ECO foi determinada a partir de uma sub-amostra na tentativa de adequar a intensidade para 92% da velocidade associada ao LV2 (vLV2). Optou-se por essa intensidade específica por ela permitir uma avaliação dentro do domínio aeróbico, de modo que os sujeitos fossem capazes de alcançar um platô no VO₂, assim como também para podermos comparar as adaptações dos grupos de alta intensidade em relação ao protocolo contínuo, o qual treinou próximo a essa intensidade (90 a 95% da FC associada ao LV2).

Essa estratégia foi empregada de modo a permitir uma comparação tanto do ponto de vista biomecânico quanto fisiológico, visto que, sob a ótica biomecânica, todos os sujeitos necessitariam realizar a corrida na mesma velocidade, enquanto que do ponto de vista fisiológico, essa velocidade permitiria que todos os sujeitos estivessem dentro do domínio aeróbico (i.e., em intensidade inferior ao LV2). Essa corrida teve duração total de 6 min (MORGAN et al., 1989a; TARTARUGA et al., 2012). Para que o teste fosse

considerado válido, o RER final deveria ser menor do que 1,0 (CONLEY & KRAHENBUHL, 1980).

Dessa forma, com base nos resultados dos testes incrementais dos primeiros 22 sujeitos foram determinados o LV2 (conforme explicado anteriormente) e a velocidade associada a ele (vLV2). A partir dessa subamostra, a velocidade correspondente a 92% de vLV2 foi calculada e utilizada para avaliação da ECO de todos os sujeitos. Nesse sentido, a vLV2 da subamostra correspondeu a 12 km.h^{-1} e, sendo assim, o teste de ECO foi realizado com velocidade de 11 km.h^{-1} .

CIVM e respostas neuromusculares. Foram realizadas medidas de CIVM para os seguintes grupamentos musculares: extensores de joelho e flexor de ombro. Para tal, os sujeitos realizaram os exercícios da seguinte forma: (i) extensão de joelho na cadeira extensora (NEWFIT, Cascavel, Brasil) com o membro inferior posicionado com 90° de flexão de quadril e 90° de flexão de joelho, estando seu quadril e tronco firmemente presos a cadeira para evitar movimentos que pudesse interferir nas coletas; e (ii) flexão de ombro em aparelho de supino horizontal (NEWFIT, Cascavel, Brasil), posicionados sentados, com o cotovelo ao lado corpo e flexionado a 90% (antebraço paralelo ao solo) e pegada do aparelho com a rádio-ulnar em posição neutra. Ambos os testes foram realizados de modo unilateral com o membro direito.

Com o intuito de quantificar os valores de força foi utilizada uma célula de carga (Miotec®, Porto Alegre, Brasil), com capacidade de 200 kg, a qual foi acoplada a cadeira extensora, perpendicularmente ao apoio do tornozelo e ao supino horizontal perpendicular a roldana da manopla a ser segurada. A coleta dos valores de força foi utilizada para permitir o recorte do sinal eletromiográfico, assim como realizar o cálculo do valor correspondente a 50% da CIVM da sessão, conforme será explicado posteriormente.

Em cada um dos exercícios, os sujeitos realizaram três execuções de 5 s com pelo menos 3 min de intervalo entre cada uma (PANTOJA et al., 2014; CADORE et al., 2010) e a ordem de realização dos exercícios foi da seguinte forma: extensão de joelho e flexão de ombro sendo respeitado um intervalo de 5 min entre cada um dos exercícios. Quanto à instrução, enfatizou-se para que cada um realizasse o movimento com máximo de força possível e da forma

mais rápida com auxílio de forte encorajamento verbal em todas as tentativas. Além disso, tanto a medida pré- quanto pós-intervenção foi realizada pelo mesmo avaliador de maneira cega.

Concomitantemente a aquisição das respostas de força nas CIVM's, foi coletada a resposta proveniente da atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos: *reto femoral* (RF), *vasto lateral* (VL), e *deltóide anterior* (DA) através da técnica de eletromiografia de superfície. Os sinais EMG brutos foram coletados por meio do eletromiógrafo Miotoool400 (Miotec®, Porto Alegre, Brasil) de quatro canais com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal e eletrodos descartáveis SOLIDOR Adulto Ag/AgCL (Lamedid®, Brasil) em configuração bipolar (distância inter-eletrodo de 30mm). O sinal foi convertido através de conversor A/D conectado a um computador pessoal através do software Miograph® e os dados foram exportados para análise no software SAD32.

Anterior à aplicação dos eletrodos, a pele dos sujeitos foi depilada a seco e em seguida abrasada com algodão embebido em álcool para minimizar a influência da resistência da pele, retirar as células mortas e diminuir a impedância à passagem do sinal, que foi testada com o auxílio de multímetro DT-830b (LEETOOLS®, Brasil) não devendo exceder 3KΩ (NARICI et al., 1989). Aguardou-se pelo menos 5 min antes do início das testagens para garantir a evaporação adequada do álcool.

Esses eletrodos foram posicionados no ventre muscular e longitudinalmente ao sentido das fibras dos membros direitos das seguintes maneiras: (i) RF: com o sujeito sentado em uma maca, joelho levemente flexionado e o tronco levemente inclinado para trás, no ponto médio entre a espinha ilíaca anterossuperior e borda superior da patela; (ii) VL: na mesma postura que o anterior e à 2/3 da distância entre a espinha ilíaca anterossuperior e a borda lateral da patela; (iii) DA: sujeito sentado com os braços ao lado do corpo e a mão em posição neutra, eletrodo posicionado um dedo distal e anteriormente em relação ao acrômio, na direção da linha entre o mesmo e o polegar. Ainda, o eletrodo referência foi posicionado na clavícula para minimização dos ruídos provenientes da coleta. Todos os posicionamentos estiveram de acordo com as recomendações do projeto SENIAM (www.seniam.org).

Por fim, um mapeamento foi realizado com o auxílio de lâminas transparentes e caneta retroprojetora onde foram identificados pontos anatômicos, assim como o local do posicionamento dos eletrodos para garantir um reposicionamento mais fidedigno durante as testagens pós-intervenção (NARICI et al., 1989), procedimento realizado sempre pelo mesmo avaliador.

Adicionalmente, em seguida ao teste de CIVM, os sujeitos tiveram três tentativas de 10 s para aplicarem 50% da força isométrica máxima coletada na CIVM com 3 min de intervalo entre elas. Os mesmos mantiveram esse percentual enquanto recebiam *feedback* visual dos valores de força aplicados e durante a contração foram coletados os valores brutos de EMG (EMG50) semelhante a CIVM. Esse teste foi baseado em estudo anterior (VILA-CHÃ et al., 2010) o qual já havia identificado aumento da amplitude submáxima do sinal EMG após 6 semanas de treino de *endurance* em intensidades de 30 e 10% da CIVM da sessão e foi realizado tanto no exercício de flexão de joelho quanto no de flexão de ombro. É importante ressaltar que não se deve confundir esse teste com o teste de economia neuromuscular, visto que o teste pós-intervenção foi realizado com base no valor de força da sessão pós e não da sessão pré.

Salto agachado e com contramovimento. Os testes de salto foram executados em plataforma de força (EMGSystem®, São José dos Campos, Brasil) com capacidade de 200kgf e frequência de amostragem de 200Hz (SHEPPARD e DOYLE, 2008). Quanto à ordem do tipo salto, primeiro os participantes realizaram o salto CMJ e em seguida o SJ. Cada sujeito realizou um aquecimento específico fora da plataforma composto por cinco saltos CMJ e, em seguida, executou três saltos válidos do mesmo e, posteriormente, o aquecimento para o SJ e os três saltos válidos. Para as análises utilizou-se o maior salto e respeitou-se um intervalo de 3 min entre cada salto.

No salto CMJ (Figura 3a), os testados iniciaram em posição ortostática, mãos no quadril e foram instruídos a desceram até aproximadamente 90º de flexão de joelho saltando em seguida. Já no salto SJ (Figura 3b), os sujeitos iniciaram o movimento já com 90º de flexão de joelho e mãos posicionadas no quadril. Os mesmos foram instruídos a não realizarem nenhuma forma de contramovimento (i.e., movimento para baixo) durante o SJ, o qual foi

confirmado através da inspeção visual do sinal adquirido entre um salto e outro e que não deveria demonstrar nenhum decréscimo na linha de força mensurada. Caso isso ocorresse, o salto era desconsiderado e o sujeito deveria realizar nova repetição até que três saltos válidos fossem adquiridos. Em ambos os saltos, os participantes foram instruídos a realizar os movimentos da maneira mais rápida e saltando o mais alto possível aterrissando na plataforma com a ponta dos pés primeiros.

A partir dos testes, para cada salto foi mensurada a altura de salto, as potências máximas (POT) absoluta e relativa e a razão de utilização excêntrica (RUE). Além disso, a taxa de desenvolvimento da força (TDF) foi calculada para o salto CMJ nos janelamos de 0-50 e 0-100 ms. Os tênis pessoais utilizados nos saltos foram registrados na primeira visita e solicitou-se aos sujeitos que os reutilizassem durante a testagem pós-intervenção. Assim como as demais avaliações, os testes de salto foram realizados de maneira cegada, de modo que os avaliadores não possuíam conhecimento quanto ao grupo experimental dos avaliados.

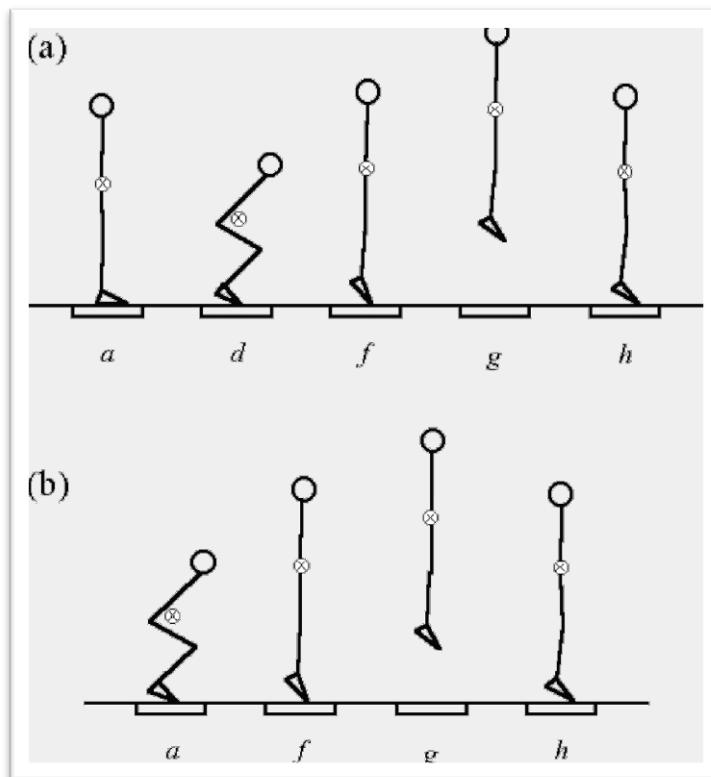


Figura 3. Representação esquemática da sequência de ações para o salto com contramovimento (a) e salto agachado (b). (LINTHORNE, 2001).

Numero de repetições durante o protocolo calistênico. De modo a avaliar o número de repetições realizadas durante o HIIT-C, assim como compará-las ao longo da intervenção, foi realizada a gravação de uma sessão de treino durante a primeira, nona e décima sexta semana. A câmera (CoolPix P520, Nikon, Japão) foi posicionada perpendicularmente (90°) aos sujeitos (i.e., plano sagital), a aproximadamente 2 m de distância e 1,25 m de altura. Adicionalmente, as filmagens foram realizadas em *full HD* (1080p) com frequência de amostragem de 30 Hz.

Como as gravações não objetivaram avaliar nenhum parâmetro cinematográfico, não foram realizadas calibrações do espaço, assim como também não foram posicionados pontos reflexivos. Deste modo, a partir das filmagens foi considerado apenas o número total de movimentos realizados durante as oito séries de esforço, o qual foi, posteriormente, separado em termos de número de repetições por série (Figura 4).

Percepção de divertimento. O divertimento por parte da amostra foi coletado a partir do Physical Activity Enjoyment Scale (PACES, Anexo III), o qual foi empregado recentemente em estudo com treinamento intervalado de alta intensidade (MARTINEZ et al., 2015). O PACES é composto por 18 perguntas em escala *likert* com valores de 1 a 7, resultando em um escore mínimo de 18 e máximo de 126 com base na pergunta “Por favor, avalie como você se sente nesse momento em relação ao exercício que você realizou”. O intuito da aplicação dessa escala foi o de avaliar a percepção de divertimento dos sujeitos ao longo do período de treinamento e, dessa forma, foi aplicado aos sujeitos após a primeira sessão e ao término do primeiro, segundo, terceiro e quarto mês de treinamento. Salienta-se que a terceira medida (i.e., ao término do segundo mês), foi realizada na sessão imediatamente após os testes para reajuste das cargas de treinamento.

De modo a reduzir possíveis interferências agudas, especialmente provenientes das sessões de alta intensidade, respeitou-se um intervalo de pelo menos 5 min para a aplicação da escala aos sujeitos e estes a responderam sentados confortavelmente. Essa duração foi escolhida com base na impossibilidade de todos os indivíduos permanecerem por maior tempo após as sessões de treinamento, assim como na possibilidade de caso os

sujeitos levassem as escalas para responder em momento posterior, poderiam esquecer ou responder em momento muito distante do término da sessão.

3.4 Processamento de dados

Consumo máximo e submáximo de oxigênio: Para a análise dos dados provenientes dos testes incrementais e de ECO, assim como os valores de VO₂ no LV2 foi realizada uma suavização das curvas de VO₂ através do janelamentos móvel com cálculo da mediana de cinco valores. Essa técnica consiste na utilização do valor da mediana a cada cinco valores, excluindo o valor mais alto e mais baixo a cada cinco medidas (CADORE et al., 2011). A partir dos resultados suavizados, quando identificado um platô, o VO_{2máx} foi representado pela maior média do VO₂ em 30 s. Não sendo observado platô, o VO_{2máx} foi representado pelo maior valor encontrado.

Para os testes de ECO, os valores de VO₂ foram, adicionalmente, apresentados em termos de percentual do VO_{2máx}. No momento pré-intervenção esse valor foi calculado a partir do VO_{2máx} pré e no momento pós-intervenção a partir do VO_{2máx} pós.

Segundo limiar ventilatório. O LV2 foi determinado com base na curva de ventilação versus intensidade e confirmado através do equivalente ventilatório de CO₂ (V_E/VCO₂) de acordo com Wasserman et al. (1973). Nesse sentido, dois fisiologistas experientes, cegados quanto aos grupos experimentais, realizaram a detecção do limiar através de inspeção visual de forma totalmente independente (PINTO et al., 2015). Quando não houve consenso entre eles, um terceiro fisiologista foi consultado e a mediana entre os três valores foi adotada. Em relação à concordância entre os avaliadores, avaliação do coeficiente de correlação intraclass revelou valores de $r = 0,982$ e $r = 0,986$ para as avaliações pré- e pós-intervenção, respectivamente, demonstrando uma alta reprodutividade entre eles.

Sinal EMG. Após a exportação dos dados para o software de análise, foi realizada a remoção dos componentes contínuos do sinal bruto, os quais poderiam provocar um deslocamento da linha de base do sinal. Em seguida, foi feita a filtragem digital através de filtro passa banda *Butterworth* de 5^a ordem

com frequência de corte entre 20 e 500Hz e, quando necessário, outros filtros foram utilizados, como o remove picos automáticos, ideal, entre outros (CADORE et al., 2010).

Quanto às análises no domínio do tempo foi avaliado o valor *root mean square* (RMS) para determinação da amplitude do maior segundo estável de cada músculo durante a CIVM, o qual foi identificado a partir da sincronização com o sinal de força da célula de carga.

Para as análises de EMG50, foram adotados os mesmos processos de filtragem, porém realizou-se um recorte dos 2 s estáveis mais próximos ao valor de referência (50% do máximo) e o valor RMS foi calculado. Esses valores foram normalizados através dos valores máximos de RMS obtidos no teste de CIVM dos músculos RF, VL e DA da própria sessão.

Sinais da plataforma de força. Assim como os dados de EMG, os sinais provenientes da plataforma de força em ambos os saltos (i.e., CMJ e SJ) foram analisados no programa SAD32. Nele, as curvas foram filtradas através de filtro *Butterworth* passa baixa de 3^a ordem com frequência de corte de 50 Hz. Após, de acordo com a curva força x tempo, foram identificados os valores de TDF ($N.s^{-1}$), contada a partir de variação mínima de dois desvios padrão do peso corporal, a qual foi usada como indicador do início da fase positiva da propulsão do salto, em dois janelamentos: 0-50 ms e 0-100 ms.

Além disso, foi determinada a POT ($W.kg^{-1}$), calculada a partir da equação descrita por Antunes (2012; equação 1); e a altura máxima de salto (cm), calculada através da equação de Asmussen e Bonde-Petersen (1974; equação 2). A RUE (TUFANO et al., 2013; MCGUIGAN et al., 2006) também foi calculada pela razão entre a altura do salto CMJ e do salto SJ (i.e., CMJ/SJ).

(Equação 1)

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{tempo\ de\ vôo/2}$$

(Equação 2)

$$h = (tempo\ de\ vôo^2) \cdot 1,226$$

Adicionalmente, a partir dos resultados da plataforma de força foram estabelecidas as diferenças entre os valores pré e pós (i.e., o valor pré foi subtraído do valor pós) das variáveis: altura de salto, potência máxima absoluta e potência máxima relativa e essas diferenças correlacionadas entre si (Tabelas 4 e 5).

Número de repetições do protocolo calistênico. As gravações foram transferidas para um computador pessoal e o investigador principal realizou a contagem das repetições em cada uma das oito séries do protocolo durante as três sessões avaliadas (i.e., primeira semana; oitava semana e décima sexta semana). Posteriormente, o número total de repetições por série foi somada para obtenção do total de repetições por sessão de treino, as quais foram comparadas entre as três sessões. A avaliação das gravações foi realizada em duplicata, logo, cada treino foi assistido duas vezes e o ICC calculado foi de $r = 0,998$.

Além disso, para permitir uma melhor compreensão do comportamento das repetições durante o treino, cada sessão foi subdividida em duas partes denominadas Parte 1 (S1) e Parte 2 (S2). Cada parte correspondeu a quatro séries de esforços do treino, sendo S1 correspondente às primeiras quatro (i.e., a primeira repetição de *burpee*, *mountain climber*, *squat & thrusts* e *polichinelo*) e S2, às quatro séries finais, totalizando as oito séries que compunham o protocolo HIIT-C. Dessa forma, o número de repetições nas partes S1 e S2 das sessões foram comparados entre si.

Escala de divertimento. Para permitir uma análise adequada e comparação dos resultados da escala, as questões 1, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 16 e 17 foram invertidas e as respostas das questões somadas. Dessa forma, quanto maior o resultado proveniente do somatório, maior ou mais positivo o divertimento.

3.5 Análise estatística

As variáveis foram testadas quanto à normalidade e homogeneidade das suas variâncias com os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, e todas, com exceção da $vVO_{2\text{máx}}$, não violaram os pressupostos de análise.

Dessa forma, as variáveis foram apresentadas através de estatística descritiva (média \pm dp). Quanto à comparação entre as variáveis pré- e pós-intervenção, foram aplicadas análises de variância (ANOVA) fatorial com fator grupo e medidas repetidas para o fator momento, e *post hoc* de Tukey. Havendo interação significativa foi realizado desdobramento por fator por meio do teste F. Para a $\text{vVO}_{2\text{máx}}$ utilizou-se um teste de Wilcoxon para comparação intra-grupos. Ainda, para determinação das correlações entre variáveis provenientes dos testes de salto foram empregados testes de correlação de Pearson. Finalmente, adotou-se um $\alpha=5\%$ para todas as análises e os testes foram realizados no software SPSS versão 20.0.

4. Resultados

As variáveis descritivas da caracterização da amostra encontram-se sumarizadas na Tabela 2. Foi observada diminuição significativa após a intervenção para as variáveis somatório de dobras ($F (1, 38) = 15,377, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,288$) e %Gordura ($F (1, 38) = 17,053, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,296$), ambas sem diferença entre protocolos. Para as demais variáveis, não foram encontradas diferenças entre momentos ou grupos.

Igualmente, não houve diferença entre a frequência de treino nos grupos estudados ($F (2, 38) = 0,221, p = 0,803$). Dos 48 treinos possíveis, em média os sujeitos compareceram a $42,87 \pm 2,77$; $43,00 \pm 3,02$ e $43,57 \pm 3,20$ nos grupos HIIT-T, HIIT-C e CONT, respectivamente, o que correspondeu a um percentual de 89,31; 89,58 e 90,77% para os mesmos grupos.

Em relação às respostas cardiorrespiratórias (Tabela 3), não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos para o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ relativo pré-treinamento ($F (2, 40) = 0,392, p = 679$), indicando que os três partiram de condições semelhantes ao início da intervenção. Quanto à comparação entre momentos, observou-se melhora significativa do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ relativo ($F (1, 38) = 95, 945, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,716$) sem diferença entre os protocolos de treino ($F (2, 38) = 1,204, p = 0,311, \eta_p^2 = 0,060$), o que correspondeu a um delta percentual ($\Delta\%$) de aproximadamente 20,25%; 15,85% e 22,29% para os grupos HIIT-T, HIIT-C e CONT, respectivamente.

A $\text{vVO}_{2\text{máx}}$, por sua vez, demonstrou que todos os três grupos apresentaram melhora significativa após o período de treinamento. Esse aumento correspondeu a 12,66% no grupo HIIT-T ($p = 0,002$), 6,10% no grupo HIIT-C ($p = 0,005$) e 13,40% ($p = 0,002$) no grupo CONT. Os valores da média e mediana são apresentados na Tabela 3.

Após o período de treinamento, a análise estatística também revelou melhora significativa do VO_2 correspondente ao LV2 (Tabela 3) para todos os grupos após a intervenção ($F (1, 37) = 46,689, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,558$) sem diferença entre eles ($F (1, 37) = 0,841, p = 0,439, \eta_p^2 = 0,044$), incrementos equivalentes a 21,80% no grupo HIIT-T, 12,29% no HIIT-C e 14,74% no CONT. Em relação a vLV2 , também foi observada melhora do pré- para o pós-treino em todos os protocolos ($F (1, 38) = 110,066, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,743$), contudo, com diferença entre os grupos ($F (2, 38) = 4,967, p = 0,012, \eta_p^2 = 0,207$) e

interação momento*grupo ($F (2, 38) = 4,770, p = 0,014, \eta_p^2 = 0,201$). Os desdobramentos revelaram que todos os grupos apresentavam condições semelhantes no momento pré-treino ($F (2, 38) = 2,112, p = 0,135$), porém, identificaram-se diferenças no pós-treino ($F (2, 38) = 6,637, p = 0,003$). O *post-hoc* relevou que o incremento na velocidade do HIIT-T foi maior que o HIIT-C ($p = 0,003$) e que o grupo CONT ($p = 0,049$). Em termos percentuais, essas melhorias corresponderam a 17,19%, 8,16% e 14,83%, respectivamente nos grupos HIIT-T, HIIT-C e CONT.

Os testes de ECO (Tabela 3) demonstraram um aumento significativo no VO_2 para a mesma velocidade submáxima de corrida ($F (1, 34) = 18,485, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,352$) sem diferença entre os grupos estudados ($F (2, 34) = 3,211, p = 0,053, \eta_p^2 = 0,159$), sendo 7,14%, 13,36% e 5,42% para os grupos HIIT-T, HIIT-C e CONT. Já para os resultados referentes ao VO_2 do teste de ECO expressos em termos de % $\text{VO}_{2\text{máx}}$, nota-se que, apesar de haver aumento do VO_2 submáximo, houve uma redução significativa em relação ao percentual do máximo após o período de intervenção ($F (1, 35) = 12,275, p = 0,001, \eta_p^2 = 0,260$) também sem diferença entre os protocolos ($F (2, 35) = 0,983, p = 0,384, \eta_p^2 = 0,053$), resultando em $\Delta\%$'s de -9,78% após HIIT-T, -2,20% após HIIT-C e -15,38% após CONT. Por fim, também foram identificadas reduções da FCmédia durante os testes de ECO após o período de treino ($F (1, 33) = 16,730, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,336$) sem diferença entre os grupos ($F (2, 33) = 1,866, p = 0,171, \eta_p^2 = 0,102$).

Tabela 2. Caracterização da amostra por grupo em resposta a 16 semanas de treinamento em adultos jovens (n = 41).

	HIIT-T (n = 15)				HIIT-C (n = 12)				CONT (n = 14)			
	Pré		Pós		Pré		Pós		Pré		Pós	
	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP
Idade (anos)	23,03	0,95	-	-	24,17	1,46	-	-	24,07	1,04	-	-
Estatura (m)	1,77	0,07	1,77	0,07	1,8	0,06	1,8	0,06	1,79	0,06	1,79	0,06
Massa corporal (kg)	74,27	12,16	74,64	12,32	82,87	6,62	83,58	5,4	79,32	11,7	78,22	11,68
IMC (m/kg²)	23,63	3,31	23,78	3,39	25,63	2,12	25,85	1,78	24,78	2,82	24,4	2,61
ΣDobras (mm)	100,07	37,57	92,2*	37,2	134,92	31,97	132,33*	31,4	118,64	49,97	108,79*	49,3
%Gordura (%)	13,51	5,19	12,4*	5,35	18,4	4,08	18,08*	4,24	15,98	6,55	14,66*	6,64

HIIT-T = treinamento intervalado de alta intensidade tradicional; **HIIT-C** = treinamento intervalado de alta intensidade calistênico; **CONT** = treinamento contínuo de moderada intensidade; **IMC** = índice de massa corporal; **ΣDobras** = somatório de sete dobras cutâneas (Jackson & Pollock, 1978); **%Gordura** = percentual de gordura (Siri, 1993); * = diferença significativa para o momento pré-intervenção ($p < 0,001$).

Tabela 3. Respostas cardiorrespiratórias a 16 semanas de treinamento segundo protocolo de treino em adultos jovens (n = 41).

	HIIT-T (n = 15)				HIIT-C (n = 12)				CONT (n = 14)			
	Pré		Pós		Pré		Pós		Pré		Pós	
	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP
Incremental												
VO _{2máx} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	47,56	7,52	57,07*	6,46	45,10	5,35	52,25*	7,03	47,15	8,62	57,19*	7,85
vVO _{2máx} (km.h ⁻¹)#	15,80 (16)	0,43	17,80 (18)†	0,393	15,08 (15)	0,31	16,00 (16)†	0,37	14,93 (15)	0,31	16,93 (17)†	0,40
LV2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	38,49	6,36	46,88*	4,35	38,31	5,45	43,02*	5,11	40,16	7,03	46,08*	6,28
vLV2 (km.h ⁻¹)	12,8	1,15	15,00*	1,25	12,22	0,75	13,25*‡	1,14	12,07	1,00	13,86*‡	1,41
Economia de corrida												
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	36,33	3,48	38,64*	2,41	33,83	2,83	38,19*	2,77	38,59	6,07	40,11*	3,51
%VO _{2máx} (%)	76,07	14,76	68,63*	9,36	76,95	7,60	75,26*	6,94	83,88	16,94	70,98*	8,65
FCmédia (bpm)	157,0	13,21	148,57*	11,14	161,00	12,07	159,30*	8,99	164,83	9,04	151,58*	12,35

HIIT-T = treinamento intervalado de alta intensidade tradicional; HIIT-C = treinamento intervalado de alta intensidade calistênico; CONT = treinamento contínuo de moderada intensidade; VO_{2máx} = Consumo máximo de oxigênio; vVO_{2máx} = velocidade associada ao VO_{2máx}; LV2 = segundo limiar ventilatório; vLV2 = velocidade associada ao segundo limiar ventilatório; FCmédia = frequência cardíaca média; * = diferença significativa para o momento pré-intervenção ($p \leq 0,001$); † = diferença significativa para o momento pré-intervenção ($p < 0,005$); ‡ = diferença significativa para o grupo HIIT-T no momento pós-intervenção ($p < 0,05$); # = variável com distribuição não-paramétrica, valores entre parênteses representam a mediana.

Para os valores de EMG provenientes do teste de CIVM (Tabela 4) não foram encontradas diferenças na amplitude do sinal EMG (i.e., valor RMS) entre grupos ao início da intervenção (RF: $F(2, 40) = 0,671$, $p = 517$; VL: $F(2, 40) = 0,525$, $p = 596$; DA: $F(2, 40) = 0,500$, $p = 610$). Ainda, não foram identificadas diferenças significativas entre os períodos pré- e pós-treinamento para os músculos RF ($F(1, 37) = 0,343$, $p = 0,562$, $\eta_p^2 = 0,009$) e VL ($F(1, 38) = 0,643$, $p = 0,428$, $\eta_p^2 = 0,017$) durante a CIVM. De diferente modo, houve redução significativa no valor RMS para o teste de CIVM no músculo DA após a intervenção ($F(1, 37) = 5,048$, $p = 0,031$, $\eta_p^2 = 0,120$) sem diferença entre os grupos ($F(2, 37) = 0,630$, $p = 0,538$, $\eta_p^2 = 0,033$).

Todavia, as avaliações submáximas de EMG a 50% da CIVM demonstraram aumento dos valores RMS para o RF ($F(1, 37) = 9,790$, $p = 0,003$, $\eta_p^2 = 0,209$) e VL ($F(1, 38) = 21,012$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,356$), ambos sem diferença entre os grupos (RF: $F(2, 37) = 1,181$, $p = 318$, $\eta_p^2 = 0,060$; VL: $F(2, 38) = 1,441$, $p = 249$, $\eta_p^2 = 0,070$). Nesse sentido, aumentos percentuais de 41,74%, 16,83% e 78,40% foram observados para os grupos HIIT-T, HIIT-C e CONT no músculo RF e 30,23%, 29,46% e 59,17% para os mesmos grupos no músculo VL. Já para o músculo DA, não foram detectadas diferenças após a intervenção para os fatores momento ($F(1, 36) = 0,309$, $p = 0,581$, $\eta_p^2 = 0,009$) e grupo ($F(2, 36) = 1,273$, $p = 0,292$, $\eta_p^2 = 0,066$), havendo apenas um efeito de interação ($F(2, 36) = 5,127$, $p = 0,011$, $\eta_p^2 = 0,222$). Após desdobramento por fator, foram observadas diferenças entre grupos no momento pré, com o HIIT-C demonstrando valores inferiores quando comparado ao CONT ($p = 0,031$), mas sem diferenças entre os grupos no pós ($p = 0,968-0,999$). Em relação ao fator momento, o HIIT-C demonstrou aumento após a intervenção (~135%, $p = 0,033$), enquanto que os outros dois grupos não apresentaram diferenças (HIIT-T: $p = 0,090$; CONT: 0,103). Conjuntamente, ao considerarmos os valores de EMG50 normalizados pelo valor máximo, observaram-se valores médios de 53, 54 e 57% do máximo para os músculos RF, VL e DA, respectivamente, no momento pré-intervenção e de 69, 70 e 58% para os mesmos músculos após o programa.

Acerca dos testes de salto (Tabela 4), identificou-se melhora significativa na altura de salto do CMJ após a intervenção ($F(1, 35) = 11,672$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,250$), no entanto, sem diferenças entre os protocolos ($F(2, 35) = 0,136$, $p =$

873, $\eta_p^2 = 0,008$). Resultado semelhante foi observado no SJ, diferença positiva entre momento ($F (1, 35) = 8,893, p = 0,005, \eta_p^2 = 0,207$), sem efeito grupo ($F (2, 35) = 0,333, p = 719, \eta_p^2 = 0,019$). Em termos percentuais, esses resultados corresponderam a deltas de 8,53%; 6,41% e 2,18% no CMJ e 3,06%; 10,40% e 4,37% no SJ para os grupos HIIT-T, HIIT-C e CONT, respectivamente. Adicionalmente, calculou-se a RUE e não foram encontradas diferenças entre momentos ($F (1,35) = 0,434, p = 0,434, \eta_p^2 = 0,012$) e entre protocolos ($F (2, 35) = 1,639, p = 0,209, \eta_p^2 = 0,086$).

Em relação aos valores de potência máxima absoluta do salto CMJ (Tabela 4), observaram-se diferenças entre momentos ($F (1, 37) = 9,008, p = 0,005, \eta_p^2 = 0,196$), porém, não houve diferença entre grupos ($F (2, 37) = 1,844, p = 0,172, \eta_p^2 = 0,091$). Contudo, observou-se interação significativa momento*grupo ($F (2, 37) = 3,520, p = 0,04, \eta_p^2 = 0,160$), o que indicou aumento da potência nos grupos HIIT-T (4,34%; $p = 0,007$) e HIIT-C (4,54%; $p = 0,013$) sem alterações no grupo CONT (-0,75%; $p = 0,735$). Para o salto SJ, foi apenas identificada diferença entre momentos ($F (1, 37) = 7,856, p = 0,008, \eta_p^2 = 0,175$) e não entre grupos ($F (2,37) = 1,084, p = 0,349, \eta_p^2 = 0,055$) com incrementos de 1,68%, 6,35% e 0,51% nos grupos HIIT-T, HIIT-C e CONT, respectivamente.

Adicionalmente, calculou-se a potência relativa em ambos os saltos e foram encontrados aumentos significativos após o período de treinamento no CMJ ($F (1, 37) = 7,387, p = 0,01, \eta_p^2 = 0,166$) e no SJ ($F (1,37) = 6,630, p = 0,014, \eta_p^2 = 0,152$), também sem diferença entre os grupos estudados (CMJ: $F (2, 37) = 0,029, p = 0,971, \eta_p^2 = 0,002$; SJ: $F (2, 37) = 0,511, p = 0,604, \eta_p^2 = 0,027$) com $\Delta\%$'s de 3,88% e 1,23% no HIIT-T; 3,10% e 4,83% no HIIT-C e 0,58% e 1,85% no CONT para os saltos CMJ e SJ respectivamente. Quanto aos resultados referentes às correlações, estes estão resumidos na Tabela 5.

Em relação aos incrementos da TDF no CMJ (Tabela 4), foram observadas melhorias significativas após as 16 semanas de treino na TDF_{pico} em 50ms ($F (1, 32) = 18,025, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,360$) e 100 ms ($F (1, 33) = 21,784, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,398$); assim como na $TDF_{média}$ em 50 ms ($F (1, 34) = 15,210, p < 0,001; \eta_p^2 = 0,309$) e 100 ms ($F (1, 36) = 22,667, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,386$). Para todas as variáveis não foram identificadas diferenças entre os três

grupos: TDF_{pico} em 50ms ($F(2, 32) = 0,709$, $p = 0,500$, $\eta_p^2 = 0,042$); TDF_{pico} em 100ms ($F(2, 33) = 0,133$, $p = 0,876$, $\eta_p^2 = 0,008$); TDF_{média} em 50ms ($F(2, 34) = 0,683$, $p = 0,512$, $\eta_p^2 = 0,039$); TDF_{média} em 100ms ($F(2, 36) = 0,195$, $p = 0,195$, $\eta_p^2 = 0,087$). Os percentuais de aumento da TDF foram 106,12%; 58,11%; 187,31% e 63,55% para HIIT-T, 50,72%; 36,87%; 46,04% e 35,67% para HIIT-C e 42,38%; 38,41%; 62,61% e 42,38% para CONT, respectivamente.

A respeito do número de repetições no protocolo HIIT-C (Figura 4), observou-se um aumento de 32,38% no número de repetições totais da primeira sessão (pré: $139,67 \pm 4,51$ rep) para a oitava semana (meio: $184,08 \pm 6,45$ rep; $p < 0,001$) e de 35,30% da primeira para a décima sexta semana (pós: $187,75 \pm 5,01$ rep; $p < 0,001$), porém, sem diferença entre a oitava e a décima sexta semana ($p = 0,853$).

Quando o número de repetições totais da sessão foi subdividido em S1 e S2 (ver seção 3.4), constatou-se que a S1 pré foi maior que a S2 pré ($p = 0,007$) e menor que as demais (S1 meio: $p < 0,001$; S2 meio: $p = 0,042$; S1 pós: $p < 0,001$; S2 pós: $p = 0,002$). A S2 pré, além de ser menor que a S1 da mesma sessão, foi menor que todas as outras ($p < 0,001$). A S1 meio foi igual a S1 pós ($p = 1,00$) e maior que todas as outras (S2 pós: $p = 0,22$; demais $p < 0,001$), enquanto que a S2 meio foi semelhante à S2 pós ($p = 1,00$), menor que a S1 meio ($p < 0,001$) e S1 pós ($p = 0,003$) e maior que as S1 pré ($p = 0,42$) e S2 pré ($p < 0,001$).

Finalmente, conforme pode ser observado na Figura 5, não foram encontradas diferenças significativas em relação ao somatório das questões do PACES ao longo do período de intervenção ($F(4, 152) = 1,132$, $p = 0,344$, $\eta_p^2 = 0,029$) nem diferenças entre grupos ($F(2, 38) = 0,662$, $p = 0,521$, $\eta_p^2 = 0,034$).

Tabela 4. Respostas neuromusculares a 16 semanas de treinamento segundo protocolo de treino em adultos jovens (n = 41).

	HIIT-T (n = 15)				HIIT-C (n = 12)				CONT (n = 14)			
	Pré		Pós		Pré		Pós		Pré		Pós	
	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP	Média	± DP
CIVM												
EMG_{RF} (µV)	415,12	97,68	459,82	163,97	454,82	160,83	437,9‡	131,58	488,52	200,67	424,28	167,88
EMG_{VL} (µV)	392,78	119,36	395,08	104,46	440,10	167,73	446,00	148,7	439,79	140,61	392,8	69,46
EMG_{DA} (µV)	920,69	290,72	837,37*	216,71	780,98	411,33	734,67*	310,46	842,64	297,52	735,21*	319,23
EMG50_{RF} (µV)	219,00	63,23	298,59*	1058,	284,53	113,83	321,95*	192,98	207,99	99,78	291,60*	86,94
EMG50_{VL} (µV)	220,06	70,96	280,91*	106,2	258,37	96,69	307,42*	113,43	189,46	69,83	276,35*	65,23
EMG50_{DA} (µV)	493,18	172,88	445,99	183,35	313,53‡	116,06	423,39*	232,27	538,52	270,26	430,6	209,2
Saltos												
Altura CMJ (cm)	31,49	4,77	33,88*	4,56	32,75	5,58	34,79*	5,3	32,69	6,14	33,53*	5,64
Altura SJ (cm)	28,19	4,49	28,84*	4,05	26,26	4,44	29,14*	4,09	26,86	4,34	27,72*	4,00
RUE (ua)	1,12	0,11	1,18	0,08	1,23	0,15	1,19	0,13	1,21	0,15	1,15	0,06
TDF_{pico} CMJ 50ms (N.s⁻¹)	678,55	255,39	1238,98†	390,76	979,82	441,05	1228,56†	312,39	1010,04	576,66	1210,43†	471,71
TDF_{média} CMJ 50ms (N.s⁻¹)	559,73	385,60	984,50†	360,74	762,19	291,08	1014,11†	331,67	823,31	531,37	997,61†	387,81
TDF_{pico} CMJ 100ms (N.s⁻¹)	1018,83	453,85	1455,62†	470,14	1034,74	405,19	1276,74†	358,05	1067,96	550,06	1274,77†	424,04
TDF_{média} CMJ 100ms (N.s⁻¹)	657,89	279,26	928,52†	206,90	727,05	250,95	876,67†	186,16	751,17	315,56	869,80†	223,14
Pot CMJ (W)	918,63	166,53	955,07*	162,95	1022,22	127,96	1065,89*	119,88	992,29	116,41	986,61	146,50
Pot SJ (W)	865,77	151,38	881,22*	161,89	922,65	110,55	977,78*	105,98	896,78	125,59	900,13*	130,51
Pot Relativa CMJ (W.Kg⁻¹)	12,37	0,99	12,82*	0,90	12,50	1,10	12,87*	1,04	12,60	1,12	12,65*	1,07
Pot Relativa SJ (W.Kg⁻¹)	11,68	0,97	11,80*	0,82	11,29	0,91	11,80*	0,85	11,36	0,89	11,53*	0,78

HIIT-T = treinamento intervalado de alta intensidade tradicional; HIIT-C = treinamento intervalado de alta intensidade calistênico; CONT = treinamento contínuo de moderada intensidade; CIVM = teste de contração isométrica voluntária máxima; EMG = sinal eletromiográfico (valor RMS) proveniente do teste de CIVM; EMG50 = sinal EMG em contração isométrica voluntária a 50% da intensidade máxima da sessão; RF = reto femoral; VL = vasto lateral; DA = delfoide anterior; CMJ = salto com contramovimento; SJ = salto agachado; RUE = razão de utilização excêntrica; TDF_{pico} = pico da taxa de

desenvolvimento da força em recortes de 50 e 100 ms; **TD_F_{média}** = média da taxa de desenvolvimento da força em recortes de 50 e 100 ms; **Pot** = Potência máxima produzida; * = diferença significativa para o momento pré-intervenção ($p < 0,05$); † = diferença significativa para o momento pré-intervenção ($p < 0,001$); ‡ = diferença significativa para o grupo CONT no momento pré-intervenção ($p = 0,031$).

Tabela 5. Correlações de Pearson entre os incrementos nas alturas de salto contramovimento (CMJ) e agachado (SJ) e incrementos nas demais variáveis de salto ($n = 41$).

	CMJ		SJ	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Potência máxima absoluta – Altura de salto	0,766*	< 0,001	0,860*	< 0,001
Potência máxima relativa – Altura de salto	0,978*	< 0,001	0,993*	< 0,001

* = correlação significativa

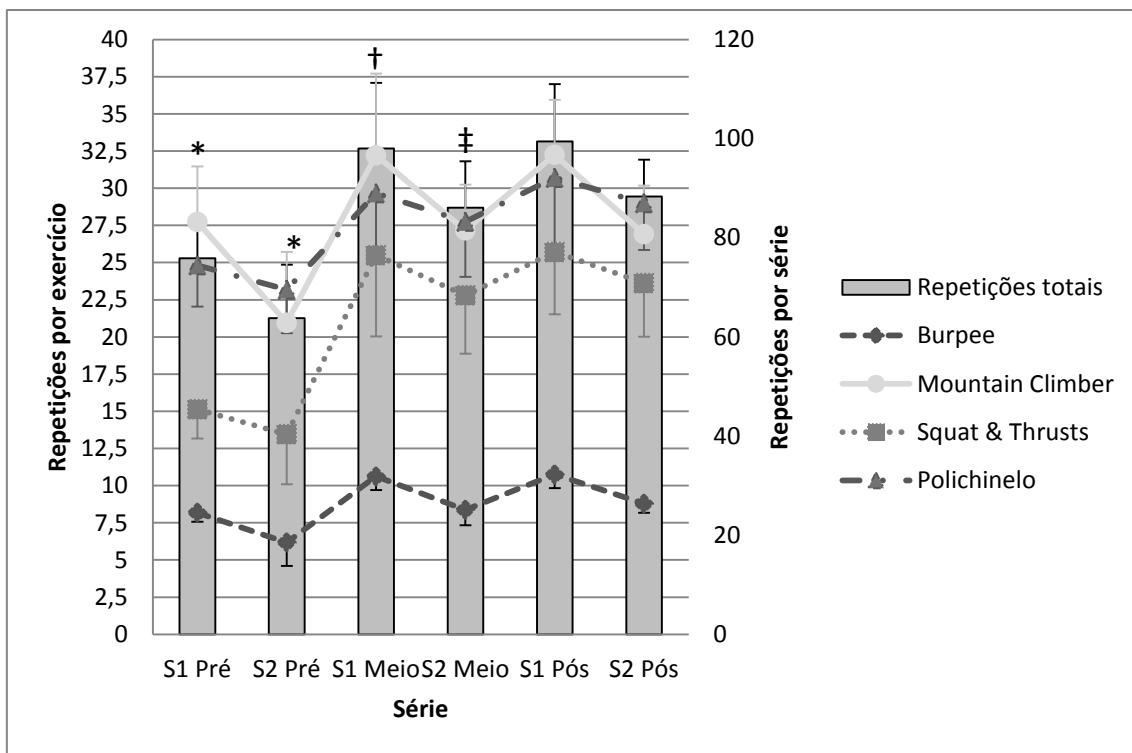


Figura 4. Número total de repetições por exercício e por série no momento pré (semana 1), meio (semana 8) e pós (semana 16) em jovens adultos ($n = 12$) submetidos a 16 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade calistênico. * = diferença significativa com todos os momentos ($p < 0,05$); † = diferença significativa com todos os momentos menos S1 pós ($p < 0,05$); ‡ = diferença significativa com todos os momentos menos S2 pós ($p < 0,05$). Nota: a série 1 correspondeu aos primeiros quatro exercícios executados na sessão e a série 2 aos últimos quatro.

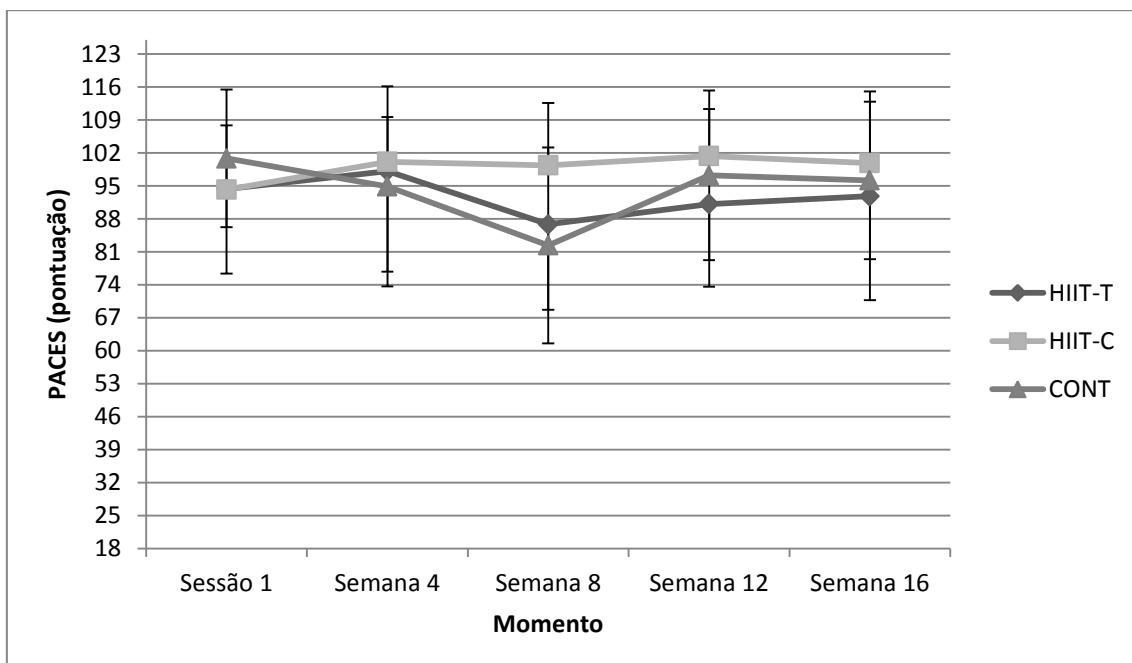


Figura 5. Somatório das 18 questões da escala de divertimento; **HIIT-T** = treinamento intervalado de alta intensidade tradicional ($n = 15$); **HIIT-C** = treinamento intervalado de alta

intensidade calistênico ($n = 12$); **CONT** = treinamento contínuo de moderada intensidade ($n = 14$). Nota: não foram identificadas diferenças significativas entre momentos ou grupos.

5. Discussão

Os principais achados do estudo foram: (i) aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e da $\text{vVO}_{2\text{máx}}$ em todos os grupos sem diferença entre os protocolos de treino; (ii) aumento do VO_2 em LV2 também sem diferença entre os protocolos; (iii) aumento na vLV2 em todos os grupos, porém, com melhores respostas no grupo de HIIT tradicional; (iv) diminuição da economia de corrida em velocidade submáxima; (v) ausência de alterações positivas na amplitude EMG ao teste de CIVM em todos os músculos analisados, ao mesmo tempo que houve incremento nas CVM a 50% do máximo para todos os grupos nos músculos RF e VL e apenas para o HIIT-C no DA; (vi) assim como também aumentos semelhantes da altura de salto e das potências absoluta e relativa tanto no CMJ quanto SJ para todos os grupos.

Consumo máximo de oxigênio. De acordo com os objetivos apresentados, o presente estudo foi capaz de demonstrar que 16 semanas de treinamento foram capazes de aumentar significativamente a potência aeróbia de adultos jovens, independente se esse treinamento é realizado na forma de HIIT tradicional, com exercícios calistênicos ou de modo contínuo conforme prescritos nesta investigação. A melhora da potência aeróbia está de acordo com o esperado, entretanto, a ausência de diferença entre os protocolos de treino chama a atenção, visto que diversos estudos prévios demonstram resultados mais expressivos durante a execução de treinamento de HIIT em comparação ao treinamento contínuo (MOHOLDT et al., 2012; ESFARJANI & LAURSEN., 2007; WISLOFF et al., 2007). Tal resultado pode estar relacionado, primeiro, a maneira na qual o treinamento contínuo foi prescrito, nesse caso, através do %FC associada ao segundo limiar ventilatório. Esse tipo de prescrição está associado com melhorias significativas no componente cardiorrespiratório (WOLPERN et al., 2015; TSCHAKERT & HOFMAN, 2013; CADORE et al 2011; EDGE et al., 2005) e, ao contrário de protocolos contínuos prescritos pela velocidade associada ao $\text{VO}_{2\text{máx}}$, permite com que se escolha com maior acurácia uma intensidade dentro do domínio aeróbico e, mais importante, oportuniza a individualização dessa prescrição entre os sujeitos estudados (WOLPERN et al., 2015; TSCHAKERT & HOFMAN, 2013; EDGE et al., 2005; EKKEKAKIS et al., 2004; MEYER et al., 1999).

Essa importância se torna evidente na possibilidade de ajuste da sobrecarga treino-a-treino, visto que, conforme o sujeito se torna melhor condicionado no decorrer do programa, ele se torna capaz de realizar o treino em intensidades (i.e., velocidades) mais altas dentro da mesma faixa de FC sem a necessidade de reavaliação tão frequente da velocidade em teste específico. Por outro lado, como é o caso do protocolo de HIIT-T, o reajuste adequado da carga de treino só é possível mediante novo teste incremental, o que não é sempre possível fora do ambiente laboratorial. Aliado a isso, está claro na literatura que o HIIT produz adaptações positivas, tanto de cunho central (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a; HELGERUD et al., 2007; MIDGLEY et al., 2006) quanto de cunho periférico (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a; MIDGLEY et al., 2006) em um curto espaço de tempo (i.e., 2 semanas; BARKER et al., 2014; GIBALA et al., 2007; GIBALA et al., 2006; TALANIAN et al., 2006; RODAS et al., 2000). Já foi demonstrado, inclusive, que o HIIT é capaz de gerar ajustes no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em períodos tão curtos quanto 4 semanas (MILANOVIC et al., 2015; ESFANDIARI et al., 2014; WESTON et al., 2014; HAZELL et al., 2010; BAILEY et al., 2009), logo, os sujeitos do grupo HIIT-T podem ter se adaptado mais rápido que o período de reavaliação utilizado.

Ainda, a adaptação positiva proveniente do treinamento calistênico sem diferença para os outros protocolos é bastante relevante. Apenas dois estudos identificados na literatura avaliaram as adaptações relacionadas a um programa de treinamento composto por exercícios calistênicos. O primeiro, McRae et al. (2012), treinaram 22 mulheres recreacionalmente ativas ($\text{VO}_{2\text{pico}}$ inicial: $\sim 43 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) divididas em 3 grupos (HIIT, CONT e controle) durante 4 semanas com frequência de 4 sessões semanais. O protocolo HIIT utilizado foi bastante semelhante ao nosso (8 x 20s:10s de *burpee*, *mountain climber*, *squat & thrusts* e polichinelo, sendo executado apenas um exercício por sessão) e demonstrou incremento de $\sim 8\%$ no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ sem diferença em relação ao grupo que treinou durante 30min a 85% da $\text{FC}_{\text{máx}}$ em esteira ($\sim 7\%$).

Além disso, Gist et al. (2015), em 4 semanas de treino e frequência de 3 sessões semanais, investigaram 9 cadetes jovens ($\text{VO}_{2\text{máx}}$ inicial = $53,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) os quais realizaram 4 a 7 séries de *burpees* em intensidade *all-out* por 30 s alternadas por 4 min de recuperação ativa (caminhada em intensidade autosselecionada) em substituição ao treinamento físico militar tradicional.

Após o período de treino, não foram encontradas melhoras significativas no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($p = 0,591$). Esse achado vai de encontro aos nossos resultados, os quais demonstraram uma melhora significativa ($p < 0,001$) de ~15,85% para o grupo HIIT-C após as 16 semanas de treinamento, sem diferença para os outros dois grupos testados (HIIT-T 20,25 e CONT: 22,29%, $p = 0,311$). Apesar de períodos de até quatro semanas já demonstrarem incrementos no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (MILANOVIC et al., 2015; ESFANDIARI et al., 2014; WESTON et al., 2014; HAZELL et al., 2010; BAILEY et al., 2009), como mencionado anteriormente, a diferença na duração dos estudos (i.e., 4 e 16 semanas) pode indicar que protocolos calistênicos necessitem de maiores durações para que aumentos sejam detectados.

Estudo anterior do mesmo grupo (GIST et al., 2014) havia avaliado as respostas agudas desse protocolo (4x 30s:4min) e reportou um consumo de oxigênio médio ao longo do protocolo de, aproximadamente, $77,6 \pm 6,9\%$ $\text{VO}_{2\text{pico}}$. Apesar dos autores classificarem esses resultados como vigorosos, tal percentual pode não ter permitido manutenção de $T@VO_{2\text{máx}}$ suficiente (BUCHHEIT & LAURSEN, 2013a; MIDGLEY & MCNAUGHTON, 2006) para estressar o sistema cardiovascular e gerar adaptações positivas em seu estudo crônico (GIST et al., 2015), especialmente em virtude do amplo intervalo de recuperação entre séries e da potência aeróbia máxima inicial dos cadetes.

Por outro lado, no protocolo executado em nosso estudo, os curtos intervalos de recuperação, apesar de passivos, podem ter auxiliado na manutenção de valores mais elevados de VO_2 ao longo do protocolo e, dessa forma, terem contribuído para os resultados encontrados em conjunto com o menor $\text{VO}_{2\text{máx}}$ inicial de nossos grupos experimentais. Tal fato é ilustrado pelos resultados encontrados por McRae et al. (2012) em mulheres recreacionalmente ativas ($\text{VO}_{2\text{máx}} = 43,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), que observaram um aumento de ~8% no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ após quatro semanas de treinamento intervalado calistênico semelhante ao empregado por nós, com frequência semanal de quatro sessões.

Esse é o primeiro estudo de nosso conhecimento que comparou a realização de protocolos de treinamentos intervalados de alta intensidade tradicional e calistênico e não encontramos diferenças nos incrementos do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ entre esses métodos de treino. Esse resultado é extremamente

relevante por demonstrar uma possibilidade alternativa ao HIIT tradicional e que pode ser empregado sem a necessidade de ergômetro específico, quando este não é possível e, mesmo assim, continuar sendo tempo-eficiente em comparação ao protocolo CONT.

Esses resultados encontram-se em concordância com meta-análise e meta-regressão recentemente publicada (SCRIBBANS et al., 2016), a qual demonstrou que o aumento da intensidade do exercício acima de 60% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ não teria efeito *per se* na magnitude dos incrementos do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ocasionados pelo processo de treinamento, apesar de haver revisão que defende ideia contrária (WISLOFF et al., 2009). Porém, por outro lado, o mesmo artigo também demonstrou que maiores intensidades, especialmente aquelas acima de 100% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, apresentariam uma significativa redução na dose por sessão, assim como também, no volume total de treinamento em comparação a menores intensidade. Isso demonstra o potencial que os treinamentos de alta intensidade (onde se encaixam os protocolos intervalados da presente investigação) teriam em gerar adaptações positivas nesse desfecho ao passo que necessitariam ou empregariam menor tempo de treino, sendo, como já mencionado e demonstrado por nossos resultados, tempo-eficientes.

Segundo limiar ventilatório. Quanto aos limiares, observamos que os três grupos foram capazes de aumentar o LV2 com incrementos médios de 21,80% no HIIT-T; 12,29% no HIIT-C e 14,74% no CONT, sem diferença entre eles. Esses resultados são bastante encorajadores, visto que incrementos no LV2 estão associados a uma capacidade de realizar trabalho em maiores intensidades dentro do domínio aeróbio de treinamento por um maior tempo (BUNC et al., 1987; GHOSH et al., 2004). Tão importante quanto, investigação anterior já havia demonstrado que independentemente do nível de treino, aumento no limiar de lactato (o qual se correlaciona com o LV2; GHOSH et al., 2004) é um importante fator para aumento do desempenho no domínio severo (DEMARLE et al., 2009).

Estudo prévio (SADY et al., 1980) com mulheres obesas já havia identificado importância de estímulos de maiores intensidades (~80% $\text{VO}_{2\text{máx}}$) para aumento do LV2 em comparação a intensidades menores (~40% $\text{VO}_{2\text{máx}}$).

Nosso estudo é o primeiro ao qual temos conhecimento que avaliou tal variável em protocolos de curta duração, assim como avaliou sua resposta frente a um protocolo composto por exercícios calistênicos. Diversas investigações encontraram aumento no LV2 com a utilização de protocolos de HIIT e CONT (LAURSEN et al., 2005; SMITH et al., 2003; BURKE et al., 1994) e, apesar de cautela para comparação ser necessária devido a possíveis diferença entre nível de treinamento dos sujeitos, métodos de identificação do limiar, assim como sexo dos participantes, incrementos entre 6,8% e 19,5% no LV2 foram identificados.

Entretanto, o que é importante ressaltar é que seus protocolos de treinamento normalmente envolviam volumes mais elevados (~30 a 60 min) em comparação aos empregados no presente estudo, especialmente nas sessões de HIIT (4 min). Incremento de 21% no LV2 foi previamente observado em grupo de homens saudáveis ($\text{VO}_{2\text{máx}} \text{ inicial} = \sim 46,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) submetidos a uma sessão por semana de HIIT em cicloergômetro (3 esforços até exaustão a 80% da potência máxima com 3 min de recuperação entre eles) por 12 semanas (NAKAHARA et al., 2015). Apesar de uma ampla diferença na duração das sessões entre esse estudo e o nosso (24-32min versus 4 min), ambos demonstram que em sujeitos saudáveis estímulos de alta intensidade e volume reduzido, seja em termos de frequência semanal ou duração da sessão, são capazes de gerar melhora nessa variável (EDGE et al., 2005). Esses resultados indicam que a intensidade empregada durante o treinamento é um importante fator para gerar adaptações positivas, tanto em protocolos intervalados de curta duração como contínuos.

Contudo, apesar de todos os grupos haverem resultado em aumento da vLV2 (HIIT-T = 17,19%; HIIT-C = 8,16%; CONT = 14,83%), o grupo HIIT-T demonstrou um incremento estatisticamente maior em comparação aos outros dois grupos. Esses resultados podem estar relacionados a uma melhor transferência dos estímulos de treinamento do protocolo em esteira em comparação com os estímulos proporcionados nos exercícios calistênicos, visto que os sujeitos do grupo HIIT-T foram avaliados na própria esteira a qual treinaram. Dessa forma, apesar de todos os treinos terem sido eficientes em incrementar o LV2, pode-se sugerir que quando o programa visa atividades ou provas que envolvam corrida, o HIIT-T parece ser

uma estratégia mais eficiente por permitir que, além dos sujeitos incrementarem o $\text{VO}_{2\text{máx}}$, os sujeitos se exercitem em frações, assim como em velocidades percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ mais altas (CONLEY e KRAHENBUHL, 1980; MIKKOLA et al., 2011).

Essa superioridade já é bem estabelecida em corredores de *endurance* de alto nível competitivo. Esses atletas normalmente apresentam valores de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ muito semelhantes, todavia, apesar dessa variável (i.e., $\text{VO}_{2\text{máx}}$) ser um pré-requisito, não é determinante para o êxito esportivo nessa categoria de performance (GHOSH, 2004; CONLEY e KRAHENBUHL, 1980). Deste modo, a substituição de parcela de seu volume de treinamento, geralmente composto por altos volumes de exercício contínuo de moderada intensidade por HIIT parece ser benéfico mesmo considerando a pequena janela de treinamento destes (LAURSEN et al., 2002).

Entretanto, vale ressaltar que não foram avaliados desfechos relacionados diretamente a performance e que os sujeitos foram avaliados em esteira ergométrica, sendo necessárias maiores investigações que esclareçam se essa aparente vantagem do grupo HIIT-T quanto ao incremento na vLV2 se transferiria também para provas/exercícios realizados em pista, por exemplo.

Número de repetições do protocolo HIIT-C. Com base no número de repetições totais executadas por sessão (Figura 4), pode-se sugerir que no protocolo HIIT-C houve uma manutenção no aumento da intensidade em relação ao aumento da potência aeróbia até aproximadamente 8 semanas (i.e., conforme os sujeitos se tornavam mais treinados, conseguiam realizar mais execuções dentro do mesmo tempo). Resultado parecido já havia sido demonstrado por McRae et al. (2012) com protocolo muito semelhante ao do presente estudo. Após quatro semanas de treinamento calistênico com frequência semanal de quatro treinos foram observados aumentos no número de repetições nos exercícios de extensão de joelhos (40%), supino (207%), flexão de solo (135%), abdominais (64%) e extensão de coluna (175%). Apesar da diferença metodológica empregada nessas avaliações, a combinação dos resultados de ambos os estudos confirmam o proposto por McRae et al. (2012) quanto a dose mínima de exercício de alta intensidade para incremento tanto da capacidade aeróbia quanto da performance muscular (até, pelo menos, 8

semanas de treino) estar em 4 min por dia. Porém, ao invés de quatro sessões semanais, conforme proposto em seu estudo, três sessões já são suficientes para demonstrar resultados positivos.

Entretanto, o não incremento do número de repetições entre as semanas 8 e 16 pode ter limitado as adaptações a esse protocolo, visto que não houve adição de séries ou da duração das mesmas. Contudo, independente dessa limitação, a opção metodológica do presente estudo foi manter volumes de treinamento iguais para ambos os protocolos de HIIT e manter os mesmos exercícios na expectativa que os próprios sujeitos incrementassem sua execução até o fim do período de treinamento, fato que não ocorreu.

Esse dado é bastante relevante do ponto de vista da periodização do treinamento calistênico apontando para a importância de, além da avaliação do componente cardiorrespiratório, o controle conjunto do número de repetições executadas durante os exercícios. Essa avaliação é importante, pois pode haver uma limitação mecânica, física ou temporal no incremento do número total de repetições (i.e., um limite no qual por mais adaptados que os sujeitos se tornem, não há como executarem mais repetições dentro do mesmo intervalo de tempo), momento este que necessitará aumento da duração/número das séries (i.e., volume), modificação do exercício para otimização da sobrecarga ou substituição do mesmo (i.e., intensidade). Contudo, mais pesquisas sobre esse tema ainda são necessárias para elucidar tais questões e identificar quais seriam as melhores estratégias de progressão.

Economia de corrida. Com relação a ECO, não houve melhora quando expressa em valores relativos de VO₂, ao contrário de nossa hipótese, resultando em aumentos significativos (HIIT-T: 7,14%; HIIT-C: 13,34%; CONT: 5,42%). Todavia, quando expressos em percentual do VO_{2máx} e na FCmédia, houve redução de seus valores, indicando melhoria nesses parâmetros independente do grupo de treinamento. Tal resultado contrasta com a literatura, a qual já demonstrou melhoria na ECO em atletas de endurance de diversos níveis competitivos (BARNES, 2014; PATON & HOPKINS, 2004). Com base nisso, era de se esperar que nossa amostra, por possuir janela adaptativa maior em relação a tais atletas, apresentasse maior resposta em termos de ECO. Apesar de não termos uma resposta clara para tal resultado, Franch et

al. (1998) destacam a importância de treinos mais longos para aumentar a economia de corrida do ponto de vista cardiorrespiratório, sugerindo que o volume de treinamento utilizado em nosso estudo poderia ser insuficiente para gerar estas adaptações.

Ainda, Saunders et al. (2004) chamam a atenção para o fato de que, segundo a compreensão da literatura da época, os fatores fisiológicos e não biomecânicos seriam os maiores responsáveis por limitar o VO₂ submáximo. Essa noção é reforçada por Kyrolainen et al. (2001) os quais indicam que aspectos biomecânicos não são os melhores preditores de economia de corrida, apesar de exercerem influência substancial na variação desta. Em seguida, Saunders et al. (2004) recomendam que estudos que objetivam diminuir a demanda energética cardiorrespiratória deveriam focar em melhorar as respostas da FC, ventilação, concentração de lactato e temperatura central. Contudo, dentre as variáveis supracitadas, identificamos uma diminuição significativa da FCmédia durante o teste de ECO em todos os protocolos de treinamento, o que, de certa forma, contrasta tal afirmativa, visto que não foram observadas reduções na ECO. Os mesmos autores também indicam que o treinamento intervalado parece ser efetivo para melhora desses parâmetros e artigo de revisão (PATON & HOPKINS, 2004) identificou aumento de 2,8% até 6,5% da economia de corrida em atletas de *endurance* por meio da utilização de protocolos intervalados com intensidades submáximas e máximas, o que também não é suportado por nossos resultados.

Outra possibilidade, apesar de amplamente especulativa, estaria associada à composição das fibras musculares. Trabalhos prévios já demonstraram que esse fator parece influenciar a ECO (BARNES, 2014; KYROLAINEN et al., 2003; BOSCO et al., 1987). Estudo recente realizado com ratos demonstrou aumento do número de fibras IIX por parte do grupo que realizou treinamento intervalado em comparação ao grupo que treinou de modo contínuo (HOLLOWAY et al., 2015). Nessa lógica, um aumento do número de fibras tipo IIX nos grupos HIIT-T e HIIT-C poderia ocasionar um maior gasto energético, visto que as isoformas da ATPase presente na miosina das fibras tipo II necessitam de uma maior quantidade de ATP por unidade de força produzida em comparação as fibras I (BARNES, 2014).

Esse fato é corroborado pelos resultados de Rusko e Bosco (1987), os quais observaram aumento no consumo de O₂ após 4 semanas de treinamento com uso contínuo de sobrecarga adicional em atletas de *endurance* e sugeriram que esse resultado estaria associado a um maior recrutamento e adaptação das fibras rápidas. Com relação a isso, correlação positiva ($r = 0,60$, $p < 0,01$) foi identificada entre o percentual de fibras tipo II e o custo energético da corrida em 17 atletas ao correrem a $3,3 \text{ m.s}^{-1}$ (i.e., aproximadamente 12 km.h^{-1} , velocidade próxima a avaliada no presente estudo; BOSCO et al., 1987) embora resultado contrário tenha sido encontrado em corridas com intensidades mais altas ($r = -0,63$, $p < 0,05$), porém, com duração curta (1 min) o que deve levar a uma interpretação cautelosa desses resultados (KYROLAINEN et al., 2003).

A melhora dessa variável pode, ainda, estar de alguma forma relacionada com a sua avaliação em estímulos próximos aqueles praticados durante o treinamento (SAUNDERS & PYNE, 2004) e, baseado nos níveis de significância encontrados, nossos resultados também não dão fundamento para essa afirmação, pois o grupo que treinou de forma contínua também não demonstrou melhora. Entretanto, conforme destacado por Barnes (2014), para avaliação da eficiência de um programa de treinamento na ECO, quando possível, é importante avaliarmos a variação intra-individual de nossa variável de interesse. Nesse contexto, o mesmo autor indica que a economia de corrida apresenta variação intra-individual de 1,3-5% em velocidades de $12\text{-}18\text{km.h}^{-1}$ em atletas altamente treinados e, além disso, variações de até 11% já foram relatadas em grupo de 10 homens treinados correndo a 16km.h^{-1} mesmo com controle sendo realizado para tipo de tênis e variação dos equipamentos de medida (MORGAN et al., 1989b).

Complementarmente, apesar de não termos encontrado nenhum estudo que relatou a variação intra-individual em sujeitos destreinados ou recreacionalmente treinados, é de se esperar uma maior diferença (i.e., variação dos resultados) conforme diminui o nível de treinamento dos sujeitos (BARNES, 2014). Dessa forma, apesar de haver sido encontrada piora significativa entre os períodos pré- e pós-intervenção, a partir da análise dos Δ%'s dos grupos (HIIT-T = 6,35%; HIIIT-C = 12,88%; CONT = 3,98%) poderíamos sugerir, com base no que foi exposto anteriormente, que ao menos

os resultados encontrados no grupo CONT estariam dentro da margem de variação intra-individual e que tal diferença poderia não ser proveniente de uma piora dessa variável. Essa afirmativa é reforçada pelo fato de tal grupo haver treinado na faixa de intensidade avaliada e no mesmo tipo de ergômetro (i.e., esteira). De semelhante modo, o grupo HIIT-T apresentou $\Delta\%$ próximo à variação reportada por Barnes (2014), porém, treinou em intensidade maior do que a avaliada apesar do treinamento realizado na esteira. Por fim, o grupo HIIT-C, o qual apresentou a maior queda entre os grupos em termos numéricos (porém sem diferença significativa), não realizou treinamento na intensidade e ergômetro utilizado no teste de economia, indicando que a especificidade do treinamento e avaliação pode ter sido um fator importante para a avaliação da economia de corrida.

Chama a atenção o fato de que a grande maioria dos estudos observados na literatura os quais realizaram avaliação das respostas dessa variável em atletas de *endurance*, o fizeram com base em substituição parcial do volume de treinamento destes (BARNES et al., 2014; PATON & HOPKINS, 2004; JOHNSTON et al., 1997) e/ou adição de exercícios à rotina de treino habitual (BARNES et al., 2013), ou seja, os atletas continuaram realizando grande volume de treinamento em intensidades de prova e na mesma modalidade (corrida) ao qual foram avaliados, mesmo quando os exercícios inseridos eram de cunho resistido ou pliométrico, por exemplo. Já foi demonstrado que o treinamento resistido, especialmente o treinamento explosivo, é capaz de alterar positivamente a economia de corrida nesses atletas (PAAVOLAINEN et al., 1999b; JOHNSTON et al., 1997), o que não foi observado em nosso grupo calistênico. Contudo, o mesmo raciocínio se aplica, visto que o grupo HIIT-C realizou apenas um baixo volume de treinamento, não treinou corrida, assim com também não foi capaz de gerar melhora nos valores máximos de EMG em nenhum dos músculos analisados.

Finalmente, revisão recente sobre o tema (BARNES & KILDING, 2015) sumarizou valores normativos de VO_2 submáximo e máximo para atletas recreacionalmente treinados. Nestes, valores médios de $\sim 42,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ foram identificados em sujeitos com $VO_{2\text{máx}}$ médio de $\sim 54,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (aproximadamente 77% do $VO_{2\text{máx}}$) correndo a $12 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Sob essa perspectiva, já no período pré-intervenção nossos sujeitos apresentavam valores

percentuais entre 76,07-83,88% e, ao fim do programa, esses valores diminuíram para 68,63-75,26% em média, valores próximos ou abaixo daqueles apresentados por atletas recreacionalmente treinados. Além disso, atletas moderadamente treinados com $\text{VO}_{2\text{máx}}$ de ~62,2 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ apresentaram VO_2 submáximo de ~40,7 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (aproximadamente 65% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$) na mesma velocidade de 12 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$. Apesar de valores percentuais maiores (68,63-75,26%) após a intervenção, em termos de VO_2 *per se*, nossos valores estavam próximos aos desses sujeitos (entre 38,64 e 40,11 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

Deste modo, sugere-se que estudos futuros que incorporem exercícios calistênicos realizem avaliação de economia em situação específica ou realizem comparações entre situação específica e ergômetro, assim como também comparem as adaptações de treinamentos com maiores e menores volumes em sujeitos não treinados em exercícios de *endurance*.

Adicionalmente, vale destacar o fato de que ao observarmos os valores referentes à vLV2 dos três grupos no momento pré-intervenção (Tabela 3), fica evidente que a velocidade utilizada no teste de ECO, a qual foi determinada a partir de uma sub-amostra dos sujeitos (ver seção 3.3.3), foi adequada para avaliação dos sujeitos conforme pretendido.

Contração isométrica voluntária máxima. Em relação aos resultados de eletromiografia, não foram encontradas melhorias significativas em virtude do treinamento para a variável EMG nos músculos RF e VL em nenhum dos três grupos avaliados. Esse resultado contraria nossa hipótese inicial, onde se esperava que os grupos que treinaram em alta intensidade apresentariam aumento na amplitude máxima do sinal EMG.

Os autores não encontraram na literatura pesquisada estudos que tenham objetivado avaliar e comparar as adaptações do sinal EMG entre programas de treinamento contínuo e intervalado. Vila-chã e colaboradores (2010) investigaram adaptações provenientes do treinamento contínuo e compararam a execução de seis semanas de treinamento em cicloergômetro (intensidade e volume progressivos de 50 a 85% da FC de reserva e 20 a 50min de duração) com um programa de treinamento resistido, demonstrando aumento da amplitude do sinal EMG em teste de CIVM apenas no grupo que

treinou força (60,7% e 55,4% para os músculos Vasto Medial e VL), indo ao encontro de nossos resultados, que também não demonstraram adaptações positivas nessa variável.

Ainda, também corroborando com nossos resultados, outro estudo (CADORE et al., 2010) comparou o efeito de 12 semanas de treinamento de força com o treino aeróbio e combinado (i.e., aeróbio e força juntos) quanto a amplitude máxima do sinal EMG para os músculos VL e RF durante CIVM. O protocolo aeróbio executado tanto pelo grupo aeróbio quanto combinado correspondeu a três sessões semanais com duração de 20 a 30 min e intensidade entre 80 a 100% da FC correspondente ao LV2. Após o período de treino foram observados incrementos no sinal EMG máximo dos músculos RF e VL apenas para o grupo força ($p < 0,05$), enquanto que os outros dois grupos não demonstraram alterações.

Tradicionalmente, com o intuito de gerar adaptações positivas em fatores neuromusculares são utilizados exercícios resistidos com altas cargas (85-95% de 1RM), geralmente executados na maior velocidade possível (ADAMSOM et al., 2008). Ainda, exercícios explosivos com cargas menores (30-40% de 1RM) também parecem ser efetivos (MIKKOLA et al., 2011; MIKKOLA et al., 2007). Nesse sentido, diversos trabalhos demonstraram melhora de variáveis neuromusculares com a inserção desses tipos de exercícios na periodização de atletas de *endurance* (TAIPALE et al., 2013; MIKKOLA et al., 2011; TAILPALE et al., 2010; MIKKOLA et al., 2007; HOFF et al., 1999; PAAVOLAINEN et al., 1999b). Como mencionado anteriormente, tais sujeitos já se encontram em nível de treinamento elevado, predispondo-os a uma necessidade de tal intervenção para possível incremento de sua performance. Assim, considerando que há uma grande diferença nos volumes e no histórico de treinamento destes sujeitos em relação a indivíduos que não sejam atletas, estes poderiam apresentar respostas diferentes dos primeiros (MIKKOLA et al., 2011). Apesar disso, baseado em nossos resultados, a inserção de exercícios de força já parece ser importante também em sujeitos com menor nível de aptidão e/ou treinamento, uma vez que nenhum dos protocolos de treino *per se* foi capaz de modificar a magnitude do recrutamento máximo muscular.

Ainda, existem estudos os quais não foram capazes de encontrar melhoras no sinal EMG para os músculos VL (TAIPALE et al., 2013; NARICI et al., 1996) e vasto medial (TAIPALE et al., 2013) durante a CIVM após período de treinamento com exercícios resistidos, executados tanto de forma explosiva, de forma máxima ou a combinação de ambos.

Complementarmente, é importante observar a organização dos estímulos dos protocolos empregados no presente estudo. Deste modo, percebe-se que, apesar da suposta alta intensidade aplicada nos grupos HIIT-T e HIIT-C, a qual poderia resultar em elevado estresse das unidades motoras de alto calibre e, consequente, recrutamento das fibras rápidas glicolíticas (BEHM & SALE, 1993), fator este importante para gerar adaptações neuromusculares positivas (BEHM & SALE, 1993), a duração do intervalo de recuperação (i.e., 10 s) é extremamente curta e, deste modo, pode não possibilitar manutenção da produção de força e potência durante as séries subsequentes (RATAMESS et al., 2009), visto que fadiga substancial tem potencial de afetar o padrão de recrutamento motor (MENDEZ-VILLANUEVA et al.; 2008; 2007; RACINAIS et al., 2007; de RUITER et al., 2007; BILLAUT et al., 2005; HAUTIER et al., 2000).

Ainda, estudo de McRae et al. (2012) identificou aumento da capacidade de resistência muscular com a utilização de protocolo semelhante ao HIIT-C, reforçando a possibilidade de que durante os estímulos utilizados, ou a demanda neuromuscular não foi alta o suficiente ou que o intervalo de recuperação foi curto, já que programas voltados a melhora de fatores neuromusculares máximos (i.e., treino resistido, explosivo, entre outros) usualmente aplicam intervalos de recuperação com duração entre 2 a 3 min (MIKKOLA et al., 2011; TAIPALE et al., 2010) com o intuito de manter a capacidade de produção máxima de força e potência.

Paavolainen et al. (1999a) ao avaliarem o sinal EMG pré e pós corrida de 10km com a utilização de corrida de 20m em máxima intensidade, encontraram redução na amplitude do sinal de 28,5 até 57,2% ($p < 0,001$) nas fases de pré-contato e contato para o músculo VL, associado a um aumento no tempo de contato das fases de frenagem e propulsão. Dessa forma, apesar da diferença entre os protocolos da presente investigação e do estudo de Paavolainen e colaboradores (1999a), pode-se sugerir, conforme já explanado anteriormente, que durante a execução dos três protocolos propostos, a

redução da magnitude de recrutamento em virtude de eventual fadiga (i.e., diminuição do recrutamento, da taxa de disparo ou de ambos; BISHOP et al., 2012) não tenha permitido uma adequada adaptação dessa variável.

Essa ideia é suportada por diversos estudos agudos realizados com protocolos de RST em cicloergômetro. Foram identificadas quedas de aproximadamente 14% no sinal RMS do VL após a execução de 10 esforços de 6 s em intensidade *all-out*, alternados com 30s de recuperação (MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2008; 2007) e ao avaliar a fase de aceleração do mesmo protocolo (RACINAIS et al. 2007), diminuições do valor RMS do VL em conjunto com diminuição da ativação voluntária sugerem uma possível diminuição do *drive* neural para o músculo, estando todas essas reduções associadas com quedas significativas da potência produzida. Deve-se ter cautela ao comparar tais protocolos com protocolos de corrida, pois o decréscimo de potência em cicloergômetro (10-25%) normalmente é maior em comparação a corrida (5-15%; BISHOP et al., 2012), o que é sustentado por artigo recentemente publicado (RAMPININI et al., 2016) que demonstrou uma maior redução das propriedades contráteis e da performance (14,0% vs. 4,5%) após protocolo de RST no cicloergômetro do que em pista.

Apesar disso, ao avaliarem a fadiga após tiro máximo de 100 e 200 m (duração média de aproximadamente 15 e 31 s) em esteira instrumentada, Tomazin et al. (2012) identificaram redução de 15,6 e 16,7%, respectivamente, nos valores RMS do VL em teste de CIVM após as corridas de 100 e 200 m, enquanto que Brocherie et al (2014) encontraram redução de 18,7% no RMS do músculo RF após 6 tiros de 35 m com 10 s de recuperação entre eles em jogadores de futebol de elite. Esse último estudo sugere a relevância que um curto intervalo de recuperação pode ter em relação ao surgimento de fadiga (BISHOP, 2012) e redução do sinal RMS, especialmente porque essa relação já foi demonstrada previamente quando em conjunto com quedas acentuadas do desempenho (i.e., > 8% entre entre sprint 1 e 10 em protocolo de RST; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2008; 2007; RACINAIS et al., 2007).

Esses decréscimos na amplitude EMG ocasionadas em conjunto com o processo de fadiga podem ser interpretados como um sinal de alteração no padrão de coordenação neuromuscular devido a uma inibição progressiva de unidades motoras e/ou reduções na taxa de disparo destas (BROCHERIE et

al., 2014), reforçando a noção de isso poderia resultar em um estímulo ineficaz para incrementos na amplitude máxima do sinal. Todavia, cautela é fundamental nessas interpretações uma vez que não necessariamente os efeitos agudos da sessão serão responsáveis pelas adaptações (ou ausência delas) de maneira crônica.

Outro fator que pode haver exercido influência sobre as respostas de EMG é a falta de especificidade da avaliação, nesse caso, a CIVM. Segundo Behm & Sale (1993), as adaptações que ocorrem em virtude do treinamento demonstram serem bastante específicas ao modo de treinamento (i.e., velocidade de movimento e tipo de contração executada). Além disso, ganhos com o treinamento de força podem ser ângulo-específicos (ADAMSOM et al., 2008). Quanto a esse último, nenhum dos protocolos executados foi realizado próximo aos 90º de flexão de joelho e, nem mesmo o protocolo de HIIT-C, o qual executou o *Squat & Thrust*, composto por meio agachamento, apresentou melhora. Além disso, a velocidade de execução parece exercer influência em outras variáveis, como a TDF. Correlações maiores são encontradas entre a TDF isométrica e TDF concêntrica mais lenta ($60^{\circ} \cdot s^{-1}$, $r = 0,88$) em comparação à TDF concêntrica mais rápida ($180^{\circ} \cdot s^{-1}$, $= 0,60$) e, nesse contexto, os autores sugerem que quanto maior for a diferença entre as velocidades comparadas, mais diferentes serão os padrões de recrutamento e coordenação neural (CORVINO et al., 2009).

Dessa forma, sugere-se que avaliações que considerem movimentos dinâmicos para avaliação das adaptações neurais desses modelos de treinamento sejam testadas. Adicionalmente, com base nos resultados encontrados recomenda-se a inclusão de exercícios resistidos, sejam eles balísticos (BEHM & SALE, 1993), pliométricos (BEHRENS et al., 2014) ou resistidos com carga elevada e alta velocidade (TAIPALE et al., 2013; MIKKOLA et al., 2011; TAIPALE et al., 2010; MIKKOLA et al., 2007) para potencializar as adaptações a esses tipos de protocolo.

Ainda, houve redução do sinal EMG do músculo DA em todos os grupos estudados. Esse resultado vai de encontro a nossa hipótese inicial, onde se esperava incremento deste no grupo HIIT-C. Nesse sentido, pelo menos três aspectos podem ter influenciado essa resposta: primeiro, os sujeitos que compuseram a amostra deste estudo concordaram em não realizar outras

formas de exercício físico sistematizado, com exceção de nosso protocolo, durante as 16 semanas de treino. Deste modo, poder-se-ia sugerir que durante sua rotina prévia, estes sujeitos realizassem algum tipo de estímulo que foi interrompido com o início da presente investigação. Segundo, sabe-se que há uma grande variabilidade do sinal EMG (DELUCA, 1997; NARICI et al., 1996). Uma terceira possibilidade seria um posicionamento diferente dos eletrodos em relação ao período pré-intervenção. Esse fator é improvável visto que os eletrodos foram posicionados pelo mesmo avaliador em ambos os momentos, assim como foi elaborado um mapa do posicionamento prévio dos eletrodos para seu correto reposicionamento ao fim do programa (NARICI et al., 1989). Independente da razão, o que é importante perceber é que nenhum dos programas de treinamento foi capaz de gerar incremento nesse desfecho, sugerindo que a inclusão de outros estímulos de treino são necessários para melhorar essa variável, na possibilidade do técnico ou treinador considerar relevante.

Curiosamente, os valores relacionados à variável EMG50 demonstraram incremento após as 16 semanas de intervenção para os músculos RF e VL. Esses resultados sugerem que houve melhorias nas magnitudes dos recrutamentos musculares dos músculos estudados em intensidade mais baixa, fato que não foi identificado na situação de intensidade máxima. Conforme já citado, o único estudo na literatura, de ciência dos autores, que avaliou as adaptações da amplitude do sinal EMG frente a um protocolo de treinamento de *endurance* foi o de Vila-Chã et al. (2010). Além do sinal EMG em teste de CIVM, os autores também avaliaram contrações correspondentes a 10 e 30% da CIVM de cada sessão experimental nos momentos pré-treino, após três semanas e após seis semanas de treinamento. Foram encontrados incrementos significativos após três e seis semanas para os músculos vasto medial e VL (entre ~50-100%). Da mesma forma, nossos resultados demonstraram aumento significativo na amplitude do sinal EMG quando avaliado no mesmo nível relativo de força (i.e., 50% do valor de força medido na mesma sessão, prévio ao esforço submáximo). Esse fato parece indicar que um maior número de unidades motoras está ativo, apesar de necessitar ser visto com cautela (VILA-CHÃ et al., 2010).

Tartaruga e colaboradores (2012) avaliaram a amplitude do sinal EMG dos músculos RF e VL durante teste de ECO (16 km.h⁻¹; 89% da vLV2) em corredores de longa distância ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$: 56,54 ml.kg⁻¹.min⁻¹). Durante as fases de suporte foram encontrados valores de 13,44% e 14,08% da CIVM, enquanto que na fase de balanço os valores foram de 14,38 e 39,36%, ambos para os músculos RF e VL, respectivamente. Em termos práticos, os resultados de Tartaruga et al. (2012) associados aos incrementos observados na avaliação de CIVM50 indicam uma adaptação neuromuscular frente a intensidades mais baixas e, possivelmente, mais próximas e específicas àquelas empregadas durante os protocolos de treinamento sem modificação nos valores de CIVM, em concordância com Vila-Chã et al. (2010).

Kyrolainen et al. (2005), por sua vez, identificaram em corredores de elite valores RMS médios para o RF e VL de, aproximadamente, 25 a 40% e 75 a 100% da CIVM, respectivamente em corridas únicas de 3 min com velocidades correspondentes a 66 a 73% da velocidade máxima de *sprint* (VMS) dos atletas. Ao analisarem a amplitude do sinal EMG em sprints máximos de 30 m, os mesmos autores encontraram valores de 75 a 85% e 125 a 155% da CIVM para os músculos RF e VL. Apesar de não havermos avaliado as VMS, conforme evidenciam Buchheit e Laursen (2013a) em sua revisão sobre o tema, ao menos em corredores de elite a VMS corresponderia a valores acima de 180% da $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, enquanto que valores próximos a 130% da $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ estariam na faixa de ~70% da VMS. Cautela é necessária nessa interpretação, visto que tais percentuais de atividades são altamente dependentes do ângulo em que a CIVM foi realizada.

Esses resultados em conjunto com a possível fadiga originada pelos curtos intervalos de recuperação e consequente diminuição da produção de força nos protocolos de alta intensidade, a qual parece estar associada com uma redução dos valores RMS (BISHOP, 2012), corroboram com a inexistência de incremento em nossos valores RMS. Entretanto, a ausência dos valores de força correspondentes aos testes de CIVM e CIVM50 impede uma melhor e mais profunda discussão desses achados.

Finalmente, apesar da redução na amplitude do sinal EMG para o músculo DA em todos os grupos, os resultados de EMG50 para o mesmo músculo demonstram que embora os grupos HIIT-T e CONT não tenham

demonstrado alterações, o grupo HIIT-C conforme nossa hipótese inicial foi o único grupo que apresentou incremento nessa variável. Esse resultado é bastante interessante. Em conjunto com o incremento na EMG50 para os músculos RF e VL (os quais demonstraram aumento em todos os três grupos estudados), o aumento significativo da amplitude submáxima do músculo DA apenas para o grupo HIIT-C aponta para a importância da especificidade do treinamento inclusive em adaptações de intensidade submáxima.

Apesar de lógica e até mesmo óvia essa adaptação não havia sido demonstrada em protocolos calistênicos. Mais importante, somada à melhora da capacidade de resistência muscular observada por McRae et al. (2012), demonstram o potencial que esse método de treino tem de, além de resultar em incrementos de variáveis cardiorrespiratórias na mesma magnitude que os protocolos CONT e HIIT-T, poder melhorar aspectos que não são possíveis com os protocolos tradicionais, o que pode ser extremamente relevante na população em geral, dado a economia de tempo que isso resultaria.

Saltos contramovimento e agachado. Foram observados aumentos significativos da altura de salto em todos os grupos estudados (CMJ: $p = 0,002$; SJ: $p = 0,005$) e, contrário a nossa hipótese inicial, não houve diferenças entre os grupos no período pós-intervenção (CMJ: $p = 0,873$; SJ: $p = 0,719$). Os únicos estudos encontrados na literatura que avaliaram adaptações do CMJ frente a um programa de treinamento de corrida foram os de Jakobsen et al. (2012) e Lockie et al., (2011). No primeiro, os autores compararam as adaptações de 12 semanas de treinamento contínuo (55 min a 80% FCmáx) e intervalado (5x 2 min a 90% FC_{máx} alternados com 1 min de repouso) em adultos destreinados. O segundo, por sua vez, avaliou as adaptações após seis semanas de dois programas progressivos de *sprints* repetidos (6-8x de 3-5 *sprints* de 30-60 m), sendo um deles realizado com resistência de 13% do peso corporal em atletas de esportes coletivos. Em ambos os casos, não foram identificadas melhorias significativas em relação à altura de salto CMJ, o que difere de nossos resultados.

Tradicionalmente, o desempenho no CMJ pode ser aumentado através, principalmente, da melhora dos componentes contráteis do músculo e/ou da eficiência do ciclo alongamento-encurtamento (CAE; BAKER, 1996), ao passo

que o SJ não possui participação do CAE. Nesse contexto, em conjunto com a ausência de incrementos na altura de salto, Jakobsen e colaboradores (2012) também não identificaram aumentos na área de secção transversa muscular (CSA), mudanças no tipo de fibra muscular, assim como na TDF e na potência produzida após ambos os protocolos de corrida. Por outro lado, um terceiro grupo nesse mesmo estudo o qual realizou treinamento de força (3-4 séries de 6-10RM) aumentou 17% a altura do salto CMJ, 34% a CSA, 37% o percentual de fibras IIA e 87% a TDF (JAKOBSEN et al., 2012). Apesar disso, é importante notar a diferença na magnitude das alturas de salto entre as duas investigações, visto que o grupo que treinou força apresentava valores pré- e pós-intervenção de aproximadamente 25 e 29 cm, respectivamente, ao passo que na situação pré-treinamento nossos grupos já apresentavam altura de salto média de 32 cm.

Adicionalmente, como já mencionado, a altura alcançada em saltos verticais pode ser aumentada devido a adaptações na eficiência do CAE. Uma estratégia comumente empregada com esse intuito é a prática de exercícios pliométricos (ASADI & RAMIREZ-CAMPILLO, 2016; DAVIES et al., 2015). Esses programas, de modo geral, empregam diversos tipos de saltos como forma de treino, contudo, a corrida também pode ser compreendida como um exercício pliométrico (DAVIES et al., 2015; HARMAN et al., 1990). Isso ocorre, pois a corrida é composta por uma sucessão de contrações excêntricas seguidas rapidamente de contrações concêntricas para propulsão do corpo (KYROLAINEN et al., 2005; BEATTIE et al., 2016) com acúmulo e utilização de energia potencial elástica contribuindo para uma maior produção de força. Ainda, já foi demonstrado previamente que quanto maior a velocidade de corrida, maior é a força de reação do solo resultante (WILD et al., 2011; MUNRO et al., 1987) e, dessa forma, ocorrem contrações excêntricas mais rápidas e/ou maiores estiramentos da musculatura seguidas de contrações concêntricas mais rápidas e vigorosas, as quais são necessárias para manutenção da alta velocidade empregada no deslocamento e permitem uma melhor utilização do CAE (KOMI e BOSCO, 1978).

Considerando a alta intensidade utilizada no protocolo HIIT-T, pode-se sugerir que adaptações na eficiência do CAE tenham ocorrido. O protocolo HIIT-C, por sua vez, executou o exercício de *squat & thrusts*, o qual é

composto por uma fase com meio agachamento e o *burpee*, que conta com um salto vertical, ambos os exercícios com padrões de movimento próximos aqueles empregados nos saltos avaliados, especialmente por causa da intensidade *all-out* empregada no processo de treino, a qual pode ocasionar um possível emprego importante do CAE nas rápidas transições entre as fases dos exercícios utilizados. Com relação ao treino CONT, os autores desconhecem razões que predisponham a uma melhora significativa do CAE nesse tipo de treino, em conformidade com Jakobsen et al. (2012), todavia o presente estudo apresentou duração mais longa (16 versus 12 semanas) e intensidades mais elevadas e individualizadas (90-95% FC associada ao LV2 versus 55-80% FC_{máx}) para o protocolo contínuo.

Incrementos no CAE poderiam explicar a melhora no CMJ, entretanto, aumento significativo na altura do SJ também foi observado em todos os grupos. Diferente do CMJ, o SJ possui apenas uma fase concêntrica e, consequentemente, é dependente de melhorias do componente contrátil para seu incremento (BAKER et al., 1996; KOMI e BOSCO, 1978). Desse modo, existem duas possibilidades: (i) os incrementos nos saltos CMJ e SJ ocorreram ambos em decorrência de melhorias no componente contrátil; ou (ii) houve melhorias tanto na eficiência do CAE quanto do componente contrátil em virtude dos protocolos de treinamento utilizados. Tendo em vista que não foram identificadas diferenças provenientes do treinamento na razão de utilização excêntrica, o qual pode ser compreendido como um indicador da performance do CAE (TUFANO et al., 2013; RIGGS e SHEPPARD, 2009; MCGUIGAN et al., 2006), aliado a uma melhora na potência e potência relativa em ambos os saltos e sem diferenças entre o tipo de treino empregado, é mais provável que estes incrementos tenham sido mais influenciados por adaptações do componente contrátil muscular.

Dentro do domínio das adaptações desse componente, a ausência de incrementos na amplitude máxima do sinal EMG durante a CIVM poderia apontar para modificações morfológicas e não neuromusculares. Essa ideia é suportada pelos resultados de Osawa e colaboradores (2014) que, apesar das limitações de comparação provenientes da diferença dos ergômetros utilizados, identificaram em homens saudáveis um aumento de aproximadamente 11% na CSA dos músculos do quadríceps femoral após 16 semanas (com apenas 2

treinos semanais) de HIIT em cicloergômetro (12x 1 min a 90% VO₂_{pico} por 1 min de recuperação passiva). Contudo, a ausência de tais avaliações (i.e., morfológicas) impossibilita um maior aprofundamento desses resultados na presente investigação.

Em recente artigo, Perez-Gomez e Calbet (2013) revisaram estudos que objetivaram aumentar o desempenho no salto vertical. Os autores demonstraram que protocolos que empregaram treinamentos de força com duração de 6 a 8 semanas em sujeitos não treinados em força resultaram em ganhos entre 9,5 e 20% no SJ e 6,6 e 15% no CMJ. Quantos aos estudos que avaliaram protocolos de pliometria, estes apresentavam duração de 4 a 12 semanas, também em sujeitos não treinados, e observaram-se melhorias entre 6,8 e 13,6% no SJ e 5,4 e 14,6% no CMJ. Por fim, em estudos que realizaram treinamentos combinados de força e pliometria com durações de 3 a 12 semanas, incrementos de 11,5 a 16,6% no SJ e 4,0 até 15,1% no CMJ foram identificados.

Dessa forma, os percentuais dos incrementos observados no CMJ e SJ em nosso estudo, a ausência de diferença entre os três grupos avaliados aliados a relevância que o treinamento de força possui (seja ele executado com altas cargas, movimentos explosivos, assim como exercícios pliométricos) no aumento do desempenho no salto vertical (PEREZ-GOMEZ e CALBET, 2013), como também na performance de corrida (LOCKIE et al., 2011) evidenciam que protocolos aeróbios (mesmo os de altíssima intensidade) executados em sujeitos que não apresentam um alto nível de treinamento já poderiam se beneficiar da inclusão de tais programas, apesar de incrementos significativos serem identificados com os protocolos que empregamos.

A respeito das correlações estabelecidas (Tabela 5), foram observadas correlações significativas em ambos os saltos entre os incrementos nas alturas de salto e nas potências, tanto absoluta quanto relativa. Esses resultados estão de acordo com os valores apresentados por Riggs e Sheppard (2009) em avaliação de grupo de voleibolistas de elite. Os autores reportaram correlações de $r = 0,88$ e $0,94$ entre altura do salto SJ e a potência e altura de salto SJ e potência relativa, respectivamente. Para o salto CMJ, valores de $r = 0,77$ e $0,83$ foram identificados entre as mesmas variáveis. Além disso, Harman et al.

(1990) já havia demonstrado que a potência pico era o melhor preditor ($r^2 = 0,89$) da performance no salto CMJ (i.e., a altura dos alto).

Em concordância com esses resultados, foram também observados incrementos na TDF pico e média em ambos os janelamentos após a intervenção ($p < 0,001$) para o salto CMJ, sem diferença entre os protocolos de treinamento. Esses resultados demonstram que os sujeitos foram capazes de melhorar a capacidade de gerar força explosiva e contrariam os de Jakobsen et al. (2012), os quais não identificaram diferenças na TDF do salto CMJ em homens não treinados após 12 semanas de HIIT e CONT. Essa diferença poderia ser parcialmente explicada com base no modo como os programas de treinamento foram prescritos, já que o protocolo contínuo desse estudo teve duração de 55 min em intensidades de ~80% FC_{máx} e o treino intervalado duração de 15 min (5x 2 min a >90% FC_{máx} alternado com 1 min de recuperação passiva), ao passo que nossos protocolos de HIIT apresentaram intensidades de 130% VO_{2máx} e *all-out* e nosso protocolo contínuo teve volume menor, porém, maior intensidade.

Existem autores que defendem que o estímulo de treinamento mais importante para aumento da TDF nos períodos iniciais de contração (i.e., < 100ms) está relacionado com a execução de exercícios que objetivem máxima aceleração, independente da velocidade real do movimento (Andersen et al., 2010). Nesse sentido, em adultos jovens, aumentos na TDF tem sido atribuídos a um aumento do drive neural nos primeiros 100 ms de ativação muscular (Van Cutsem 1998). Ainda, foram observados aumentos paralelos da TDF e da amplitude do sinal EMG após programa de treino resistido (Aagard et al., 2002) e mecanismos neurais são tidos como fatores importantes para o aumento da TDF induzido pelo processo de treinamento (Aagard et al., 2002; 2003), com ênfase no incremento da frequência de disparo dos motoneurônios.

Não identificamos melhora na amplitude máxima do sinal EMG para os músculos VL e RF no teste de CIVM. Porém, tendo em vista o aumento significativo nas variáveis de salto, não podemos descartar uma possível falta de especificidade da avaliação de CIVM em detectar tais alterações (BEHM & SALE, 1993) e, dessa forma, sugere-se que futuros estudos os quais avaliem as respostas de força explosiva provenientes de protocolos de HIIT por meio de

salto CMJ realizem avaliação conjunta da amplitude EMG para auxiliar na identificação dos possíveis mecanismos responsáveis por essa adaptação.

Além disso, a corrida em esteira não ocorre com base em deslocamentos horizontais, mas sim por meio da manutenção da posição e consequentemente maior direcionamento de forças no sentido vertical (WILD et al., 2011). Assim, tendo em vista que maiores velocidades de corrida ocasionam um aumento na força de reação do solo vertical (MUNRO et al., 1987) e maior dependência de forças reativas (WILD et al., 2011), pode-se supor um efeito de transferência positivo dos protocolos em esteira para o teste de salto CMJ. O protocolo HIIT-C, por sua vez, é executado em máxima velocidade ao longo de todo a seção, em conformidade com o proposto por Andersen et al. (2003), de que esse seria o fator mais importante para adaptações da TDF nos períodos iniciais de contração, isto é, nos janelamentos utilizados no presente estudo.

Todavia, apesar de mecanismos neuromusculares representarem os mecanismos primários responsáveis pelo aumento na TDF observado com o treinamento, mudanças induzidas pelo processo de treino no tamanho das fibras musculares e na arquitetura muscular poderiam também contribuir para o aumento da TDF (AAGARD et al., 2003), mas devido a ausência dessas variáveis, não é possível fazer inferências quanto aos mecanismos responsáveis por essas adaptações.

Portanto, com base nos incrementos da EMG50 no teste de CIVM e da TDF no salto CMJ podemos indicar que adaptações neuromusculares ocorreram em resposta aos protocolos de treino e que estas podem ter influenciado nos incrementos das alturas de ambos os saltos e no aumento da potência máxima produzida neles. Porém, considerando que não houve avaliações de cunho morfológico e que estas já foram demonstradas em protocolos de HIIT (OSAWA et al., 2014) e CONT (BOUDOU et al., 2003), não podemos excluir que esse fator possa também ter exercido influência nos resultados, apesar de maiores aprofundamentos fugirem do escopo desse trabalho. Desse modo, apesar do volume de treinamento bastante reduzido, protocolos de HIIT-T e HIIT-C realizados três vezes por semana são capazes de melhorar variáveis neuromusculares após 16 semanas de treinamento.

Escala de divertimento. Por sua vez, os resultados da escala de divertimento revelaram que não houve alterações dessa variável ao longo do estudo em nenhum dos grupos e que todos os tipos de treino apresentaram escores semelhantes. Em outras palavras, indica que de modo geral todos os grupos foram capazes de suportar as 16 semanas de treinamento e se mantiveram igualmente motivados. Esse achado é extremamente relevante para os grupos HIIT-T e HIIT-C, os quais empregaram intensidades supramáxima e *all-out*, respectivamente, ao mesmo tempo em que utilizaram curtos períodos de recuperação.

Nossos resultados concordam e confirmam parcialmente os de Martinez et al. (2015) ao compararem as respostas agudas de divertimento provenientes da execução de protocolo contínuo de alta intensidade (20 min em intensidade correspondente a 10% da distância entre LV2 e o $\text{VO}_{2\text{pico}}$) e de três protocolos de HIIT com relação esforço:pausa de 1:1 (24 min de estímulos de 30, 60 e 120 s a 60% da distância entre LV2 e $\text{VO}_{2\text{pico}}$). Primeiro e mais importante, os autores demonstraram que os treinos intervalados com esforços de 30 e 60 s apresentaram respostas significativamente maiores que as dos treinos contínuo e de 120 s. Assim, apesar da alta intensidade aplicada aos grupos HIIT-T e HIIT-C, é possível que a curta duração dos estímulos (e ainda da sessão) possa ter permitido a manutenção dos níveis de divertimento nesses grupos. Os valores observados por eles para os grupos 30 e 60s (aproximadamente 91 e 96 pontos, respectivamente) se assemelham aos nossos e colaboram com essa concepção, demonstrando que sessões de treinamento intensas, porém com volume bastante reduzido podem ser percebidas como relativamente divertidas e que essa sensação pode ser mantida por até 16 semanas com frequência de três sessões semanais, fato que já havia sido apontado em intervenção de quatro semanas com protocolo HIIT-C em mulheres jovens (MCRAE et al., 2012).

Segundo, comparando os resultados obtidos nos grupos contínuos dos dois estudos, percebemos que durante nossa primeira sessão valores mais elevados (~101 pontos) foram observados em comparação aos de seu treino em alta intensidade (83 pontos). Esses resultados corroboram com o conceito de que treinos contínuos na intensidade de LV2 ou acima desta tem efeito mais negativos sobre esse tipo de resposta (EKKEKAKIS et al., 2004; EKKEKAKIS &

PETRUZZELLO, 2000), além de indicar que, assim como em nossos grupos de HIIT, esses resultados podem ser mantidos por até 16 semanas.

Apesar de não haver sido identificada diferença significativa, é interessante observar (Figura 5) que nos resultados da semana oito, isto é, na sessão imediatamente após o reajuste de carga, é onde se observam os menores valores absolutos para os grupos HIIT-T e CONT, ao passo que o grupo HIIT-C, o qual não sofreu alterações no treino com base no teste incremental não demonstrou esse comportamento. Esse resultado em conjunto com a ausência de incrementos no número de repetições totais executadas entre a oitava e décima sexta semana sugere que é possível que os sujeitos do grupo HIIT-C estivessem adaptados ao processo de treino, resultando em um estímulo de treino submáximo, o qual foi percebido como mais divertido em vista de uma menor sensação de desconforto por parte do treino (MARTINEZ et al., 2015).

Por outro lado, aponta para o possível cuidado que se deve ter com alterações ou reajustes frequentes de carga ao longo de um período de treinamento. Ou seja, mesmo que os sujeitos estejam, sob uma perspectiva fisiológica, adaptados aos estímulos empregados e necessitando de novo incremento na sobrecarga, é plausível que psicologicamente o quadro não seja o mesmo, reiterando a importância que esse tipo de controle tem durante o processo de treino. Em ambos os casos, são necessários mais estudos que elucidem estes aspectos.

Deste modo, a ausência de diferenças significativas entre os três grupos estudados quanto à escala de divertimento ao longo de toda a intervenção, em conjunto com os incrementos positivos de diversas variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares, também sem diferença entre os grupos, sugerem a possibilidade de alternância entre esses modos de treinamento durante a prescrição de programas de exercício para população semelhante. Nesse contexto, a alternância entre os protocolos estudados pode favorecer a aderência, visto que aumenta a diversificação do mesmo, situação mais próxima ao padrão de prescrição de clubes e academias atuais, onde há uma necessidade constante de alterações nos exercícios das sessões para que os alunos não as considerem monótonas. Logo, a possibilidade de fazer

isso, alcançar os resultados pretendidos e manter a motivação é extremamente relevante.

Variáveis antropométricas. Por fim, foram identificadas diferenças significativas entre os momentos pré e pós-intervenção para as variáveis Σ Dobras ($p < 0,001$) e %Gordura ($p < 0,001$). Apesar disso, no presente estudo os sujeitos foram apenas aconselhados a manterem suas rotinas alimentares, não sendo empregado nenhum tipo de controle sobre a ingestão calórica ou alimentar. Esse fator limita a interpretação e extração dos resultados de ambas as variáveis, visto que não se pode afirmar que essas reduções ocorreram em virtude da intervenção. Adicionalmente, mesmo que pudéssemos concluir que tais alterações são provenientes dos programas de treinamento, a magnitude das reduções possuiria pouca relevância clínica.

Limitações e sugestões. Apesar dos diversos resultados positivos identificados, algumas limitações necessitam ser reconhecidas. Primeiramente, a ausência de medidas entre as semanas 1 e 16 impossibilitaram um maior aprofundamento sobre o comportamento e a ocorrência de estagnação ou não dessas adaptações ao longo do período estudado. Além disso, as adaptações cardiorrespiratórias ao protocolo HIIT-C foram avaliadas com base em uma atividade inespecífica ao treinamento, o que não ocorreu com os outros dois grupos.

Da mesma forma, o emprego do teste de CIVM também pode ter representado uma avaliação inespecífica aos exercícios executados e futuros estudos deveriam verificar as respostas da amplitude máxima do sinal eletromiográfico frente a testes dinâmicos em movimentos com velocidades mais próximas as ações musculares destes protocolos. Ainda, tais investigações se beneficiariam do emprego conjunto de avaliações morfológicas e neurais, de modo a aprofundar a visão sobre os mecanismos responsáveis por tais adaptações. O treino HIIT-T, por sua vez, demonstrou um maior incremento na vLV2 em comparação aos demais grupos, entretanto, essa avaliação foi realizada em esteira e cautela é necessária, pois esse resultado pode não apresentar uma transferência direta para provas de corrida em pista, por exemplo.

Essas limitações, de modo geral, não devem diminuir a relevância dos resultados encontrados, mas sim, servem como sugestões para que futuras investigações possam aprofundar e melhor elucidar os aspectos adaptativos desses métodos de treinamento.

Complementarmente, o protocolo HIIT-C não sofreu nenhuma alteração no decorrer das 16 semanas. Isso ocorreu com a intenção de que os próprios sujeitos incrementassem a intensidade da sessão ao longo de todo o programa conforme se tornassem mais aptos fisicamente. De fato, com base no número de repetições executadas (Figura 4), isso ocorreu até a oitava semana, porém não foram encontrados incrementos da oitava para a décima sexta semana. Com base nisso, é possível sugerir outra estratégia para prescrição do treinamento calistênico que não utilize apenas a intensidade *all-out*, mas também cadências associadas a uma série *all-out* de referência em intervalo de tempo pré-determinado. Nesse sentido, o sujeito realizaria uma primeira sessão de treino onde o número de repetições de determinado exercício executado em intensidade *all-out* seria avaliado. Essa avaliação se daria com base em um tempo fixo e, a partir do número de repetições totais, estímulos poderiam ser propostos em termos de número de repetições máximas ou % de repetições máximas no mesmo tempo.

Esse modelo de avaliação/prescrição poderia ser utilizado, inclusive, para acompanhamento da adesão do sujeito ao programa de treino, onde a incapacidade de manutenção do número de repetições estipuladas ao longo dos treinos (i.e., perda de desempenho ou motivação) poderia indicar a necessidade de um melhor acompanhamento do aluno ou atleta ou intervenção na prescrição e/ou recuperação.

Ainda, com base no incremento da variável EMG50 no músculo DA apenas para o grupo HIIT-C, sugere-se que futuros estudos possam avaliar adaptações ao protocolo utilizado que confirmem a especificidade desse treino em gerar respostas nos grupamentos musculares utilizados.

6. Conclusão

Diante dos resultados encontrados, conclui-se que os três protocolos de treinamento empregados são igualmente eficientes para melhora da potência aeróbia máxima, assim como do segundo limiar ventilatório em até 16 semanas de treinamento apesar de não terem sido capazes de gerar incrementos na economia de corrida, assim como na amplitude máxima do sinal eletromiográfico nesse mesmo tempo. Por sua vez, também se identificaram melhoras na altura de salto, potência máxima absoluta e relativa em ambos os saltos, assim como aumento da TDF no salto CMJ, demonstrando incrementos na força reativa e explosiva. Finalmente, caso o objetivo seja melhora da velocidade associada com o LV2, a execução de protocolo de intensidade supramáxima em esteira parece ser uma melhor alternativa em comparação aos treinos HIIT-C e CONT e o emprego do protocolo HIIT-C pode resultar em incrementos submáximos maiores no músculo DA.

Referências

- AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **J Appl Physiol.** v. 93, n. 4, p. 1318-1326, 2002.
- AAGAARD, P. Training-induced changes in neural function. **Exerc Sport Sci Rev.** v. 31, n. 2, p. 61-67, 2003.
- ADAMSOM, M. et al. Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development. **Eur J Appl Physiol.** v. 103, n. 5, p. 553-559, 2008.
- ALKAHTANI, S. A. et al. Effect of interval training intensity on fat oxidation, blood lactate and the rate of perceived exertion in obese men. **SpringerPlus**, v. 2, p.1-9, 2013.
- ALKAHTANI, S. A. et al. Interval Training Intensity Affects Energy Intake Compensation in Obese Men. **Int J Sports Nutr Exerc Metab**, v. 24, n. 6, p. 595-604, 2014.
- ANDERSEN, L. L. et al. Early and late rate of force development: differential adaptative responses to resistance training? **Scan J Med Sci Sports.** v. 20, n. 1, p. e162-e169, 2010.
- ANTUNES, A. H. **Efeitos de dois tipos de sessão de treino em parâmetros fisiológicos e neuromusculares de patinadores.** 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ARNARDÓTTIR, R. H. et al. Interval training compared with continuous training in patients with COPD. **Resp Med**, v. 101, p. 1196-1204, 2007.

ASADI, A.; RAMÍREZ-CAMPILLO, R. Effects of cluster vs. tradicional plyometric training sets on maximal-intensity exercise performance. **Medicina**. v. 52, n. 1, p. 41-45, 2016.

ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. **Acta Physiol Scand**, v. 91, p. 385–393, 1974.

ASTORINO, T. et al. EFFECT OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON CARDIOVASCULAR FUNCTION, $\text{VO}_{2\text{MAX}}$, AND MUSCULAR FORCE. **J Stren Cond Res**, v. 26, n. 1, p.139-145, 2012.

ASTORINO, T. M.; SCHUBERT, M. M. Individual Responses to Completion of Short-Term and Chronic Interval Training: A Retrospective Study. **PLoSOne**. v. 9, n.5, p. 1-9, 2014.

ASTRAND, I. et al. Intermittent Muscular Work. **Acta Physiol Scand**, v. 48, p. 448-453, 1960a.

ASTRAND, I. et al. Myohemoglobin as an oxygen-store in man. **Acta Physiol Scand**, v. 48, p. 454-460, 1960b.

BAILEY, S. J. et al. Influence of repeated sprint training on pulmonary O_2 uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. **J Appl Physiol**. v. 106, n. 6, p. 1875-1887, 2009.

BAKER, D. Improving Vertical Jump Performance Through General, Special And Specific Strength Training: A Brief Review. **J Strength Cond Res**. v. 10, n. 2, p. xx-xx, 1996.

BARKER, A. R. et al. The influence of 2 weeks of low-volume high-intensity interval training on health outcomes in adolescent boys. **J Sports Sci**, v. 32, n. 8, p. 757-765, 2014.

BARNES, Kyle. **Strategies to Improve Running Economy in Trained Distance Runners.** 2014. 225 f. Tese (Doutorado em Filosofia – PhD) Sports Performance Research Institute New Zealand, Auckland University of Technology, Auckland, 2014.

BARNES, K. R. et al. Effects of different uphill interval-training programs on running economy and performance. **Int J Sports Physiol Perform.** v. 8, n. 6, p. 639-647, 2013.

BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Running economy: measurement, norms and determining factors. **Sports Med.** v. 1, n. 8, p. 1-15, 2015.

BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. **Sports Med.** v. 4, n. 6, p. 381-394, 1987.

BARTLETT, J. D. et al. Matched work high-intensity interval and continuous running induce similar increases in PGC-1 α mRNA, AMPK, p38, and p53 phosphorylation in human skeletal muscle. **J Appl Physiol**, v. 112, n. 7, p. 1135-1143, 2012.

BAYATI, M. et al. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble ‘all-out’ sprint interval training. **J Sports Sci Med**, v. 10, n. 3, p. 571-576, 2011.

BEAUCHAMP M. K. et al. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease- a systematic review. **Thorax**, v. 65, n. 2, p. 157-164, 2010.

BEATTIE, K. et al. The effect of strength training on performance indicators in distance runners. **J Strength Cond Res.** [Epub ahead of print], 2016.

BEHM, D. G.; SALE, D. G. Velocity Specificity of Resistance Training. **Sports Med.** v. 15, n. 6, p. 374-388, 1993.

BEHRENS, M. et al. Effect of plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles. **Int J Sports Med.** v. 35, n. 2, p. 101-119, 2014.

BELCASTRO, A. N.; BONEN, A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. **J Appl Physiol**, v. 39, n. 6, p. 932-326, 1975.

BERGER, N. J. A.; JONES, M. J. Pulmonary O₂ uptake on-kinetics in sprint- and endurance-trained athletes. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 32, n. 3, p. 383-393, 2007.

BILLAT, L. V. et al. Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. **Eur J Appl Physiol**, v. 80, n. 2, p. 159-161, 1999.

BILLAT, L. V. et al. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. **Eur J Appl Physiol**, v. 81, n. 3, p. 188-196, 2000.

BILLAT, L. V. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. **Sports Med**, v. 31, n. 1, p. 13-31, 2001.

BILLAT, L. V. et al. Very Short (15 s±15 s) Interval-Training Around the Critical Velocity Allows Middle-Aged Runners to Maintain VO_{2max} for 14 minutes. **Int J Sports Med**, v. 22, n. 3, p. 201-208, 2001.

BILLAUT, F. et al. Muscle coordination changes during intermittent cycling sprints. **Neurosci Lett**. v. 380, n. 3, p. 265-269, 2005.

BISHOP, D. J. et al. Fatigue during intermittent-sprint exercise. **Clin Exp Pharmacol Physiol**. v. 39, n. 9, p. 836-841, 2012.

BOGDANIS, G. C. et al. Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. **J Physiol**, v. 482, n. 2, p. 467-480, 1995.

BOGDANIS, G. C. et al. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **J Appl Physiol**, v. 80, n. 3, p. 876-884, 1996.

BOGDANIS, G. C. et al. Short-term high-intensity interval exercise training attenuates oxidative stress responses and improves antioxidant status in healthy humans. **Food Chem Toxicol**, v. 61, p. 171-177, 2013.

BORJI, R. et al. Neuromuscular fatigue during high-intensity intermittent exercise in individuals with intellectual disability. **Res Dev Disabil**, v. 34, n. 12, p. 4477-4484, 2013.

BONACCI, J. et al. Neuromuscular Adaptations to Training, Injury and Passive Interventions Implications for Running Economy. **Sports Med**, v. 39, n. 11, p. 903-921, 2009.

BOSCO, C. et al. Relationship between the efficiency of muscular work during jumping and the energetics of running. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 56, n. 2, p. 138-143, 1987.

BOUDOU, P. et al. Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men. **Eur J Endocrinol**, v. 149, n. 5, p. 421-424, 2003.

BOYD, J. C. et al. Reducing the Intensity and Volume of Interval Training Diminishes Cardiovascular Adaptation but Not Mitochondrial Biogenesis in Overweight/Obese Men. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. 1-8, 2013.

BROCHERIE, F. et al. Neuro-mechanical and metabolic adjustments to the repeated anaerobic sprint test in professional football players. **Eur J Appl Physiol**. v. 115, n. 5, p. 891-903, 2014.

BUCHHEIT, M. et al. Muscle Deoxygenation during repeated sprint running: effect of active vs. passive recovery. **Int J Sports Med**, v. 30, n. 6, p. 418–425, 2009.

BUCHHEIT, M. Repeated-Sprint Performance in Team Sport Players: Association with Measures of Aerobic Fitness, Metabolic Control and Locomotor Function. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 3, p. 230-239, 2012.

BUCHHEIT, M; LAURSEN, P. B. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle Part I: Cardiopulmonary Emphasis. **Sports Med**, v. 43, n. 5, p. 313-338, 2013a.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle Part II: Anaerobic Energy, Neuromuscular Load and Practical Applications. **Sports Med**, v. 43, n. 10, p. 927-954, 2013b.

BUNC, V. et al. Ventilatory Threshold in Various Groups of Highly Trained Athletes. **Int J Sports Med**. v. 8, n. 4, p. 275-280, 1987.

BURGOMASTER, K. A. et al. Effect of Short-Term Sprint Interval Training on Human Skeletal Muscle Carbohydrate Metabolism During Exercise and Time Trial Performance. **J App Physiol**. v. 100, n. 6, p. 2041-2047, 2006.

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

BURKE, J. et al. Comparison of effects of two interval-training programmes on lactate and ventilatory thresholds. **Br J Sp Med**, v. 28, n. 1, p. 18-21, 1994.

CADORE, E. L. et al. Physiological Effects of Concurrent Training in Elderly Men. **Int J Sports Med.** v. 31, n. 10, p. 689-697, 2010.

CADORE E. L. et al. Effects of Strength, Endurance, and Concurrent Training on Aerobic Power and Dynamic Neuromuscular Economy in Elderly Men. **J Strength Cond Res.** v. 25, n. 3, p. 758-766, 2011.

CREER, A. R. et al. Neural, Metabolic, and Performance Adaptations to Four Weeks of High Intensity Sprint-Interval Training in Trained Cyclists. **Int J Sports Med.** v. 25, n. 2, p. 92-98, 2004.

CONLEY, D. L.; KRAHENBUHL, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Med Sci Sports Exerc.** v. 12, n. 5, p. 357-360, 1980.

CORNELISSEN, V. A.; FAGARD, R. H. Effects of Endurance Training on Blood Pressure, Blood Pressure–Regulating Mechanisms, and Cardiovascular Risk Factors. **Hypertension**, v. 46, n. 4, p. 667-675, 2005.

CORVINO, R. B. et al. Rate of Force Development in Different Muscle Contraction Velocities. **Rev Bras Med Esporte.** v. 15, n. 6, p. 428-431, 2009.

COYLE, E. F. Very intense exercise is extremely potent and time efficient: a reminder. **J Appl Physiol.** v. 98, n. 6, p. 1983-1984, 2015.

DAVIES, G. et al. Current concepts of plyometric exercise. **Int J Sports Phys Ther.** v. 10, n. 6, p. 760-786, 2015.

DELUCA, C. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. **J Appl Biomech.** v. 13, p. 135-163, 1997.

DEMARLE, A. P. et al. Whichever the initial training status, any increase in velocity at lactate threshold appears as a major factor in improved time to

exhaustion at the same severe velocity after training. **Arch Physiol Biomech.** v. 111, n. 2, p. 167-176, 2009.

DE RUITER, C. J. et al. The Isometric Torque at Which Knee-Extensor Muscle Reoxygenation Stops. **Med Sci Sports Exerc.** v. 39, n. 3, p. 443-452, 2007.

DENADAI, B. S. et al. Interval Training at 95% and 100% of the velocity at $\text{VO}_{2\text{max}}$: effects on aerobic physiological indexes and running performance. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 31, n. 6, p. 737-743, 2006.

DENIS, C. et al. Effect of 40 Weeks of Endurance Training On The Anaerobic Threshold. **Int J Sports Med.** v. 3, n. 4, p. 208-214, 1982.

DUPONT, G. et al. Passive versus Active Recovery during High- Intensity Intermittent Exercises. **Med Sci Sports Exerc.** v. 36, n. 2, p. 302-308, 2004.

EDGE, J. et al. Effects of High- and Moderate-Intensity Training on Metabolism and Repeated Sprints. **Med Sci Sports Exerc.** v. 37, n. 11, p. 1975-1982, 2005.

EKKEKAKIS, P.; PETRUZZELLO, S. J. Analysis of the affect measurement conundrum in exercise physiology I. Fundamental issues. **Psychol Sport Exerc.** v. 1, p. 71-88, 2000.

EKKEKAKIS, P. et al. Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise: rationale and a case for affect-based exercise prescription. **Prev Med.** v. 38, n. 2, p. 149-159, 2004.

ESFANDIARI, S. et al. Short-term high-intensity interval and continuous moderate-intensity training improve maximal aerobic power and diastolic filling during exercise. **Eur J Appl Physiol.** v. 114, n. 2, p. 331,343, 2014.

ESFARJANI, F.; LAURSEN, P. B. Manipulating high-intensity interval training: Effects on $\text{VO}_{2\text{max}}$, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. **J Sci Med Sport.** v. 10, n. 1, p. 27-35, 2007.

FERRARI, R. et al. Efficiency of twice weekly concurrent training in trained elderly men. **Exp Gerontol.** v. 48, n. 11, p. 1236-1242, 2013.

FLECK e KRAEMER. **Fundamentos do treinamento de força muscular.** Artmed: Porto Alegre, 2006.

FRANCH, J. et al. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. **Med Sci Sports Exerc,** v. 30, n. 8, p. 1250-1256, 1998.

FREYSSIN, C. et al. Cardiac Rehabilitation in Chronic Heart Failure: Effect of an 8-Week, High-Intensity Interval Training Versus Continuous Training. **Arch Phys Med Rehabil,** v. 93, n. 8, p. 1359-1364, 2012.

GAITANOS, G. C. et al. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **J Appl Physiol,** v. 75, n. 2, p. 712-719, 1993.

GAJER, B. et al. Analyse comparée de différentes séances de développement de $\text{VO}_{2\text{max}}$. In: Expertise et sport de haut niveau: actes des Entretiens de l'INSEP Novembre 2002. Paris: 2003.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine. Position Stand: Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. **Med Sci Sports Exerc,** v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

GHOSH, A. K. Anaerobic Threshold: Its Concept And Role In Endurance Sport. **Malays J Med Sci.** v. 11, n. 1, p. 24-36, 2004.

GIBALA M. J. et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **J Physiol**, v.573, n. 3, p. 901-911, 2006.

GIBALA. M. J. High-intensity Interval Training: A Time-efficient Strategy for Health Promotion? **Curr Sports Med Rep**, v. 6, n. 4, p. 211-213, 2007.

GIBALA, M. J.; MCGEE, S. L. Metabolic Adaptations To Short-Term High-Intensity Interval Training: A Little Pain For A Lot Of Gain? **Exerc Sport Sci Rev**. v. 36, n. 2, p. 58-63, 2008.

GIBALA, M. J. Molecular responses to high-intensity interval exercise. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 34, n. 3, p. 428–432, 2009.

GIBALA, M. J. et al. Brief intense interval exercise activates AMPK and p38MAPK signaling and increases the expression of PGC-1a in human skeletal muscle. **J Appl Physiol**, v. 106, p. 929-934, 2009.

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

GIBALA, M. J. et al. Physiological and Health-Related Adaptations to Low-Volume Interval Training: Influences of Nutrition and Sex. **Sports Med**. v. 44, p. S127-S138, 2014.

GIST. N. H. et al. Comparison of Responses to Two High-Intensity Intermittent Exercise Protocols. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 11, p. 3033-3040, 2014.

GIST, N. et al. Effect of Low-Volume, High-Intensity Whole-Body Calisthenics on Army ROTC Cadets. **Mil Med**. v. 180, n. 5, p. 492,498, 2015.

GOLLNICK, P. D. et al. Selective Glycogen Depletion Pattern In Human Muscle Fibres After Exercise Of Varying Intensity And At Varying Pedalling Rates. **J Physiol**, v. 241, n. 1 p. 45-57, 1974.

GOROSTIAGA, E. M. et al. Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 63, n. 2, p. 101-107, 1991.

GRUNDY, S. M. et al. Definition of Metabolic Syndrome: Report of the National Heart, Lung and Blood Institute/American Heart Association Conference on Scientific Issues Related to Definition. **Circulation**, v. 109, p. 433-438, 2004.

HAUTIER, C. A. et al. Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. **Med Sci Sports Exerc**. v. 32, n. 4, p. 839-843, 2000.

HARMAN, E. A. et al. The effects of Arms and Countermovement on Vertical Jump. **Med Sci Sports Exerc**. v. 22, n. 6, p. 825-833, 1990.

HAZELL, T. J. et al. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. **Eur J Appl Physiol**. v. 110, n. 1, p. 153-160, 2010.

HELGERUD, J. et al. Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO_{2max} More Than Moderate Training. **Med Sci Sports Exerc**. v. 39, n. 4, p. 665-671, 2007.

HERMENS, H. J. et al. European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy: Results of the SENIAM project 2nd ed. Roessingh Research and Development. 1999.

HEYDARI, M. et al. High-intensity intermittent exercise and cardiovascular and autonomic function. **Clin Auton Res**, v. 23, n.1, p. 57-65, 2013.

HOFF, J. et al. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. **Med Sci Sports Exerc.** v. 31, n. 6, p. 870-877, 1999.

HOLLOWAY T. M. et al. High intensity interval and endurance training are associated with divergent skeletal muscle adaptions in a rodent model of hypertension. **Am J Physiol Regul Integr Com Physiol.** v. 308, n. 11, p. R927-R934, 2015.

HOOD, M. S. et al. Low-Volume Interval Training Improves Muscle Oxidative Capacity in Sedentary Adults. **Med Sci Sports Exerc.** v. 43, n. 10, p. 1849-1856, 2011.

HOWLEY, E. T. et al. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc.** v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

HSUEH, W. A.; LAW, R. The central role of fat and effect of peroxisome proliferator-activated receptor-gamma on progression of insulin resistance and cardiovascular disease. **Am J Cardiol.** v. 92, n. 4a, p. 3j-9j, 2003.

HU, F. B. et al. Television Watching and Other Sedentary Behaviors in Relation to Risk of Obesity and Type 2 Diabetes Mellitus in Women. **JAMA**, v. 289, n. 14, p. 1785-1791, 2003.

IELLAMO, F. et al. Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. **Int J Cardiol.** v. 167, n. 6, p. 2561-2565, 2012.

IELLAMO, F. et al. Effect of High-Intensity interval training versus moderate continuous training on 24-h blood pressure profile and insulin resistance in patients with chronic heart failure. **Intern Emerg Med.** v. 9, n. 5, p. 547-552, 2014.

IRVING, B. A. et al. Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 11, p. 1863–1872, 2008.

JACOBS, R. A. et al. Improvements in exercise performance with high intensity interval training coincide with an increase in skeletal muscle mitochondrial content and function. **J Appl Physiol**, v. 115, n. 6, p. 785-793, 2013.

JACKSON A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JAKOBSEN, M. D. et al. The effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch-shortening cycle muscle performance during countermovement jumping. **Hum Mov Sci**. v. 31, n. 4, p. 970-986, 2012.

JOHNSTON, R. E. et al. Strength training in female Distance Runners: Impact on Running Economy. **J Strength Cond Res**, v. 11, n. 4, p. 224-229, 1997.

JUNG, A. P. The Impact of Resistance Training on Distance Running Performance. **Sports Med**, v. 33, n. 7, p. 539-552, 2003.

KAVANAGH, T. et al. Prediction of Long-Term Prognosis in 12 169 Men Referred for Cardiac Rehabilitation. **Circulation**, v. 106, n. 6, p. 666-671, 2002.

KEMI, O. J. et al. Moderate vs. high exercise intensity: Differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. **Cardiovasc Res**, v. 67, n. 1, p. 161-172, 2005.

KEMMLER, W. et al. High versus Moderate Intensity Running Exercise to Impact Cardiometabolic Risk Factors: The Randomized Controlled RUSH-Study. **BioMed Research International**, 2014.

KENDALL, K. L. et al. Validity of electromyographic fatigue threshold as a non-invasive method for tracking changes in ventilatory threshold in college-aged men. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 1, p. 109-113, 2010.

KODAMA, S. et al. Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women: A Meta-analysis. **JAMA**, v. 301, n. 19, p. 2024-2035, 2009.

KOMI, P. V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Med Sci Sports**. V. 10, n. 4, p. 261-265, 1978.

KONRAD, P. The ABC of EMG: a practical Introduction to Kinesiological Electromyography. 2005.

KYROLAINEN, H. et al. Biomechanical factors affecting running economy. **Med Sci Sports Exerc**. v. 33, n. 8, p. 1330-1337, 2001.

KYROLAINEN, H. et al. Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. **Med Sci Sports Exer**. v. 35, n. 1, p. 45-49, 2003.

KYROLAINEN, H. et al. Changes in muscle activity with increasing running speed. **J Sports Sci**. v. 23, n. 10, p. 1101-1109, 2005.

LAURSEN, P. B. et al., Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. **Med Sci Sports Exerc**. v. 34, n. 11, p. 1801-1807, 2002.

LAURSEN, P. B. et al. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. **J Strength Cond Res**. v. 19, n. 3, p. 527-533, 2005.

LAURSEN, P. B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? **Scan J Med Sci Sports**, v. 20, n. 2, p. 1-10, 2010.

LINTHORNE, N. P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. **Am J Phys**, v. 69, n. 11, p. 1198-1204, 2001.

LOCKIE, R. G. The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. **J Strength Cond Res.** v. 26, n. 6, p. 1539-1550, 2012.

MA, J. K. et al. Extremely low volume, high-intensity interval training improves exercise capacity and increases mitochondrial protein content in human skeletal muscle. **Open J Mol Integr Physiol,** v. 3, p. 202-210, 2013.

MACPHERSON, R. E. K. et al. Run Sprint Interval Training Improves Aerobic Performance but Not Maximal Cardiac Output. **Med Sci Sports Exerc,** v. 43, n. 1, p. 115–122, 2011.

MANN, T. et al. Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. **Sports Med.** v. 43, n. 7, p. 613-625, 2013.

MARTINEZ, N. et al. Affective and Enjoyment Responses to High-Intensity Interval Training in Overweight-to-Obese and Insufficiently Active Adults. **J Sports Exerc Psychol,** v. 37, n. 2, p. 138-149, 2015.

MATHEWS, D. K. et al. Improvement of physical fitness by interval training, I: relative effectiveness of short and long distance running. USA: Medical Research and Development Command, Office of the Surgeon General, US Army, 1966.

MCGUIGAN, M. R. et al. Eccentric Utilization Ratio: Effect of Sport and Phase of Training. **J Strength Cond Res.** v. 20, n. 4, p. 992-995, 2006.

MCKAY, B. R. et al. Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. **J Appl Physiol,** v. 107, n. 1, p. 128-138, 2009.

MCRAE, G. et al. Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. **Appl Physiol Nutr Metab,** v. 37, n. 6, p. 1124-1131, 2012.

MENDEZ-VILLANUEVA, A. et al. Fatigue Responses during Repeated Sprints Matched for Initial Mechanical Output. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 12, p. 2219-2225, 2007.

MENDEZ-VILLANUEVA, A. et al. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. **Eur J Appl Physiol**, v. 103, n. 4, p. 411–419, 2008.

METCALFE, R. S. et al. Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: beneficial effects of reduced-exertion high intensity interval training. **Eur J App Physiol**, v. 112, n. 7, pp. 2767-2775, 2012.

MEYER, T. H. et al. Is determination of exercise intensities as percentages of $\text{VO}_{2\text{max}}$ or HR_{max} adequate? **Med Sci Sports Exerc.** v. 31, n. 9, p. 1342-1345, 1999.

MIDGLEY, A. W. et al. Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? Empirical Research Findings, Current Opinions, Physiological Rationale and Practical Recommendations. **Sports Med**, v. 36, n. 2, p. 117-132, 2006.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R. Time at or near $\text{VO}_{2\text{max}}$ during continuous and intermittent running: a review with special reference to considerations for the optimization of training protocols to elicit the longest time at or near $\text{VO}_{2\text{max}}$. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 46, n. 1, p. 1-14, 2006.

MIKKOLA, J. et al. Concurrent Endurance and Explosive Type Strength Training Improves Neuromuscular and Anaerobic Characteristics in Young Distance Runners. **Int J Sports Med.** v. 28, n. 7, p. 602-611, 2007.

MIKKOLA, J. et al., Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. **J Sports Sci.** v. 29, n. 13, p. 1359-1371, 2011.

MILANOVIC, Z. et al. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for $\text{VO}_{2\text{max}}$ Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. **Sports Med.** v. 45, n. 10, p. 1469-1481, 2015.

MILLET, G. P. et al. VO₂ Responses to Different Intermittent Runs at Velocity Associated With $\text{VO}_{2\text{max}}$. **Can J Appl Physiol**, v. 28, n. 3, p.410-423, 2003.

MILLET, G. Y.; LEPERS, R. Alterations of Neuromuscular Function after Prolonged Running, Cycling and Skiing Exercises. **Sports Med**, v. 34, n. 2, p. 105-116, 2004.

MOHOLDT, T. et al. Aerobic interval training increases peak oxygen uptake more than usual care exercise training in myocardial infarction patients: a randomized controlled study. **Clin Rehabil**, v. 26, n. 1, p. 33-44, 2012.

MOHOLDT, T. et al. The Higher The Better? Interval Training Intensity In Coronary Heart Disease. **J Sci Med Sport**, v. 17, n. 5, p. 506-510, 2014.

MORGAN, D. W. et al. Ten kilometer performance and predicted velocity at $\text{VO}_{2\text{max}}$ among well-trained male runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 21, n. 1, p. 78-83, 1989a.

MORGAN, D. W. et al. Factors affecting running economy. **Sports Med**. v. 7, n. 5, p. 310-330, 1989b.

MUNRO, C. F. et al. Ground reaction forces in running: A reexamination. **J Biomechanics**. v. 20, n. 2, p. 147-155, 1987.

NAKAHARA, H. et al. Low-frequency severe-intensity interval training improves cardiorespiratory functions. **Med Sci Sports Exerc**. v. 47, n. 4, p. 789-798, 2015.

NARICI, M. V. et al. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **Eur J Appl Physiol**, v. 59, n. 4, p. 310-319, 1989.

NARICI, M. V. et al. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. **Acta Physiol Scand**. v. 157, n. 2, p. 175-186, 1996.

NICOLÒ, A. et al. Neuromuscular and Metabolic Responses to High-Intensity Intermittent Cycling Protocols With Different Work-to-Rest Ratios. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 1, p. 151-160, 2014.

NOAKES, T. D. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. **Med Sci Sports Exerc**, v. 20, n. 4, p. 319–30, 1988.

NYBO, L. et al. High-intensity Training versus Traditional Exercise Interventions for Promoting Health. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 10, p. 1951-1958, 2010.

OSAWA, Y. et al. Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. **Open Access J Sports Med**. v. 5, p. 257-265, 2014.

PAAVOLAINEN, L. et al. Neuromuscular Characteristics and Fatigue During 10 km Running. **Int J Sports Med**, v.20, n. 8, p. 516–521, 1999a.

PAAVOLAINEN, L. et al. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving economy and muscle power. **J Appl Physiol**, v. 86, n. 5, p. 1527-1533, 1999b.

PANTOJA, P. et al. Neuromuscular Responses of Elite Skaters During Different Roller Figure Skating Jumps. **J Hum Kinet**, v. 41, p. 23-32, 2014.

PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Effects of High-Intensity Training on Performance and Physiology of Endurance Athletes. **Sportscience**. v. 8, p. 25-40, 2004.

PEREZ-GOMEZ, J.; CALBET, J. A. Training methods to improve vertical jump performance. **J Sports Med Phys Fitness**. v. 53, n. 4, p. 339-357, 2013.

PINTO, S. S. et al. Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women: effect of intrasession exercise sequence. **AGE**. v. 37, n. 6, p. 1-11, 2015a.

RACINAIS, S. et al. Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. **Med Sci Sports Exerc**. v. 39, n. 2, p. 268-274, 2007.

RAMPININI, E. et al. Peripheral neuromuscular fatigue induced by repeated-sprint exercise: cycling vs. running. **J Sports Med Phys Fitness**. v. 56, n. 1-2, p. 49-59, 2016.

RATAMESS, N. A. et al. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Med Sci Sports Exerc**. v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

REAVEN, G. M. Banting Lecture 1988: Role of Insulin Resistance in Human Disease. **Diabetes**, v. 37, n. 12, p. 1595-1607, 1988.

REICHERT, F. F. et al. The Role of Perceived Personal Barriers to Engagement in Leisure-Time Physical Activity. **Am J Public Health**, v. 97, n.3, p. 515-519, 2007.

RIGGS, M. P.; SHEPPARD J. M. The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump. **J Hum Sport Exerc**. v. 4, n. 3, p. 221-236, 2009.

RODAS, G. et al. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. **Eur J Appl Physiol.** v. 82, n. 5-6, p. 480-486, 2000.

RUSKO, H.; BOSCO, C. Metabolic response of endurance athletes to training with added load. **Eur J Appl Physiol.** v. 56, n. 4, p. 412-418, 1987.

SADY, S. et al. Changes in metabolic acidosis: evidence for an intensity threshold. **J Sports Med Phys Fitness.** v. 20, n. 1, p. 41-46, 1980.

SAUNDERS, P. U.; PYNE, D. B. Commentary on Effect of High-intensity Training on Performance and Physiology of Endurance Athletes. **Sportscience.** v. 8, n. , p. 50-51, 2004.

SAUNDERS, P. U. et al. Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. **Sports Med.** v. 34, n. 7, p. 465-485, 2004.

SEAGLE, H. M. et al. Position of the American Dietetic Association – weight management. **J Am Diet Assoc**, v. 109, n. 2, p. 330-346, 2009.

SCRIBBANS, T. D. et al. Fibre-Specific Responses to Endurance and Low Volume High Intensity Interval Training: Striking Similarities in Acute and Chronic Adaptation. **PLoSOne**, v. 9, n. 6, p. 1-14, 2014.

SCRIBBANS, T. D. et al. The Effect of Training Intensity on $\text{VO}_{2\text{max}}$ in Young Healthy Adults: A Meta-Regression and Meta-Analysis. **Int J Exerc Sci.** v. 9, n. 2, p. 230-247, 2016.

SEBASTIÃO, E. et al. Perceived barriers to leisure time physical activity: What Brazilians have to say? **Open J Prev Med**, v. 3, n. 8, p. 491-499, 2013.

SHEPPARD, J. M.; Doyle, T. L. A. Increasing compliance to instructions in the squat jump. **J Strength Cond Res.** v. 22, n . 2, p. 648-651, 2008.

SILVA, R. F. et al. Concurrent training with different aerobic exercises. **Int J Sports Med.** v. 33, n. 8, p. 627-634, 2012.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. **Nutrition**, v. 9, n. 5, p. 480-491, 1993.

SLOTH, M. et al. Effects of sprint interval training on $\text{VO}_{2\text{max}}$ and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. **Scand J Med Sci Sports**, v. 23, n. 6, p. 341-352, 2013.

SMART, N. A.; STEELE, N. S. A Comparison of 16 Weeks of Continuous vs Intermittent Exercise Training in Chronic Heart Failure Patients. **Congest Heart Fail**, v. 18, n. 4, p. 205-211, 2012.

SMITH, T. P. et al. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. **Eur J Appl Physiol**. v. 89, n. 3-4, p. 337-343, 2003.

SMITH, A. E. et al. The effects of beta-alanine supplementation and high intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. **Eur J Appl Physiol**, v. 105, n. 3, p. 357-363, 2009.

SPENCER, M. et al. Metabolism and Performance in Repeated Cycle Sprints: Active versus Passive Recovery. **Med Sci Sports Exerc**, v.38, n. 8, p. 1492 1499, 2006.

TABATA, I. et al. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and $\cdot\text{VO}_{2\text{max}}$. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 10, p. 1327-1330, 1996.

TAIPALE, R. S. et al. Strength training in Endurance Runners. **Int J Sports Med.** v. 31, n. 7, p. 468-476, 2010.

TAIPALE, R. S. et al. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. **Eur J Appl Physiol.** v. 113, n. 2, p. 325-335, 2013.

TAKAHASHI, M. et al. Contractile activity-induced adaptations in the mitochondrial protein import system. **Am J Physiol,** v. 274, n. 5, p. 1380-1387, 1998.

TALANIAN, J. L. et al. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. **J Appl Physiol,** v. 102, n. 4, p. 1439-1447, 2006.

TARTARUGA, M. P. et al. The Relationship Between Running Economy and Biomechanical Variables in Distance Runners. **Res Q Exerc Sport,** v. 83, n. 3, p. 367-375, 2012.

TEMFEMO, A. et al. Are There Differences in Performance, Metabolism, and Quadriceps Muscle Activity in Black African and Caucasian Athletes during Brief Intermittent and Intense Exercise? **J Physiol Sci,** v. 57, n. 4, p. 203–210, 2007.

TJONNA, A. E. et al. Aerobic interval training versus Continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. **Circulation,** v. 118, n. 4, p. 346-354, 2008.

TJONNA, A. E. et al. Low- and High-Volume of Intensive Endurance Training Significantly Improves Maximal Oxygen Uptake after 10-Weeks of Training in Healthy Men. **PLoSOne,** v. 8, n. 5, p. 1-7, 2013.

TOMAZIN, K. et al. Fatigue after short (100-m), medium (200-m) and long (400-m) treadmill sprints. **Eur J Appl Physiol.** v. 112, n. 3, p. 1027-1036, 2012.

TREMBLAY, A. et al. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. **Metabolism,** v. 43, n. 7, p. 814-818, 1994.

TSCHAKERT, G.; HOFMAN, P. High-intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects. **Int J Sports Physiol Perform.** v. 8, n. 6, p. 600-610, 2013.

TUFANO, J. J. et al. Reliability of the reactive strength index, eccentric utilization ratio, and pre-stretch augmentation in untrained, novice jumpers. **J Aust Strength Cond.** v. 21, n. S2, p. 31-33, 2013.

TUOMILEHTO, J. et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. **N Engl J Med**, v. 344, n. 18, p. 1343-1350, 2001.

VAN CUTSEM, M. et al. Changes in single motor unit behavior contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. **J Physiol.** v. 513, n. 1, p. 295-305, 1998.

VILA-CHÃ, C. et al. Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. **J Appl Physiol.** v. 109, n. 5, p. 1455-1466, 2010.

VISSERS, D. et al. The Effect of Exercise on Visceral Adipose Tissue in Overweight Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **PLoS One**, v. 8, n. 2, p. 1-10, 2014.

WASSERMAN K. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J Appl Physiol**, v. 35, n. 2, p. 236-243, 1973.

WESTON, M. et al. Effects of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Fitness in Adults: A Meta-Review of Controlled and Non-Controlled Trials. **Sports Med.** v. 44, n. 7, p. 1005-1017, 2014.

WILD, J. et al. A Biomechanical Comparison of Accelerative and Maximum Velocity Sprinting: Specific Strength Training Considerations. **Professional Strength Cond.** v. 21, p. 23-37, 2011.

WISLOFF, 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.

WISLOFF, U. et al. High-Intensity Interval Training to Maximize Cardiac Benefits of Exercise Training? **Exerc Sport Sci Rev.** v. 37, n. 3, p. 139-146, 2009.

WOLPERN, A. et al. Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? A randomized controlled trial. **BMC Sports Sci Med, Rehabil**, v. 7, n. 16, p. 1-9, 2015.

Anexos

Anexo I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisador responsável: Gustavo Zaccaria Schaun

Instituição: Escola Superior de Educação Física

Endereço: Rua Luis de Camões, 625

Telefone: 32732752 / 81543265

Concordo em participar do estudo “Avaliação e comparação das respostas crônicas a 16 semanas de treinamento intervalado de intensidade supramáxima tradicional e calistênico”. Estou ciente de que estou sendo convidado a participar voluntariamente do mesmo.

PROCEDIMENTOS: Fui informado de que o objetivo do estudo é analisar as adaptações cardiorrespiratórias e neuromusculares do treinamento intervalado de intensidade supramáxima em homens adultos, cujos resultados serão mantidos em sigilo e somente serão usados para fins de pesquisa. Estou ciente de que a minha participação, dependendo do grupo alocado, envolverá um treinamento (intervalado tradicional, intervalado calistênico ou contínuo) por 16 semanas (3 vezes na semana em dias não consecutivos), com coletas de informações através de questionários e testes para avaliar as condições cardiorrespiratórias e neuromusculares antes, no meio e depois das semanas de treinamento. Salientamos que será mensurada a atividade muscular através de eletromiografia de superfície. Para tanto, cada sujeito será submetido a uma preparação da pele (raspagem dos pelos na superfície muscular de interesse, e logo em seguida a pele será lavada e esfregada através de algodão embebido em álcool) para o posicionamento dos eletrodos nos músculos flexores de joelho e flexor do ombro. Nesse procedimento de raspagem dos pelos serão utilizadas lâminas descartáveis para cada sujeito e toda essa preparação da pele e posicionamento dos eletrodos será realizada no local de coleta de dados por um avaliador experiente com tais procedimentos. Além disso, para caracterizar a amostra, será realizada uma avaliação antropométrica (em uma sala reservada), com medidas de estatura, massa e dobras cutâneas (tricipital, subescapular, peitoral, axilar média, supra-ilíaca, abdominal e coxa) dos indivíduos e de que, também, algumas sessões de treino podem ser registradas por filmagem. O filme será mantido com os pesquisadores apenas para inspeção da técnica de execução dos movimentos e será disponibilizado aos participantes ao término da pesquisa.

RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES: Fui informado que os riscos são mínimos. Todavia, os testes que serão realizados podem envolver sintomas temporários, tais como: dor, cansaço muscular e alergia na pele. Na ocorrência de qualquer imprevisto, a SAMU (192) será imediatamente comunicada para proceder às devidas providências.

BENEFÍCIOS: O benefício de participar da pesquisa relaciona-se ao fato de que os sujeitos obterão melhorias do componente cardiorrespiratório. Ainda, os resultados poderão melhorar a avaliação e prescrição de treinamento intervalado na população saudável.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA: Como já me foi dito, minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

DESPESAS: Eu não terei que pagar por nenhum dos procedimentos, exceto o deslocamento até a instituição onde será realizada a intervenção; nem receberei compensações financeiras.

CONFIDENCIALIDADE: Estou ciente que a minha identidade e meus dados coletados permanecerão confidenciais durante todas as etapas do estudo.

CONSENTIMENTO: Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os investigadores do estudo responderam e responderão, em

qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré-Informado será assinado por mim e arquivado na instituição responsável pela pesquisa.

Nome do participante/representante legal: _____

Identidade: _____

ASSINATURA: _____ DATA: ____ / ____ / ____

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO INVESTIGADOR: Expliquei a natureza, objetivos, riscos e benefícios deste estudo. Coloquei-me à disposição para perguntas e as respondi em sua totalidade. O participante compreendeu minha explicação e aceitou, sem imposições, assinar este consentimento. Tenho como compromisso utilizar os dados e o material coletado para a publicação de relatórios e artigos científicos referentes a essa pesquisa. Se o participante tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ESEF/UFPel – Rua Luís de Camões, 625 – CEP: 96055-630 - Pelotas/RS; Telefone: (53) 3273-2752.

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL _____

Anexo II

Ficha de Anamnese
Programa de Pós Graduação em Educação Física
Pesquisador responsável: Gustavo Z. Schaun
Orientadora: Profª. Drª Cristine Lima Alberton

Nome: _____

Idade: ___ anos.

Massa Corporal: ___

Estatura: ___ cm.

Endereço: _____

Telefone residencial: ()_____

Telefone celular: ()_____

E-mail: _____

Realiza exercício físico de forma sistematizada: ()sim ()não

Qual: _____ Quantas vezes p/ s: _____ Ainda faz: _____

Qual: _____ Quantas vezes p/ s: _____ Ainda faz: _____

Já fez exercício físico de forma sistematizada: ()sim ()não

Qual: _____ Quando: _____ Ainda faz: _____

Tipo de sangue: ___ **Fator RH:** ___

Possui convênio médico: ()sim ()não

Qual: _____

Fumante:()sim ()não

Já fumou: ()sim ()não

Teve alguma lesão nos últimos 6 meses (entorse, luxação, quebra, entre outros): ()sim ()não

Qual: _____

Tem alguma doença cardiometabólica (diabetes tipo I ou II; pressão alta/baixa; hiper/hipoglicemia; infarto; derrame, entre outros):()sim ()não

Qual: _____

Utiliza alguma medicação contínua:()sim ()não

Qual: _____

Ocupação: _____

Dias de trabalho: (S) (T) (Q) (Q) (S) (S) (D)

Horário de trabalho detalhado: _____

Horários disponíveis (todos): _____

Pré-intervenção:

Teste incremental:

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Velocidade final: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste Salto:

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Altura CMJ: _____

Altura SJ: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste Economia de Corrida

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Velocidade inicial: _____

Duração do teste: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste CIVM + Economia Neurom.

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Meio da intervenção:

Teste incremental:

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Velocidade final: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste Salto:

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Altura CMJ: _____

Altura SJ: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste Economia de Corrida

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Velocidade inicial: _____

Duração do teste: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste CIVM + Economia Neurom.

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Pós-intervenção:

Teste incremental:

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Velocidade final: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste Salto:

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Altura CMJ: _____

Altura SJ: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste Economia de Corrida

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Tênis utilizado: _____

Velocidade inicial: _____

Duração do teste: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Teste CIVM + Economia Neurom.

Data: _____

Horário do teste: _____

Horário da última refeição: _____

Descrição da alimentação do dia anterior:

Anexo III**Escala de divertimento**

Avaliado:

Visita:

Eu me diverti	1	2	3	4	5	6	7	Eu odiei
Eu me senti aborrecido	1	2	3	4	5	6	7	Eu me senti interessado
Eu não gostei	1	2	3	4	5	6	7	Eu gostei
Eu senti prazer	1	2	3	4	5	6	7	Eu não senti prazer
Eu fiquei entretido com a atividade	1	2	3	4	5	6	7	Eu não fiquei entretido com a atividade
Não foi nada divertido	1	2	3	4	5	6	7	Foi muito divertido
Eu achei energizante	1	2	3	4	5	6	7	Eu achei cansativo
Me deixou abatido	1	2	3	4	5	6	7	Me deixou alegre
Foi muito prazeroso	1	2	3	4	5	6	7	Foi nada prazeroso
Eu me senti fisicamente bem fazendo a atividade	1	2	3	4	5	6	7	Eu me senti fisicamente mal fazendo a atividade
Foi muito revigorante	1	2	3	4	5	6	7	Foi nada revigorante
Eu fiquei muito frustrado	1	2	3	4	5	6	7	Eu não fiquei nada frustrado
Foi muito gratificante	1	2	3	4	5	6	7	Foi nada gratificante
Foi muito animadora	1	2	3	4	5	6	7	Foi nada animadora
Foi nada estimulante	1	2	3	4	5	6	7	Foi muito estimulante
Me deu uma sensação de realização	1	2	3	4	5	6	7	Não me deu uma sensação de realização
Foi muito vitalizante	1	2	3	4	5	6	7	Foi nada vitalizante
Senti que preferia estar fazendo outra coisa	1	2	3	4	5	6	7	Senti como se não houvesse nada que eu preferia estar fazendo