

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

THAÍS MARINA PIRES DE CAMPOS BIAZON

Efeito da hipóxia local na magnitude da ativação, força, massa e arquitetura muscular
decorrente do treinamento de força

São Carlos

2016

THAÍS MARINA PIRES DE CAMPOS BIAZON

Efeito da hipóxia local na magnitude da ativação, força, massa e arquitetura muscular decorrente do treinamento de força

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como requisito para obtenção de título de Mestre em Fisioterapia. Área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi

São Carlos

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B579e Biazon, Thaís Marina Pires de Campos
Efeito da hipóxia local na magnitude da ativação,
força, massa e arquitetura muscular decorrente do
treinamento de força / Thaís Marina Pires de Campos
Biazon. -- São Carlos : UFSCar, 2016.
58 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de
São Carlos, 2016.

1. Eletromiografia. 2. Oxigenação muscular. 3.
Restrição do fluxo sanguíneo. 4. Hipertrofia muscular.
I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Thais Marina Pires de Campos Biazon, realizada em 28/04/2016:

Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi
UFSCar

Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli
USP

Profa. Dra. Renata Gonçalves Mendes
UFSCar

À minha família, com muito amor e gratidão, pela compreensão, carinho e apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi, pela orientação, apoio e dedicação durante toda a etapa acadêmica do mestrado, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual e pessoal.

Ao Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch, pela colaboração na elaboração deste trabalho desde a etapa de qualificação do projeto de pesquisa até o processo de análise dos dados e estruturação do artigo científico.

À Profa. Dra. Audrey Borghi-Silva, pela colaboração e apoio na concretização deste projeto acadêmico.

Ao Prof. Ms. Ramon Oliveira e aos alunos de iniciação científica Samuel Soligon e João Bergamasco pela colaboração durante o processo de desenvolvimento prático da pesquisa.

Aos membros do Laboratório de Adaptações Neuromusculares ao Treinamento de Força da UFSCar pelo apoio e colaboração para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar (PPGFt) por proporcionar a oportunidade de concretização e conclusão desta etapa acadêmica.

Ao Departamento de Educação Física e Motricidade Humana da UFSCar (DEFMH) e ao Laboratório de Adaptações Neuromusculares ao Treinamento de Força da UFSCar (LANTF) pela concessão do espaço físico e pelo apoio profissional.

À Instituição CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO

BLAZON, T. M. P. C. **Efeito da hipóxia local na magnitude da ativação, força, massa e arquitetura muscular decorrente do treinamento de força.** 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

A hipóxia local (i.e. intramuscular) decorrente do treinamento força (TF) contribui para o acúmulo de íons H^+ e diminuição do pH muscular (i.e. estresse metabólico). Sugere-se que o acúmulo desses metabólitos promove aumento no recrutamento de unidades motoras (UM) e conseqüente aumento da área de secção transversa (AST) e força muscular. Embora isso seja sugerido, ainda não se sabe se o nível de hipóxia local pode afetar a magnitude dessas adaptações. **Objetivo:** O objetivo do estudo foi analisar e comparar o efeito da hipóxia local durante o treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS: 3-4 x 20 / 20% de uma repetição máxima [1-RM] / 60% pressão total de oclusão), treinamento de força de alta intensidade (TFAI: 3-4 x 10 / 80% de 1-RM) e treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS: 3-4 x 10 / 80% de 1-RM/ 60% pressão total de oclusão) na ativação, força, massa e arquitetura muscular em indivíduos jovens. **Métodos:** Trinta homens jovens foram selecionados e cada membro inferior alocado nas três condições experimentais de TF de extensão unilateral de joelho em ordem aleatorizada e contrabalanceada após ranqueamento em quartis, para nível de força (1-RM) e AST muscular do músculo vasto lateral (VL). A força máxima dinâmica foi mensurada por meio do teste de 1-RM e a aquisição da AST, espessura muscular (EM), ângulo de penação (AP) e comprimento do fascículo (CF) do VL foi realizada por meio de imagens de ultrassonografia. O programa de treinamento foi composto por 10 semanas com intervalo mínimo de 72 horas entre os treinos. A mensuração da ativação muscular foi realizada por eletromiografia de superfície (EMG) e das concentrações de desoxihemoglobina ([HHb]) e hemoglobina oxigenada ([HbO₂]), por meio do *near-infrared spectroscopy* (NIRS) do VL durante a sessão de treinamento com carga relativa obtida após o teste de 1-RM, antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) do programa de treinamento. **Resultados:** O volume total (VT) do treinamento foi maior para TFAI e TFAI-RFS comparado ao TFBI-RFS. Não houve diferença entre os grupos em relação ao aumento da 1-RM, AST, EM, AP. Porém, o CF apresentou maior aumento para TFAI-RFS comparado ao TFAI e TFBI-RFS. Em relação à amplitude da EMG, o grupo TFAI-RFS apresentou maiores valores que o TFAI e TFBI-RFS. Por outro lado, as [HHb] foram maiores para o TFAI-RFS e TFBI-RFS, entretanto não houve diferença entre os grupos na redução das [HbO₂]. **Conclusão:** O nível de hipóxia local não influencia a magnitude do aumento da ativação, força, massa muscular e alterações na arquitetura muscular decorrente do treinamento de força. Entretanto, a adição da hipóxia local parece ter uma maior contribuição para as adaptações decorrentes do treinamento de força de baixa em relação ao de alta intensidade.

Palavras-chave: Eletromiografia, oxigenação muscular, restrição do fluxo sanguíneo, hipertrofia muscular.

ABSTRACT

Biazon, T. M. P. C. **The effect of local hypoxia level in the magnitude of the activation, strength, mass and muscle architecture resulting from resistance training.** 2016. Dissertation (Master degree) - Federal University of São Carlos, São Carlos, 2016.

Local hypoxia (i.e. intramuscular) resulting from resistance training (RT) contributes to ions H⁺ accumulation and decreased muscle pH (i.e. metabolic stress). It has been suggested that the accumulation of these metabolites promotes an increase in the motor units (MU) recruitment and consequent increase in cross-sectional area (CSA) and muscle strength. Nevertheless, it remain sunknown whether the level of local hypoxia can affect the magnitude of these adaptations. **Objective:** The objective of the study was to analyze and compare the effect of local hypoxia during low-intensity resistance training with blood flow restriction (LI-BFR: 3-4 x 20/20% of one repetition maximum [1-RM] / 60% total pressure of occlusion), high-intensity resistance training (HI-RT: 3-4 x 10/80% of 1RM) and high-intensity resistance training with blood flow restriction (HI-BFR: 3-4 x 10/80% 1-RM / 60% total occlusion pressure) on muscle activation, strength, mass and architecture in young individuals. **Methods:** Thirty young men were selected and each leg allocated to three experimental conditions through unilateral knee extension in randomized order and counterbalanced after ranking by strength level (1-RM) and vastus lateralis (VL) muscle CSA quartiles. The dynamic maximum force was measured by 1-RM test and CSA acquisition, muscle thickness (MT), pennation angle (PA) and VL fascicle length (FL) was performed through ultrasound images. The training program consisted of 10 weeks with a minimum interval of 72 hours between training sessions and the measurement of muscle activation by surface electromyography (EMG) and deoxyhemoglobin ([HHb]) and oxyhemoglobin ([HbO₂]) concentrations through near-infrared espectroscopy (NIRS) of VL, performed during the training session with relative load obtained after the 1-RM, before (T1), after five (T2) and ten weeks (T3) training. **Results:** The training total volume (TV) was greater for HI-RT and HI-BFR compared to LI-BFR. There was no difference between the groups in regarding the increase of 1-RM, CSA, MT and AP. However, the FL showed higher increase for HI-BFR compared to HI-RT and LI-BFR. Regarding the magnitude of the EMG, the HI-BFR group showed higher values than HI-RT and LI-BFR. On the other hand, [HHb] were higher for HI-BFR and LI-BFR, however there was no difference between groups on the reduction of [HbO₂]. **Conclusion:** The level of local hypoxia does not influence the magnitude of the increase of muscle activation, strength, mass and architecture changes after resistance training. However, the addition of local hypoxia seems to have a greater contribution to the adjustments resulting from the low-intensity resistance training compared to high intensity.

Keywords: Electromyography, muscle oxygenation, blood flow restriction, muscle hypertrophy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho experimental. 1-RM, uma repetição máxima; TF, treinamento de força; US, ultrassonografia; EMG, eletromiografia; NIRS, espectroscopia de próximo do infravermelho.....	16
Figura 2. Treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo.....	18
Figura 3A. Aquisição da imagem do vasto lateral (VL) por ultrassonografia.....	21
Figura 3B. Imagem representativa da área de secção transversa do vasto lateral (VL) reconstruída e quantificada no software ImageJ.....	22
Figura 4. Imagem representativa do comprimento do fascículo do vasto lateral (VL) mensurado por ultrassonografia e quantificado no software ImageJ.....	23
Figura 5. Imagem representativa do ângulo de penação do vasto lateral.....	23
Figura 6. Volume total (série x repetições x carga [kg]) da 1ª a 5ª semana (T1-T2) e da 6ª a 10ª semana (T2-T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....	25
Figura 7. Força máxima dinâmica (1-RM) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....	26
Figura 8. Área de secção transversa (AST) do músculo vasto lateral antes (T1), após cinco (T2) e dez (T3) semanas de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....	27
Figura 9. Amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....	29
Figura 10. Concentração de desoxihemoglobina (HHb) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....	30

Figura 11. Concentração de hemoglobina oxigenada (HbO₂) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espessura muscular (EM), comprimento do fascículo (CF) e ângulo de penetração (AP) antes (T1), após cinco (T2) e dez (T3) semanas de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....28

Tabela 2. Correlações entre as alterações nas concentrações de desoxihemoglobina ([HHb]) e as alterações na AST muscular para o treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).....31

Tabela 3. Correlações entre as alterações nas concentrações de desoxihemoglobina ([HHb]) e as alterações na AST muscular de todos os grupos de treinamento.....32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
3 MÉTODOS.....	15
3.1 Participantes	15
3.2 Delineamento experimental	15
3.3 Determinação da pressão de restrição do fluxo sanguíneo (RFS).....	16
3.4 Teste de força máxima dinâmica	16
3.5 Familiarização com o treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo	17
3.6 Protocolos de treinamento de força	17
3.7 Ativação muscular	18
3.8 Oxigenação muscular	19
3.9 Área de secção transversa (AST) muscular	20
3.10 Arquitetura muscular	22
3.11 Análise estatística	24
4 RESULTADOS	25
4.1 Volume total (VT)	25
4.2 Força máxima dinâmica (1-RM)	25
4.3 Área de secção transversa (AST) muscular	26
4.4 Arquitetura muscular	27
4.5 Ativação muscular	28
4.6 Oxigenação muscular	29
5 DISCUSSÃO	33
5.1 Área de secção transversa (AST) e arquitetura muscular	33
5.2 Força máxima dinâmica	35
5.3 Ativação muscular	36
5.4 Oxigenação muscular	38
6 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS	42
ANEXO A.....	50

APÊNDICE A	53
APÊNDICE B.....	57

1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força de alta intensidade (TFAI) (*i.e.*, 70-85% de uma repetição máxima [1-RM]) é recomendado para maximizar o aumento da massa muscular esquelética (*i.e.*, hipertrofia muscular) (ACSM, 2009; ACSM, 2011). A hipertrofia muscular é comumente acompanhada de alterações na arquitetura muscular (*e.g.*, espessura muscular, ângulo de penação das fibras musculares e comprimento do fascículo) (AAGAARD et al., 2001; ACSM, 2009). Essas adaptações musculares estão associadas à tensão mecânica da contração muscular (SPIERING et al., 2008; SCHOENFELD, 2010) e ao estresse metabólico intramuscular (GOLDBERG et al., 1975; GOTO et al., 2005). Em especial, o estresse metabólico é caracterizado pelo aumento na depleção de fosfocreatina, acúmulo de metabólitos como íons H^+ e fosfato inorgânico, além de diminuição do pH muscular (TESCH et al., 1986; SUGA et al., 2009; SUGA et al., 2010). Sugere-se que o aumento no acúmulo desses metabólitos seja ocasionado pela hipóxia local (*i.e.*, intramuscular) decorrente do TF, a qual parece contribuir para a hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2010; SCHOENFELD, 2013a; SCOTT et al., 2014). Embora o mecanismo exato pelo qual a hipóxia local estaria relacionada com a hipertrofia muscular ainda não esteja completamente elucidado (SCOTT et al., 2014), acredita-se que o acúmulo de metabólitos promova aumento no recrutamento de unidades motoras (UM), em especial as do tipo II, para manter os níveis necessários de geração de força em condições de baixa oferta de oxigênio (MORITANI et al., 1992). Embora seja concebível e amplamente sugerido que a hipóxia local pode contribuir para a hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2010; SUGA et al., 2012; SCHOENFELD, 2013b; SCHOENFELD, 2013a; SCOTT et al., 2014), pouco se sabe se o nível de hipóxia local pode afetar a magnitude da hipertrofia muscular.

Comumente a hipóxia local tem sido mensurada por meio técnica de espectroscopia de raios quase-infravermelhos (NIRS), que identifica de forma não-invasiva as alterações nas concentrações relativas de desoxihemoglobina (HHb), oxihemoglobina (HbO_2) e hemoglobina total (Hbt) no tecido muscular durante o exercício (BOUSHEL et al., 2000). Em especial, as concentrações de desoxihemoglobina ([HHb]) refletem uma estimativa da desoxigenação muscular (*i.e.*, o equilíbrio entre a utilização e o fornecimento de O_2) (DELOREY et al., 2003; DELOREY et al., 2004b; DELOREY et al., 2004a), a qual indica o nível de hipóxia

local (DELOREY et al., 2003; DELOREY et al., 2004b; DELOREY et al., 2004a). Durante o treinamento de força de baixa intensidade (TFBI; < 50% de 1-RM) (ACSM, 2009; ACSM, 2011), o aumento da hipóxia local tem sido induzido por meio da realização de restrição do fluxo sanguíneo (RFS) durante o exercício de força (TFBI-RFS) para maximizar a hipertrofia muscular. De fato, a hipertrofia muscular obtida por meio do TFBI-RFS é maior que a do TFBI, e comparável com o ganho de massa promovido por meio do TFAI (LAURENTINO et al., 2012; LIBARDI et al., 2014a; VECHIN et al., 2014). Nesse sentido, Ganesan et al. (2014) demonstraram que o TFBI-RFS promove maiores [HHb] que o TFBI sem RFS, o que pode explicar o maior aumento da massa muscular com o TFBI-RFS (TAKARADA et al., 2002; YASUDA et al., 2005). Entretanto, até o presente momento não se tem conhecimento se a magnitude da hipóxia local decorrente do TFBI-RFS é similar ao TFAI, o que explicaria a hipertrofia similar entre esses protocolos de treinamento de força.

Embora seja plausível sugerir que o aumento da hipóxia local induzida pela RFS durante o TFBI possa promover maior resposta hipertrófica comparada ao TFBI-RFS, o mesmo parece não ocorrer quando a RFS é adicionada ao TFAI. Por exemplo, Neto et al. (2014) analisaram a aplicação aguda da RFS durante o TFAI e não verificaram diferenças na ativação muscular quando comparado ao TFAI sem RFS. Com objetivo de investigar as adaptações, Laurentino et al. (2008) adicionaram a RFS ao TFAI (TFAI-RFS) para aumentar o nível de hipóxia local e, com isso maximizar a hipertrofia muscular. No entanto, os resultados demonstraram que após oito semanas, os ganhos de massa muscular do TFAI-RFS foram similares ao TFAI sem RFS. Diante do não aumento na ativação muscular durante o TFAI-RFS, é possível sugerir que exista um platô de desoxigenação muscular com TFAI. Isso explicaria a hipertrofia muscular similar entre TFAI e TFAI-RFS.

Dessa forma, nós investigamos se o nível de hipóxia local pode modular a ativação muscular e a hipertrofia muscular ao longo treinamento de força. Adicionalmente, investigamos também se a hipóxia local pode influenciar os ganhos de força e as alterações na arquitetura muscular. Para isso, adicionamos a RFS ao TFBI (TFBI-RFS) e TFAI (TFAI-RFS) na tentativa de aumentar a hipóxia local. O nível de hipóxia local dos treinamentos de força com RFS foram comparados com o TFAI tradicionalmente realizado sem restrição do fluxo sanguíneo. Nossa hipótese é de que a hipóxia local será maior para TFAI-RFS quando comparado ao TFAI e o TFBI-RFS, não havendo diferença na ativação muscular entre os três grupos. Em relação às

respostas adaptativas, nós hipotetizamos que não haverá diferença significativa entres os três protocolos no aumento da força muscular, área de secção transversa muscular, ângulo de penação, espessura muscular e comprimento do fascículo após 5 e 10 semanas de TF.

2 OBJETIVOS

Analisar e comparar o efeito da hipóxia local durante o treinamento de força de baixa intensidade com RFS (TFBI-RFS), alta intensidade (TFAI) e TFAI com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS), na ativação, força, massa e arquitetura muscular em indivíduos jovens.

3 MÉTODOS

3.1 Participantes

Trinta homens jovens (idade: 22,10 anos; massa corporal: $72,71 \pm 10,69$ Kg; estatura: $1,78 \pm 0,05$ m; IMC: $22,81 \pm 2,99$ Kg/m²), com experiência em treinamento de força (TF) de membros inferiores, mas não praticantes por pelo menos 6 meses e com ausência de doenças cardiovasculares e musculoesqueléticas, participaram do estudo. Os voluntários classificados como obesos (IMC > 30 Kg/m²) e com mais de um fator de risco para tromboembolismo venoso foram excluídos (ANDERSON et al., 2003). O estudo foi conduzido em conformidade com a Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE 42359015.5.0000.5504) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (ANEXO A). A inclusão dos voluntários no projeto aconteceu após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A).

3.2 Delineamento experimental

Inicialmente, foram realizadas anamnese, avaliações antropométricas, padronização ergonômica em cadeira extensora e da execução do movimento de extensão unilateral de joelho (APÊNDICE B). Após 48 horas, foi realizada a familiarização com o teste força máxima dinâmica (1-RM). Após período mínimo de 72 horas, os participantes foram submetidos a um novo teste de 1-RM. Nos casos em que a variação entre os testes de 1-RM foi maior que 5% (COOK et al., 2013), um novo teste foi realizado após pelo menos 72 horas. Em seguida, 24h após o último teste de 1-RM, foi realizada uma sessão de familiarização com o TF associado à restrição do fluxo sanguíneo. Após intervalo mínimo de 96 horas, foi realizada a mensuração da área de secção transversa (AST), espessura muscular (EM), comprimento do fascículo (CF) e ângulo de penação (AP) do vasto lateral (VL). Em seguida, cada membro inferior foi ranqueado em quartis, de acordo com os valores de força muscular e AST e alocados de maneira aleatória e contrabalanceada a um dos três protocolos de TF unilateral: treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS). Os programas de TF

foram realizados durante 10 semanas, duas vezes por semana. Noventa e seis horas após a última sessão de TF, foi mensuradas novamente a AST, EM, CF e AP do VL. Durante o período de TF, foram mensuradas a ativação muscular e oxigenação tecidual do músculo VL após 5 (T2) e 10 (T3) semanas (Figura 1).

	T1					5 semanas					T2					5 semanas					T3										
Visitas																															
Avaliação inicial	↑																														
Familiarização 1-RM		↑																													
Teste de 1-RM			↑										↑															↑			
Familiarização com TF				↑																											
US					↑									↑															↑		
EMG e NIRS					↑									↑															↑		
Treinamento de força							↑	↑	↑	↑	↑						↑	↑	↑	↑	↑										

Figura 1. Desenho experimental. 1-RM, uma repetição máxima; TF, treinamento de força; US, ultrassonografia; EMG, eletromiografia; NIRS, espectroscopia de próximo do infravermelho.

3.3 Determinação da pressão de restrição do fluxo sanguíneo (RFS)

Os participantes foram convidados a permanecer em posição supina para repouso durante 15 minutos e colocação de um manguito pressórico com largura de 17,5 cm e comprimento de 94 cm (JPG, São Paulo, Brasil) com manômetro de pressão (Missouri, São Paulo, Brasil) sobre o músculo quadríceps, na região de dobra inguinal do membro a ser exercitado. Em seguida, uma sonda doppler vascular (DV-600; Martec, Ribeirão Preto, Brasil) foi posicionada sobre a artéria tibial posterior do membro inferior para capturar do pulso auscultatório (LIBARDI et al., 2014a). Para a determinação da pressão sanguínea de oclusão arterial completa em condição de repouso, foi necessária a insuflação do manguito até o momento de interrupção do pulso auscultatório (LIBARDI et al., 2014a). A pressão de oclusão obtida foi reavaliada em T2 e T3, ou seja, a cada 5 semanas (HUNT et al., 2013).

3.4 Teste de força máxima dinâmica

A força máxima dinâmica foi mensurada por meio do teste de uma repetição máxima (1-RM) durante a extensão do joelho unilateral realizada no equipamento cadeira extensora (Effort NKR; Nakagym, São Paulo, Brasil). O método adotado foi

baseado nos procedimentos previamente descritos por Brown e Weir (2001). Os participantes realizaram um aquecimento geral prévio em cicloergômetro (Ergo 167 Cycle; Ergo Fit, Pirmasens, Alemanha) a 20 km/h, durante 5 minutos. Em seguida, foram posicionados em cadeira extensora para aquecimento específico de extensores de joelho e de acordo com a padronização realizada na primeira visita. Na primeira série, os indivíduos realizaram oito repetições com uma carga correspondente a 50% da 1-RM estimada. A segunda série foi constituída por três repetições com 70% da 1-RM estimada. Um intervalo de dois minutos foi permitido entre as séries de aquecimento. Após aquecimento, os participantes realizaram o protocolo de teste 1-RM. A repetição para o teste teve início na extensão unilateral completa do joelho. Posteriormente, os participantes realizaram a flexão de joelho até 90°, e em seguida, finalizaram o ciclo excêntrico-concêntrico na extensão completa do joelho. Os participantes realizaram até cinco tentativas para conseguir uma estimativa da 1-RM de extensão unilateral de joelho e um intervalo de 3 minutos entre as tentativas foi adotado.

3.5 Familiarização com o treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo

O protocolo teve início com um aquecimento na cadeira extensora realizado com 1 série de 8 repetições a 50% da 1-RM. Após um intervalo de 2 minutos, foi realizada mais uma série de 3 repetições a 70% da 1-RM. Em seguida, 3 séries de 10 repetições com progressão da intensidade em cada uma delas (20%, 50% e 80% de 1-RM, respectivamente) e intervalo de 1 minuto entre as séries. Todas as séries de exercício foram realizadas com uso de um manguito pressórico colocado próximo a dobra inguinal para RFS. Durante o exercício, foi mantida uma pressão moderada de 60% da pressão de oclusão completa. Ao término de cada série, a pressão para restrição do fluxo sanguíneo foi liberada.

3.6 Protocolos de treinamento de força

O TFAI e TFAI-RFS foram executados com 3 séries de 10 repetições a 80% de 1-RM. Já o TFBI-RFS, também foi executado com 3 séries, mas com 20 repetições a 20% 1-RM. O intervalo entre as séries foi de 1 minuto para todos os protocolos. A velocidade de execução do movimento foi de 1 segundo para a fase concêntrica e 1 segundo para a excêntrica padronizada pelo estímulo sonoro de um metrônomo. Após

cinco semanas de TF (T2), houve um ajuste na intensidade relativa de treino a partir de um novo teste de 1-RM. Além disso, o número de séries foi modificado de três para quatro até o final das 10 semanas. A pressão de restrição sanguínea utilizada foi de 60% da pressão de oclusão completa, sendo deflagrada durante as pausas. Para as sessões de avaliação da oxigenação e ativação muscular durante TF, foi utilizada a carga relativa referente ao teste de 1-RM prévio.



Figura 2. Treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo.

3.7 Ativação muscular

A ativação muscular foi mensurada por meio da eletromiografia de superfície (EMG832C; EMG System do Brasil, São José dos Campos, Brasil) que registrou a atividade elétrica do músculo VL dos participantes durante a sessão de TF. Eletrodos de captação ativos bipolares (Diferencial de Clip ganho-20 DB15; EMG System do Brasil, São José dos Campos, Brasil) foram posicionados sobre o ventre do VL, em dois terços da distância entre a espinha íliaca ântero-superior e a borda superior da face lateral da patela (SENIAM, 2014). Além disso, o alinhamento dos eletrodos foi fixado em paralelo com a orientação da fibra muscular do membro a ser avaliado (SENIAM, 2014). O eletrodo de referência foi fixado na região do tornozelo, sobre o maléolo lateral fibular. A área da pele foi submetida à tricotomia, abrasão e assepsia com uma compressa de algodão embebida em álcool 70% para reduzir a impedância da pele antes da colocação do eletrodo (LIBARDI et al., 2014b). Um eletrogoniômetro digital foi utilizado com o objetivo de identificar e distinguir a atividade elétrica durante a fase concêntrica da fase excêntrica do ciclo de contração muscular. O eixo de referência do eletrogoniômetro foi posicionado no epicôndilo lateral do fêmur e fixado com velcros

ao longo do membro inferior. A aquisição do sinal de EMG foi realizada com ganho de 20 DB (EMG System do Brasil Ltda. – EPP, São José dos Campos, SP - Brasil) a uma frequência de amostragem 1000 Hz. O processamento dos sinais eletromiográficos foi realizado off-line, no qual todos os sinais de EMG foram retificados e também filtrados por um filtro Butterworth passa banda com frequência de corte de 20-500 Hz (LIBARDI et al., 2014b). Os dados foram normalizados por meio da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), adotada como valor de 100% da amplitude do sinal. Para isso, a CIVM foi coletada por meio de um dinamômetro de pressão conectado ao eletromiógrafo, antes da realização do protocolo de TF. Foram realizadas 3 tentativas de CIVM durante 3 segundos, com intervalo de 3 minutos entre elas. Após normalizados, os dados foram classificados como valores delta de alteração (Δ). Um programa de análise de eletromiografia de superfície foi desenvolvido com uso do *software* Visual Basic (Microsoft, EUA). Tal análise foi baseada nos valores de Δ RMS (*Root Mean Square*) da amplitude do sinal eletromiográfico durante a fase concêntrica de cada repetição para série 1, 2 e 3. Os dados foram apresentados em média de Δ de atividade elétrica muscular concêntrica das 3 séries para T1, T2 e T3.

3.8 Oxigenação muscular

A oxigenação muscular foi mensurada de maneira não invasiva por meio do *near-infrared spectroscopy* (NIRS), um equipamento óptico que utiliza a luz quase infravermelha para determinar a oxigenação tecidual. Através de frequências de luz, quantifica as concentrações de oxihemoglobina ($[HbO_2]$) e desoxihemoglobina ($[HHb]$) do tecido as quais fornecem informações sobre a oferta e utilização de oxigênio tecidual, respectivamente (GANESAN et al., 2014). Perfis de oxigenação do músculo VL foram mensurados durante as sessões de T1, T2 e T3 com uso do NIRS (Oxymon MK III Near Infrared Spectrophotometer; Artinis Medical Systems B.V., Arhem, Holanda) utilizando dois comprimentos de onda de luz de laser de 761 e 844 nanômetros. A espessura de gordura subcutânea de cada local de posicionamento do optodo foi medida pelo uso do aparelho de ultrassonografia (US) doppler modo-B (Mysono U6 EX; Samsung-Medison, Gangwon-do, Coréia) para definição do valor de profundidade de penetração do laser (KOGA et al., 2007). A área de pele sobre os músculos foi submetida à tricotomia, abrasão e assepsia com álcool 70% e um optodo contendo 1 receptor e 2 transmissores de luz foi posicionado no músculo a partir do

ponto de referência anatômico utilizado para posicionamento dos eletrodos de EMG, com 3 centímetros de distância entre optodo e eletrodo de EMG (FERRARI et al., 2004).

Antes de cada teste, o equipamento foi calibrado para uma frequência de amostragem de 25 Hz (KACIN et al., 2011). As concentrações teciduais de HbO₂ e HHb foram obtidas por coeficientes de absorção e dispersão da luz utilizado a Lei de Beer-Lambert modificada. Os parâmetros de [HbO₂] e [HHb] foram normalizados aos valores de repouso muscular (TANIMOTO et al., 2006; KON et al., 2010; CALLEWAERT et al., 2013). A coleta da oxigenação local em repouso foi realizada durante 5 minutos e antes do aquecimento para o treinamento de força. Após normalizados, os dados foram classificados como valores delta de alteração (Δ). Os dados foram processados utilizando o software Oxisoft (3.0.X; Artinis Medical Systems B.V, Arhem, Holanda) e um programa de análise de dados de oxigenação muscular, desenvolvido com uso do *software* Visual Basic para apresentação dos dados em médias Δ [HbO₂], Δ [HHb] da fase concêntrica de cada repetição para cada série em T1, T2 e T3 (GANESAN et al., 2014). A fase concêntrica foi identificada a partir da análise do traçado do eletrogoniômetro usado durante a eletromiografia. Além disso, a identificação e distinção das fases de repouso e exercício tanto para dados de amplitude do sinal eletromiográfico, quanto para os de oxigenação muscular, foi realizada através do uso de um sincronizador (*trigger*). Este dispositivo demarcou os eventos em T1, T2 e T3 na coleta de eletromiografia de superfície e de oxigenação local ao mesmo tempo, em milissegundos do disparo manual.

3.9 Área de secção transversa (AST) muscular

A AST do músculo do vasto lateral (VL) foi mensurada por meio da imagem de ultrassonografia (US) (Figura 3A). O aparelho de US utiliza ondas sonoras em frequências fixas para criar imagens em tempo real do músculo esquelético de forma não-invasiva. As imagens de US (Mysono U6 EX; Samsung-Medison, Gangwon-do, Coréia) foram realizadas em posição supina, após os participantes permanecerem por 15 minutos em repouso para homogeneização dos fluídos corporais e com manutenção da posição neutra de MMII através de uso de um velcro. Um transdutor linear de cabeça de leitura de 7,5 MHz (LN5-12; Samsung-Medison, Gangwon-do, Coréia) foi utilizado para captura das imagens, revestido por gel de transmissão solúvel em água e

posicionado na superfície da pele para proporcionar o contato acústico sem compressão da camada dérmica. A AST do músculo VL foi mensurada a 50% da distância do ponto proeminente do trocânter maior do fêmur para o côndilo lateral com posicionamento paralelo do transdutor em relação às fibras musculares (LIXANDRÃO et al., 2014). Em seguida, a pele foi marcada transversalmente a cada 2 centímetros a partir do ponto de referência anatômico do VL para orientação do deslocamento do transdutor. Imagens sequenciais de US foram adquiridas através do alinhamento da sonda com a marcação no sentido medio-lateral e penetração de 6 centímetros de profundidade, desde o início até o término do desenho anatômico do VL. Após a digitalização, todas as imagens do VL foram analisadas com o uso de um software ImageJ e reconstruídas segundo os procedimentos descritos por Lixandrão et al. (2014). Em seguida, as imagens foram sequencialmente posicionadas em power point (Microsoft, EUA) e cada imagem foi girada manualmente até que toda a fáscia do músculo VL fosse reconstruída. Finalmente, por planimetria computadorizada, foi contornada a fáscia muscular para obtenção da AST muscular (Figura 3B). O coeficiente de variação (CV) e o erro típico entre duas medidas repetidas realizadas com intervalo de 72 h foi de 0,99% e 0,24 cm², respectivamente.



Figura 3A. Aquisição da imagem do vasto lateral (VL) por ultrassonografia.

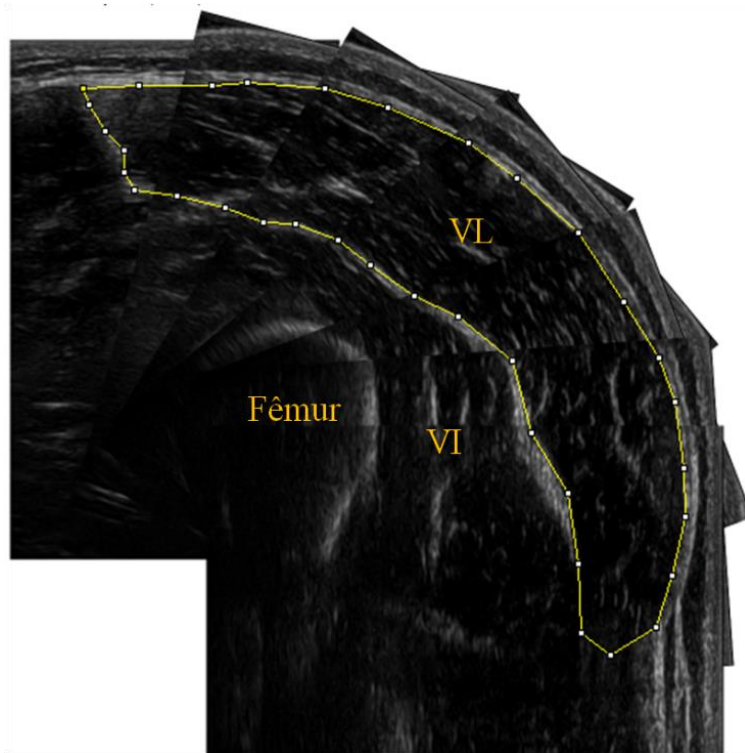


Figura 3B. Imagem representativa da área de seção transversa do vasto lateral (VL) reconstruída e quantificada no software ImageJ. VI, vasto intermédio.

3.10 Arquitetura muscular

Para a mensuração da espessura muscular (EM), ângulo de penação (AP) e comprimento do fascículo (CF) também foram utilizadas imagens de ultrassonografia muscular do VL. Entretanto, o probe do US foi posicionado longitudinalmente à fibra muscular. A EM foi definida como a medida perpendicular entre a aponeurose superficial e profunda (MIYATANI et al., 2002; CSAPO et al., 2011; SCANLON et al., 2013). O CF foi avaliado por meio do método de extrapolação linear definido como a combinação da medição da parte visível do fascículo com a estimativa da parte não-visível de fascículo (Figura 4). Desta forma, levou-se em consideração a estimativa da aponeurose superficial a partir da borda inferior e o fascículo com inserção na aponeurose profunda do VL para estimar o comprimento total do fascículo (BLAZEVIK et al., 2007; ANDO et al., 2014).

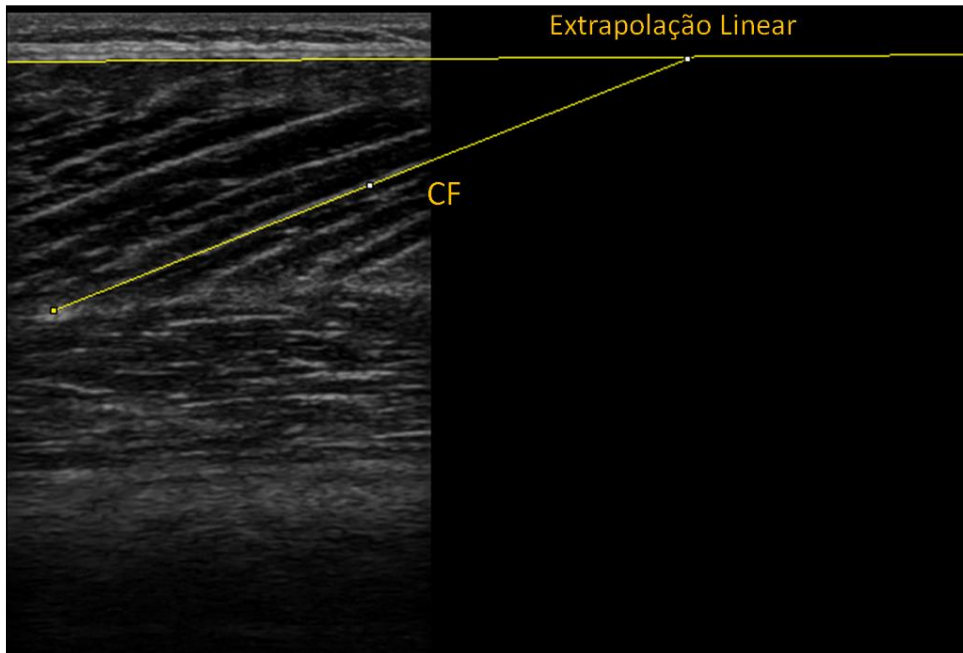


Figura 4. Imagem representativa do comprimento do fascículo do vasto lateral (VL) mensurado por ultrassonografia e quantificado no software *ImageJ*.

O AP foi mensurado como o ângulo entre o ponto de interseção de um fascículo com a aponeurose muscular profunda (FUKUNAGA et al., 1997a) (Figura 5). A média entre duas medições de cada imagem foi definida como valor final para EM, CF e AP (BLAZEVIICH et al., 2007; ALEGRE et al., 2014; ANDO et al., 2014). Três imagens consecutivas de um mesmo ponto anatômico foram analisadas para definição da média final de cada medida muscular. O CV e erro típico foi de 0,039% e 0,074 cm, 0,057 % e 0,316 cm e 0,035% e 0,67°, respectivamente.

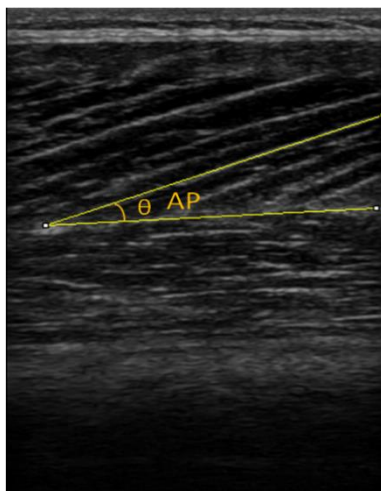


Figura 5. Imagem representativa do ângulo de penação do vasto lateral.

3.11 Análise estatística

Após uma inspeção visual, foi avaliada a normalidade dos dados através do teste de *Shapiro-Wilk*. Em seguida, foi realizada uma análise de modelo misto, assumindo grupo (TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS) e tempo (T1, T2 e T3) como fatores fixos e os participantes como fator randômico para as variáveis dependentes do estudo (1-RM, VT, AST, EM, CF, AP, Δ amplitude EMG, Δ [HbO₂] e Δ [HHb]). Sempre que um valor significativo de *F* foi obtido, realizou-se um ajuste de *Tukey* para comparações múltiplas. A análise de correlação de *Pearson* foi utilizada para verificar a associação entre as alterações na [HHb] (número de sessões multiplicado pela média dos valores de T1-T2, T2-T3 e T1-T3) e as alterações na AST muscular (T1-T2, T2-T3 e T1-T3). A classificação adotada para a correlação foi de $r = 0,10$ a $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ a $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ a 1 (forte). O nível de significância adotado foi de $P < 0,05$ e os dados foram apresentados em média e desvio padrão.

4 RESULTADOS

4.1 Volume total (VT)

O VT apresentou aumento significativo de T1-T2 para T2-T3 para TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS (19,30%; 21,14%; 15,16%; $P < 0,0001$, respectivamente). Na comparação entre grupos, o VT do TFAI e TFAI-RFS foi significativamente maior em T1-T2 e T2-T3 comparado ao TFBI-RFS ($P < 0,0001$). Não houve diferença significativa do VT entre os grupos TFAI e TFAI-RFS ($P > 0,05$) (Figura 6).

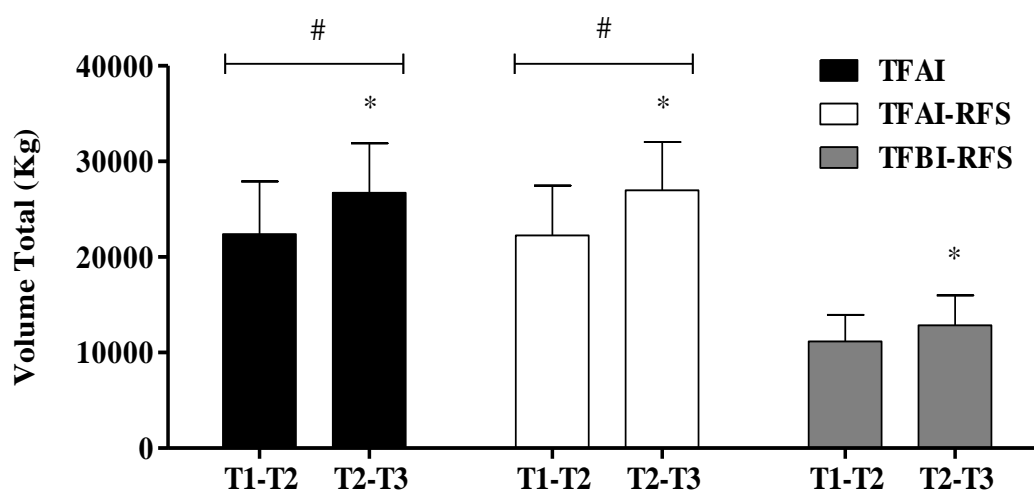


Figura 6. Volume total (série x repetições x carga [kg]) da 1ª a 5ª semana (T1-T2) e da 6ª a 10ª semana (T2-T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS). *Diferença significativa comparado com T1-T2 ($P < 0,05$), #Diferença significativa comparado com TFBI-RFS ($P < 0,05$). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

4.2 Força máxima dinâmica (1-RM)

Os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS apresentaram aumento significativo nos valores de 1-RM de T1 para T2 (21,77%; 23,53%; 16,84%; $P < 0,05$, respectivamente) e T3 (40,99%; 41,23%; 32,24%; $P < 0,05$, respectivamente) comparado a T1. Houve também aumento significativo para TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS de T2 para T3 (15,33%; 16,20%; 13,17%; $P < 0,05$, respectivamente). Não houve diferença significativa entre os grupos ($P > 0,05$) como demonstrado na Figura 7.

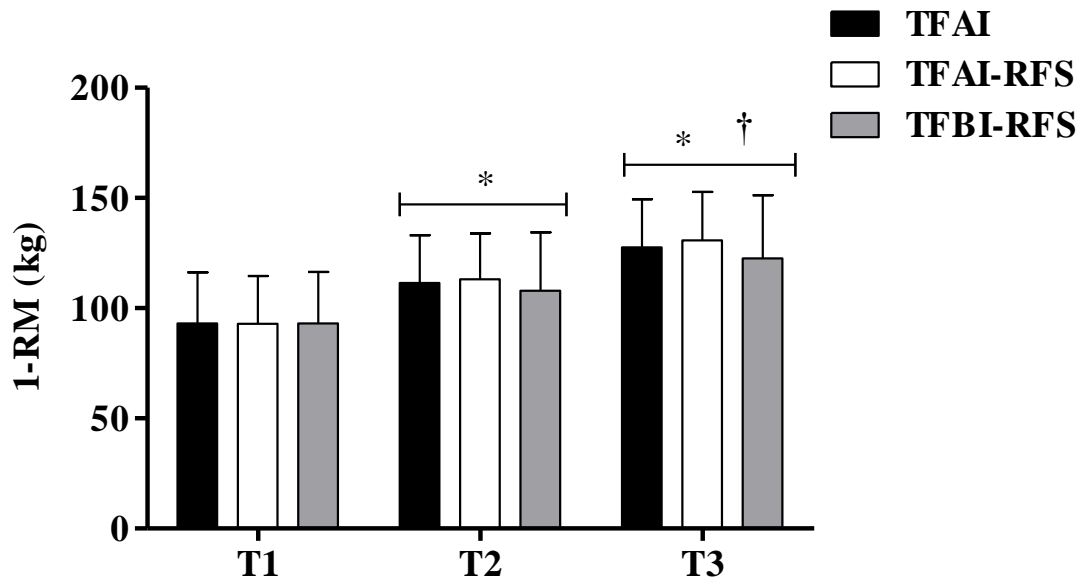


Figura 7. Força máxima dinâmica (1-RM) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS). *Diferença significativa comparado com T1 ($P < 0,05$), †Diferença significativa comparado com T2 ($P < 0,05$). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

4.3 Área de secção transversa (AST) muscular

Os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS apresentaram aumentos significantes na AST do músculo VL de T1 para T2 (4,98%; 5,19%; 4,85%; $P < 0,05$, respectivamente) e T3 (10,01%; 10,36%; 9,91%; $P < 0,05$, respectivamente). Houve também um aumento significativo de T2 para T3 para TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS (4,79%; 4,94%; 4,81%; $P < 0,05$, respectivamente). Não houve diferença significativa entre os grupos ($P > 0,05$) (Figura 8).

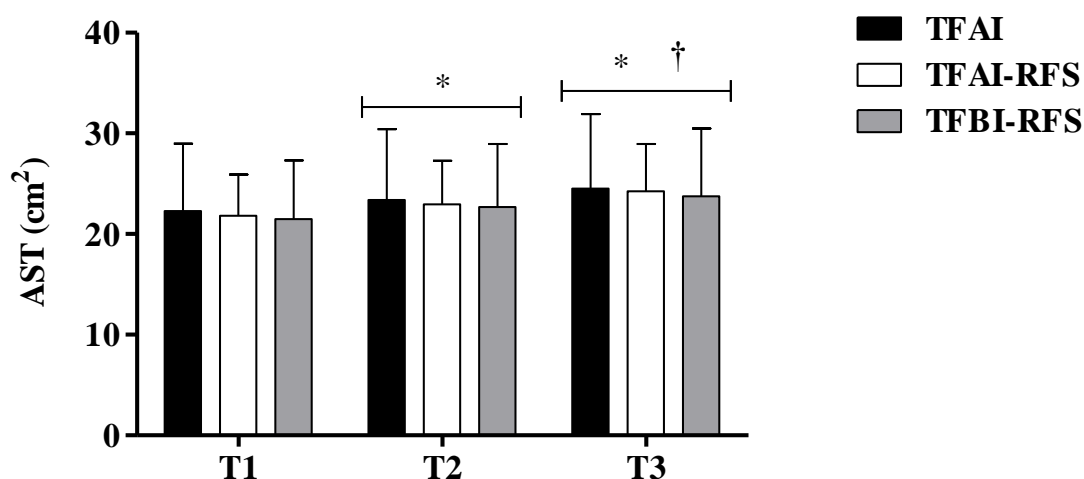


Figura 8. Área de secção transversa (AST) do músculo vasto lateral antes (T1), após cinco (T2) e dez (T3) semanas de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS). *Diferença significativa comparado com T1 ($P < 0,05$), †Diferença significativa comparado com T2 ($P < 0,05$). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

4.4 Arquitetura muscular

Os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS apresentaram aumento significativo na EM de T1 para T2 (8,21%; 13,29%; 13,82%; $P < 0,05$, respectivamente) e T3 (18,96%; 19,73%; 19,25%; $P < 0,05$, respectivamente) comparado com T1. Também foi observado aumento de T2 para T3 para TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS (9,28%; 5,54%; 4,69%; $P < 0,05$, respectivamente). Não houve diferença significativa entre os grupos ($P > 0,05$) (Tabela 1).

Em relação ao CF, os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS apresentaram aumentos significantes de T1 para T2 (3,62%; 5,01%; 4,39%; $P < 0,05$, respectivamente) e T3 (7,45%; 8,56%; 7,26%; $P < 0,05$, respectivamente). Também foi observado um aumento significativo de T2 para T3 para TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS (3,85%; 3,33%; 2,81%; $P < 0,05$, respectivamente). Na comparação entre os grupos, o TFAI-RFS apresentou maiores valores de CF quando comparado ao TFAI ($P < 0,05$). Em relação ao AP, os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS também apresentaram aumentos significantes de T1 para T2 (6,02%; 6,04%; 6,29%; $P < 0,05$, respectivamente) e T3 (9,37%; 10,12%; 9,17%; $P < 0,05$, respectivamente) comparado com T1. Houve também aumento significativo de T2 para T3 para TFAI, TFAI-RFS e

TFBI-RFS (3,18%; 3,54%; 2,75%; $P < 0,05$, respectivamente). Entretanto, não houve diferença significativa entre os grupos ($P > 0,05$).

Tabela 1. Espessura muscular (EM), comprimento do fascículo (CF) e ângulo de penação (AP) antes (T1), após cinco (T2) e dez (T3) semanas de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS).

Variáveis	Tempo	TFAI	TFAI-RFS	TFBI-RFS
EM (cm)	T1	2,02 ± 0,26	1,93 ± 0,22	1,93 ± 0,28
	T2	2,16 ± 0,25*	2,17 ± 0,20*	2,20 ± 0,32*
	T3	2,36 ± 0,29*†	2,30 ± 0,22*†	2,31 ± 0,34*†
CF (cm)	T1	5,21 ± 0,83	5,82 ± 0,88	5,72 ± 0,61
	T2	5,39 ± 0,81*	6,12 ± 0,93*§	6,05 ± 0,60*
	T3	5,60 ± 0,87*†	6,36 ± 0,95*†§	6,16 ± 0,54*†
AP (°)	T1	14,98 ± 2,62	15,37 ± 1,95	14,60 ± 1,84
	T2	15,88 ± 2,77*	16,29 ± 2,02*	15,51 ± 1,94*
	T3	16,38 ± 2,87*†	16,88 ± 2,15*†	16,00 ± 2,10*†

*Diferença significativa comparado com T1 ($P < 0,05$); †Diferença significativa comparado com T2 ($P < 0,05$); §Diferença significativa comparado com TFAI ($P < 0,05$). Valores apresentados em média ± desvio padrão.

4.5 Ativação muscular

A amplitude da EMG normalizada pela contração isométrica voluntária máxima (CIVM) das sessões T1, T2 e T3 está representada na Figura 9. Houve aumento significativo na amplitude da EMG de T1 para T2 para os grupos TFAI (3,80%; $P = 0,02$) e TFBI-RFS (4,37%; $P = 0,002$), e de T1 para T3 para os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS (3,80%; 6,89%; 5,46%; $P < 0,03$, respectivamente). O grupo TFAI-RFS apresentou ainda aumento na amplitude da EMG de T2 para T3 (8,77%; $P = 0,02$). Na comparação entre grupos, o TFAI-RFS apresentou maior amplitude da EMG quando comparado ao TFAI e TFBI-RFS ($P < 0,05$). Maiores valores de ativação também observados durante o TFAI quando comparado ao TFBI-RFS ($P < 0,05$).

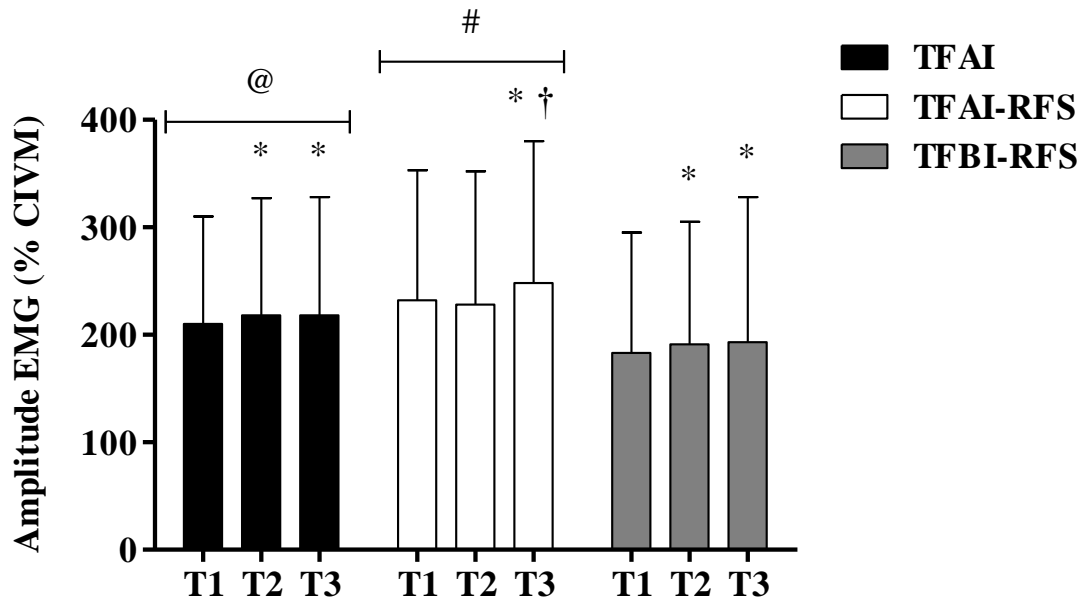


Figura 9. Amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS). *Diferença significativa comparado com T1. †Diferença significativa comparado com T2. #Diferença significativa comparado com TFAI e TFBI-RFS ($P < 0,05$); @Diferença significativa comparado com TFBI-RFS ($P < 0,05$). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

4.6 Oxigenação muscular

As [HHb] apresentaram valores significativamente maiores em T2 comparado a T1 para TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS e de T1 para T3 apenas em TFAI e redução de T2 para T3 em TFAI-RFS e TFBI-RFS. Na comparação entre grupos, o TFAI-RFS e TFBI-RFS apresentaram [HHb] significativamente maiores em T1, T2 e T3 comparado ao TFAI ($P < 0,05$) (Figura 10).

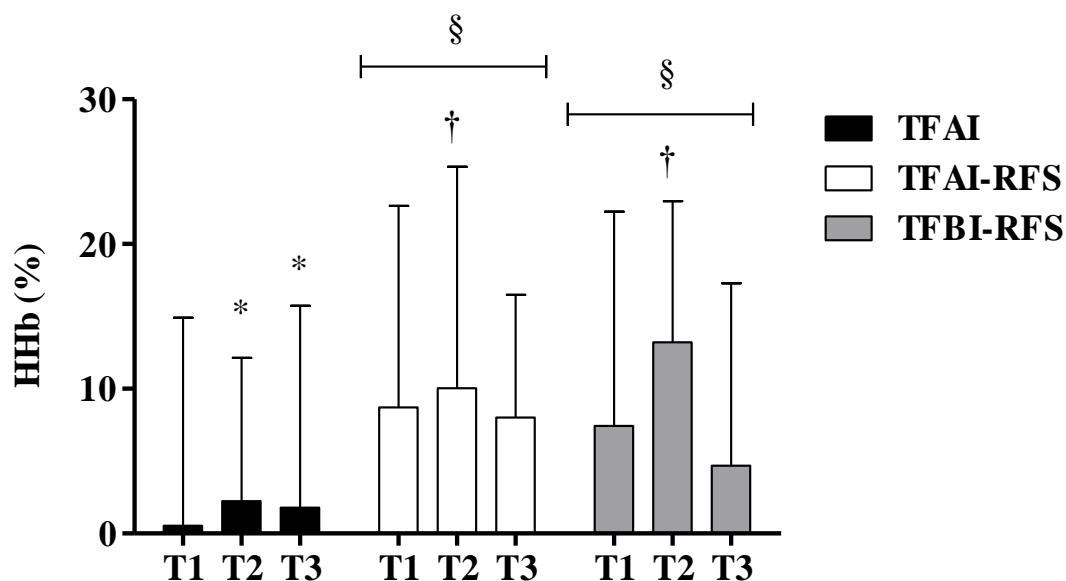


Figura 10. Concentração de desoxihemoglobina (HHb) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS). *Diferença significativa comparado com T1 ($P < 0,05$); †Diferença significativa comparado com T1 e T3 ($P < 0,05$); §Diferença significativa comparado com TFAI ($P < 0,05$). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

As $[HbO_2]$ apresentaram diminuições significantes nos grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS de T1 para T2 e T3. Entretanto, não houve diferença significativa entre os grupos ($P > 0,05$) (Figura 11).

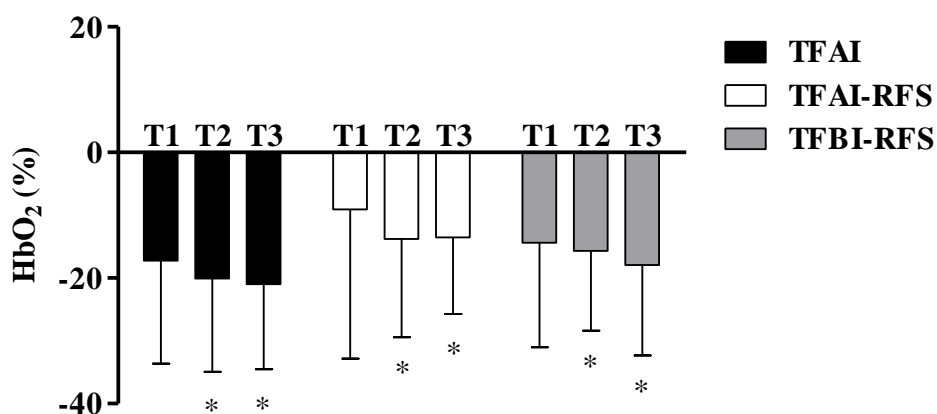


Figura 11. Concentração de hemoglobina oxigenada (HbO_2) antes (T1), após cinco (T2) e dez semanas (T3) de treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS). *Diferença significativa comparado com T1 ($P < 0,05$). Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

Houve correlação significativa, porém moderada, somente entre as [HHb] a AST muscular entre T2 e T3 ($r = 0,716$; $P = 0,0008$) para TFBI-RFS. Para os grupos TFAI e TFAI-RFS, não houve correlação entre a [HHb] e AST muscular entre T1 e T2, T2 e T3 e T1 e T3 ($P > 0,05$). Da mesma forma, não houve correlação significativa quando todos os sujeitos de cada grupo e suas respectivas alterações nas [HHb] a AST muscular foram analisados conjuntamente ($P > 0,05$).

Tabela 2. Correlações entre as alterações nas concentrações de desoxihemoglobina ([HHb]) e as alterações na AST muscular para o treinamento de força de alta intensidade (TFAI), treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) e treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS).

Variável	AST (%) (T1-T2)	AST (%) (T2-T3)	AST(%) (T1-T3)
TFAI [HHb] (T1-T2)	<i>P</i> 0,190		
	<i>r</i> 0,306		
TFAI [HHb] (T2-T3)	<i>P</i>	0,559	
	<i>r</i>	0,139	
TFAI [HHb] (T1-T3)	<i>P</i>		0,898
	<i>r</i>		0,033
TFAI-RFS [HHb] (T1-T2)	<i>P</i> 0,580		
	<i>r</i> 0,136		
TFAI-RFS [HHb] (T2-T3)	<i>P</i>	0,082	
	<i>r</i>	0,434	
TFAI-RFS [HHb] (T1-T3)	<i>P</i>		0,859
	<i>r</i>		0,048
TFBI-RFS [HHb] (T1-T2)	<i>P</i> 0,690		
	<i>r</i> 0,105		
TFBI-RFS [HHb] (T2-T3)	<i>P</i>	0,008*	
	<i>r</i>	0,716	
TFBI-RFS [HHb] (T1-T3)	<i>P</i>		0,223
	<i>r</i>		0,363

*Correlação significativa entre as alterações nas [HHb] e AST de T2 para T3 do TFBI-RFS.

Tabela 3. Correlações entre as alterações nas concentrações de desoxihemoglobina ([HHb]) e as alterações na AST muscular de todos os grupos de treinamento.

Variável		AST (%) (T1-T2)	AST (%) (T2-T3)	AST(%) (T1-T3)
Todos os grupos [HHb] (T1-T2)	<i>P</i>	0,709		
	<i>r</i>	0,051		
Todos os grupos [HHb] (T2-T3)	<i>P</i>		0,233	
	<i>r</i>		0,084	
Todos os grupos [HHb] (T1-T3)	<i>P</i>			0,749
	<i>r</i>			0,047

5 DISCUSSÃO

Nossos principais achados foram: (1) Aumento similar na área de secção transversa muscular, (2) força máxima dinâmica, (3) espessura muscular, (4) ângulo de penação e (5) comprimento do fascículo entre os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS. (6) A amplitude do sinal EMG apresentou aumento ao longo das 10 semanas, sendo maior para o TFAI-RFS. (7) As [HHb] apresentaram maior aumento para os protocolos com restrição do fluxo sanguíneo.

5.1 Área de secção transversa (AST) e arquitetura muscular

Nossos resultados de AST muscular demonstraram aumentos similares entre TFAI e TFBI-RFS em T2 (4,98% e 4,85%, respectivamente) e T3 (10,01% e 9,91%, respectivamente). Classicamente, estudos reportaram que o TFBI promove um pequeno ou até nenhum aumento da AST (TAKARADA et al., 2000c; YASUDA et al., 2010; LAURENTINO et al., 2012). Entretanto, o nosso e outros grupos tem demonstrado que por meio da adição da RFS ao TFBI (*i.e.*, TFBI-RFS) é possível aumentar a AST comparável ao TFAI (TAKARADA et al., 2002; LAURENTINO et al., 2012; YASUDA et al., 2012; YASUDA et al., 2013; LIBARDI et al., 2014a; VECHIN et al., 2014; LIXANDRAO et al., 2015) assim como demonstrado no presente estudo. Por exemplo, Laurentino et al. (2012) demonstraram que 8 semanas de TFAI (3 x 8 repetições, 80% 1-RM) e TFBI-RFS (3 x 15 repetições, 20% 1-RM) promoveram aumentos similares na AST do quadríceps (6,1% e 6,3%, respectivamente). Interessantemente, diferente desses, no presente estudo, a RFS foi liberada na pausa entre as séries, pois nosso objetivo foi aumentar a magnitude da hipóxia local somente durante o exercício. Esses resultados estão alinhados com estudos recentes que também demonstraram que é possível aumentar a AST muscular mesmo quando o fluxo sanguíneo é liberado entre as séries (EVANS et al., 2010; KACIN et al., 2011; FITSCHEN et al., 2014). Esses achados são de grande importância para a viabilidade do TFBI-RFS, pois o uso da RFS somente durante o exercício apresenta menor percepção de dor quando comparado ao uso da RFS durante toda sessão de TF (FITSCHEM et al., 2014) e de acordo com nossos resultados pode maximizar a hipertrofia muscular, uma vez que os ganhos foram similares ao TFAI.

Com relação à comparação entre o TFAI e o TFAI-RFS, nossos resultados demonstraram que a utilização da RFS não acarretou em diferenças nos aumentos da AST muscular em T2 (4,98% e 5,19%, respectivamente) e T3 (10,01% e 10,36%, respectivamente). Embora poucos estudos tenham investigado a adição da RFS ao TFAI, nossos resultados corroboram com os de Laurentino et al. (2008), que verificaram aumentos similares na AST muscular entre TFAI (6,12%) e TFAI-RFS (5,03%) após oito semanas. Assim, nossos dados sugerem que utilização da RFS promove benefícios somente quando o TF é realizado com baixas cargas.

Adicionalmente, os aumentos similares na AST muscular entre os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS foram acompanhados de alterações na EM (8,21%, 13,29% e 13,82%, respectivamente), AP (6,02%, 6,04% e 6,29%, respectivamente) e CF (3,62%, 5,01% e 4,39%, respectivamente) em T2 e EM (96%, 19,73% e 19,25%, respectivamente), AP (9,37%, 10,12% e 9,17%; respectivamente) e CF (7,45%, 8,56% e 7,26%, respectivamente) em T3. As alterações obtidas com os protocolos utilizados no presente estudo estão alinhadas com os achados de Seynnes et al. (2007), os quais demonstraram aumento na AST, CF e AP do VL após 10 sessões (~ 5%, 2,4% e 3%, respectivamente) e 20 sessões (9%, 6,6% e 4,5%, respectivamente) de TFAI. Entretanto, poucos estudos têm investigado o efeito da RFS na arquitetura muscular (KUBO et al., 2006; MARTIN-HERNANDEZ et al., 2013). Kubo et al. (2006) compararam os efeitos do TFAI (80% 1-RM) e TFBI-RFS (20% 1-RM) na arquitetura muscular. Os resultados demonstraram aumentos similares entre os grupos para AST e AP. Entretanto, não houve alterações significantes no CF após 12 semanas para nenhum dos grupos estudados. O aumento no CF e no AP com o treinamento de força (AAGAARD et al., 2001; BLAZEIVICH et al., 2003) estão associados a adição de sarcômeros tanto em série, quanto em paralelo (WICKIEWICZ et al., 1983). Entretanto, o aumento do CF pode ocorrer antes de qualquer aumento no AP e na AST muscular, o que sugere que a remodelação da arquitetura muscular pode preceder o desenvolvimento de hipertrofia muscular a nível macroscópico (SEYNNES et al., 2007). Isso explicaria um maior aumento no CF para TFAI-RFS comparado ao TFAI verificado no presente estudo, apesar do aumento similar na AST muscular entre eles. É possível que a adição da RFS ao TFAI tenha promovido um estímulo adicional às miofibrilas e matriz extracelular (TOIGO et al., 2006), desencadeando respostas miogênicas a fim de promover maior aumento na síntese proteica muscular (WEST et al., 2010). Nesse sentido, esse estímulo pode ter sido suficiente para gerar adição de sarcômeros em série nas fibras musculares

e promover maior aumento CF para o TFAI-RFS. No entanto, esta remodelação pode não ter sido capaz de proporcionar uma maior adição de sarcômeros em paralelo para aumentar o ângulo de penação das fibras, a fim de promover maior hipertrofia fisiológica para TFAI-RFS. Diferentemente do aumento na AST anatômica (*i.e.*, hipertrofia muscular anatômica), a hipertrofia muscular fisiológica é definida como a magnitude da área das fibras musculares perpendicular ao eixo longitudinal das fibras musculares multiplicado pelo co-seno do ângulo de penação (WICKIEWICZ et al., 1983) o que significa que um aumento no ângulo de penação (FUKUNAGA et al., 1997b; BLAZEVIICH et al., 2005). Portanto, a hipertrofia fisiológica representa o número de pontes cruzadas que podem ser ativadas em paralelo durante a contração (AAGAARD et al., 2001). Conjuntamente, nossos resultados sugerem que o TFAI, TFAI-RFS e o TFBI-RFS, apresentaram hipertrofia muscular fisiológica devido ao aumento significativo no AP e CF. No entanto, um maior aumento no CF para TFAI-RFS, não refletiu em maior AP, o que sugere que a hipertrofia muscular fisiológica foi similar entre os grupos.

5.2 Força máxima dinâmica

Os aumentos na força máxima dinâmica foram consistentes com as alterações na AST, EM e AP, uma vez que os grupos TFAI, TFAI-RFS e TFBI-RFS apresentaram aumentos similares nos valores de 1-RM em T2 (21,77%, 23,53%, 16,84%, respectivamente) e T3 (40,99%, 41,23%, 32,24%, respectivamente). Em relação à comparação entre TFAI e TFBI-RFS, nossos resultados corroboram com alguns estudos (TAKARADA et al., 2000c; KARABULUT et al., 2010; LAURENTINO et al., 2012), mas discordam de outros que verificaram maiores ganhos de força muscular para o TFAI (LIXANDRAO et al., 2015; VECHIN et al., 2015). Em particular, os estudos que demonstraram menores ganhos para o TFBI-RFS utilizaram diferentes séries e repetições (volume), % 1-RM (intensidade) ou pressão de oclusão comparados ao presente estudo, o que pode influenciar diretamente o volume total (séries x repetições x carga [kg]) e afetar o ganho de força muscular.

Entretanto, quando comparado o TFAI e o TFAI-RFS, parece ser consenso que a RFS não promove efeito adicional às adaptações decorrentes do TFAI tradicionalmente recomendado para aumentar os ganhos de força muscular. Por exemplo, Laurentino et al. (2008) verificaram aumento similar entre TFAI-RFS e TFAI (6 repetições com 80%

de 1-RM) nos valores de 1-RM após oito semanas de treinamento. Dessa forma, o uso da RFS parece potencializar as respostas adaptativas do TFBI, uma vez que os ganhos de força foram similares ao TFAI. Por outro lado, assim como sugerido para a arquitetura e hipertrofia muscular, nossos dados suportam a hipótese de que a RFS não promove ganhos adicionais ao TFAI tradicionalmente realizado sem RFS e recomendado para maximizar essas adaptações.

5.3 Ativação muscular

A ativação muscular verificada por meio da amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) demonstrou aumento para TFAI e TFBI-RFS em T2 (3,80% e 4,37%, respectivamente) e T3 (3,80% e 5,46%, respectivamente) comparado a T1. Entretanto, o grupo TFAI-RFS apresentou aumento significativo somente em T3 comparado a T1 (6,89%). Embora a EMG seja amplamente utilizada, estudos que investigaram o comportamento da amplitude do EMG ao longo de um período de TF durante contrações voluntárias dinâmicas são escassos (KACIN et al., 2011). Por outro lado, alguns estudos investigaram a amplitude do sinal EMG durante contrações isométricas e verificaram aumento após um período de TF, por exemplo, SAMPSON et al. (2016) mensuraram a amplitude do EMG durante a CIVM e demonstraram aumento de 22,1% após 12 semanas de TFAI. Nesse sentido, Kacin et al. (2011) verificaram a amplitude do EMG antes e após 4 semanas de TFBI-RFS e TFBI sem RFS. Interessantemente, o grupo TFBI aumentou ~120% a EMG após 4 semanas de treinamento, enquanto que o grupo TFBI-RFS apresentou amplitude do EMG menor que os valores obtidos antes do treinamento, o que foi observado em outro estudo (WERNBOM et al., 2009). Sugere-se que isso possa ocorrer devido a uma compressão do manguito sobre a porção proximal do músculo, a qual promove uma sensação de dormência e compressões similares a de agulhas e alfinetes, conforme relatos dos sujeitos durante o TF com RFS (KACIN et al., 2011). No presente estudo, embora alguns sujeitos relatassem incomodo com a RFS, principalmente durante o TFAI-RFS, aparentemente a amplitude do EMG não foi afetada, uma vez houve aumento significativo para ambos os protocolos com RFS. Assim, nossos dados de EMG sugerem que o aumento da força muscular observado no presente estudo foi decorrente do aumento da AST fisiológica, mas também da adaptação neural ocasionada pelos três regimes de treinamento.

Na comparação entre grupos, nós observamos maiores EMG em T1, T2 e T3 para o TFAI-RFS comparado ao TFAI e TFBI-RFS. Adicionalmente, o grupo TFAI apresentou maior EMG quando comparado ao TFBI-RFS nos três momentos de análise. Em relação à comparação entre TFAI e TFBI-RFS, alguns estudos agudos (*i.e.*, uma única sessão de treinamento) também demonstraram que a EMG foi maior para o TFAI comparado ao TFBI-RFS (KUBO et al., 2006; MANINI et al., 2009). Entretanto, esses resultados não são consensuais, visto que outros estudos demonstraram não haver diferenças entre esses protocolos (TAKARADA et al., 2000c; SUGA et al., 2012). Por outro lado, pouco se tem conhecimento sobre a comparação da EMG entre TFAI-RFS e TFAI. Contrário aos nossos achados, Neto et al. (2014) analisaram a amplitude do EMG durante o TFAI-RFS e não verificaram diferenças quando comparado ao TFAI. Interessantemente, embora a EMG tenha apresentado magnitudes de aumento diferentes entre protocolos durante o período de treinamento, isso não refletiu em diferenças na magnitude do aumento da força e hipertrofia muscular, bem como nas alterações na arquitetura muscular.

Apesar da amplitude do EMG ser comumente associada ao recrutamento de UM, e utilizada para fazer inferências sobre a magnitude dos ganhos força e massa muscular decorrentes do TF, é necessário ter cautela ao interpretar tais dados. Durante contrações fatigantes, ocorre redução no limiar de recrutamento das UM de alto limiar para manutenção da produção de força (ADAM et al., 2003), podendo ocorrer um revezamento das UM, devido um desrecrutamento momentâneo para redução da fadiga (WESTAD et al., 2003). Dessa forma, é possível que em protocolos como o TFBI-RFS, ocorra um recrutamento de grande parte das UM do músculo exercitado, mas com menor recrutamento simultâneo de UM quando comparado a protocolos como o TFAI e o TFAI-RFS (VIGOTSKY et al., 2015). Este fato pode explicar o menor aumento na amplitude da EMG para o TFBI-RFS. Além disso, as alterações na amplitude da eletromiografia (EMG) de superfície podem resultar de alterações em fatores não somente relacionados a componentes neurais (*e.g.*, recrutamento de UM, taxa de codificação e possivelmente sincronização de UM), mas também de vários componentes periféricos (*e.g.*, aumento na concentração de cálcio livre, sobreposição das fases positiva e negativa do potencial de despolarização e mudanças no potencial de ação intracelular) (ARABADZHIEV et al., 2003). Especialmente em relação ao potencial de ação, em contrações com alto nível de fadiga (*e.g.*, TFAI-RFS), o consequente aumento na duração do potencial de ação intracelular pode aumentar a amplitude da EMG de

superfície, apesar da uma redução na magnitude do potencial de ação intracelular. Dessa forma, fatores que incluem a redução do limiar de recrutamento das UM de alto limiar, revezamento de UM durante contrações fatigantes e aumento da duração do potencial de ação podem explicar as diferenças da EMG entre os protocolos investigados no presente estudo.

5.4 Oxigenação muscular

Tem sido postulado que a hipóxia local é um importante mecanismo relacionado ao crescimento muscular (SCHOENFELD, 2010; SCHOENFELD, 2013a; SCOTT et al., 2014; SCOTT et al., 2015). Sugere-se que a hipóxia pode modular as concentrações de metabólitos (SUGA et al., 2012), respostas hormonais (TAKARADA et al., 2000a), sinalização intracelular de vias de síntese proteica (FUJITA et al., 2007a), inchaço intracelular (LOENNEKE et al., 2011) e o recrutamento de UM, os quais seriam responsáveis por promover um estímulo anabólico no músculo esquelético. Nesse sentido, estudos têm proposto a utilização da RFS durante o TF para promover aumento da hipóxia local e conseqüentemente a hipertrofia muscular (SCOTT et al., 2014; SCOTT et al., 2015). De fato, não se pode negar o papel da RFS na indução da hipóxia, uma vez que tem sido demonstrado que somente a RFS, mesmo na ausência de exercício, pode ser um agente indutor do anabolismo muscular (TAKARADA et al., 2000b; KUBOTA et al., 2008). Essa estratégia tem sido utilizada pelo nosso (LAURENTINO et al., 2012; LIBARDI et al., 2015; LIXANDRAO et al., 2015; VECHIN et al., 2015) e por outros grupos (COUNTS et al., 2015) principalmente durante o TF realizado com baixas intensidades (20-50% 1-RM) com objetivo de maximizar os ganhos de força e hipertrofia muscular. Entretanto, pouco se sabe sobre o comportamento da hipóxia local durante programas de TF (*i.e.*, efeito crônico) e se a magnitude da hipóxia pode modular a hipertrofia muscular. No presente estudo, nós adicionamos a RFS não somente ao TF de baixa intensidade (TFBI-RFS), mas também ao TF de alta intensidade (TFAI-RFS) e comparamos aos níveis de hipóxia local promovido pelo TFAI tradicionalmente recomendando para maximizar o aumento da força e massa muscular (ACSM, 2009; ACSM, 2011). Durante o exercício de força, a hipóxia local é comumente mensurada por meio da espectroscopia de raios quase-infravermelhos (NIRS), que identifica de forma não-invasiva as alterações nas concentrações relativas de desoxihemoglobina (HHb) e oxihemoglobina (HbO₂) no

tecido muscular durante o exercício (BOUSHEL et al., 2000). Em especial, as [HHb] refletem uma estimativa da desoxigenação muscular (*i.e.*, o equilíbrio entre a utilização e o fornecimento de O₂) (DELOREY et al., 2003; GRASSI et al., 2003; DELOREY et al., 2004b; DELOREY et al., 2004a) a qual pode indicar o nível de hipóxia local (BOWEN et al., 2016). Nesse sentido, no presente estudo, todos os grupos apresentaram aumentos das [HHb] de T1 para T2. Esse aumento foi acompanhado de reduções nas [HbO₂]. Interessantemente, esses aumentos foram maiores para os protocolos com RFS. Esses dados sugerem aumento do consumo de O₂ após 5 semanas de treinamento (T1) para todos os protocolos investigados. De fato, têm sido reportado que o exercício pode aumentar o fornecimento de O₂ e a capacidade de filtração microvascular do músculo esquelético (EVANS et al., 2010; KACIN et al., 2011), os quais são estimulados pelo aumento da angiogênese. Nesse sentido, a hipóxia pode aumentar as concentrações de fatores de crescimento do endotélio vascular (VEGF) e a expressão de outros genes relacionados à angiogênese (HUDLICKA et al., 2009). De fato, a hipóxia ocasionada pelo TFAI pode aumentar a expressão da transcrição do VEGF e outros fatores de transcrição/crescimento associados com a formação de capilares (*i.e.*, angiogênese) (GAVIN et al., 2007). Da mesma forma, isso parece acontecer também com o TF associado à RFS. Larkin et al. (2012) verificaram que o TFBI-RFS (120 extensões do joelho à 40% de 1-RM), promoveu aumento do RNAm do VEGF após o exercício, permanecendo elevado até 24h. Assim, é possível sugerir que o TFAI-RFS e TFBI-RFS fornecem maior estímulo crônico para a angiogênese e aumento da resistência do músculo esquelético comparado ao TFAI. Por outro lado, o TFAI-RFS e o TFBI-RFS apresentaram menores aumentos nas [HHb] após 10 semanas de treinamento (T3), os quais foram similares ao estado não treinado (T1), o que não ocorreu com o TFAI. Adicionalmente, os três protocolos mantiveram a mesma magnitude de redução da [HbO₂] observada em T2, o que sugere uma possível redução da hipóxia local decorrente das adaptações do músculo esquelético ao TF com RFS ao longo das 10 semanas de treinamento.

Na comparação entre os grupos, os protocolos que utilizaram a RFS durante sua execução (*i.e.*, TFAI-RFS e TFBI-RFS) apresentam maior magnitude de hipóxia local, o que explicaria em partes a similaridade nas adaptações hipertróficas e nos ganhos de força muscular entre esses dois programas de treinamento. Entretanto, o grupo que realizou o tradicional TFAI apresentou menor nível de hipóxia, porém ganhos de força e massa muscular similar aos protocolos com maior hipóxia. Interessantemente, a única

diferença entre os protocolos TFAI e TFAI-RFS foi a adição da RFS, uma vez que não houve diferença significativa entre o VT desses protocolos. Como já esperado, também não houve diferenças significativas nas adaptações crônicas entre esses regimes de treinamento (LAURENTINO et al., 2008). Adicionalmente, nossos dados demonstraram também que não houve associação entre as alterações nas [HHb] e as alterações na AST muscular em nenhum dos grupos investigados, exceto para o grupo TFBI-RFS entre T2 e T3 ($P = 0,008$; $r = 0,716$). Esses resultados indicam que maiores níveis de hipóxia local não induziram maior resposta hipertrofica.

Conjuntamente, nossos resultados sugerem que a hipóxia local parece possuir um papel fundamental nas adaptações ao TF realizado com baixa intensidade, visto que mesmo com somente 20% de 1-RM e um VT ~53% menor comparado ao TFAI, apresentou as mesmas adaptações. Tendo em vista os diferentes níveis de hipóxia local, é possível que no TFAI outros mecanismos como a tensão mecânica (SCHOENFELD, 2010) tenham promovido estímulo às miofibrilas e a matriz extracelular (TOIGO et al., 2006), desencadeando respostas miogênicas relacionadas ao aumento na síntese proteica muscular e conseqüentemente hipertrofia muscular (WEST et al., 2010). Nesse sentido, é possível afirmar que a tensão mecânica do TFAI-RFS tenha sido similar a do TFAI, mesmo com a adição de hipóxia similar ao TFBI-RFS, uma vez que a pressão de RFS foi a mesma (*i.e.*, 60% da PAS). Dessa forma, é possível sugerir que exista um “efeito teto da hipóxia” nas adaptações, tanto no sentido de desoxigenação muscular como também nas respostas dos mecanismos (SCOTT et al., 2014) relacionados à hipertrofia muscular. Nesse caso, a hipóxia local induzida pela RFS compensaria a menor tensão mecânica no TF de baixa intensidade, promovendo aumentos na síntese proteica similar ao TFAI (FUJITA et al., 2007b). No entanto, tal hipóxia não promoveria efeitos adicionais a um protocolo com alta tensão mecânica e certo nível de hipóxia, embora menor como é o caso TFAI (MCGLORY et al., 2015).

6 CONCLUSÃO

O nível de hipóxia local não influencia a magnitude do aumento da ativação, força, massa muscular e alterações na arquitetura muscular decorrente do treinamento de força. Entretanto, a adição da hipóxia local parece ter uma maior contribuição para as adaptações decorrentes do treinamento de força de baixa em relação ao de alta intensidade.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; ANDERSEN, J. L.; DYHRE-POULSEN, P.; LEFFERS, A. M.; WAGNER, A.; MAGNUSSON, S. P.; HALKJAER-KRISTENSEN, J.; SIMONSEN, E. B. **A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture.** *J Physiol*, v. 534, n. Pt. 2, p. 613-23., 2001.

ACSM. **American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.

ACSM. **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. 1334-59, Jul 2011.

ADAM, A.; DE LUCA, C. J. **Recruitment order of motor units in human vastus lateralis muscle is maintained during fatiguing contractions.** *J Neurophysiol*, v. 90, n. 5, p. 2919-27, Nov 2003.

ALEGRE, L. M.; FERRI-MORALES, A.; RODRIGUEZ-CASARES, R.; AGUADO, X. **Effects of isometric training on the knee extensor moment-angle relationship and vastus lateralis muscle architecture.** *Eur J Appl Physiol*, v. 114, n. 11, p. 2437-46, Nov 2014.

ANDERSON, F. A., JR.; SPENCER, F. A. **Risk factors for venous thromboembolism.** *Circulation*, v. 107, n. 23 Suppl 1, p. I9-16, Jun 17 2003.

ANDO, R.; TANIGUCHI, K.; SAITO, A.; FUJIMIYA, M.; KATAYOSE, M.; AKIMA, H. **Validity of fascicle length estimation in the vastus lateralis and vastus intermedius using ultrasonography.** *J Electromyogr Kinesiol*, v. 24, n. 2, p. 214-20, Apr 2014.

ARABADZHIEV, T. I.; DIMITROV, G. V.; DIMITROVA, N. A. **Simulation analysis of the ability to estimate motor unit propagation velocity non-invasively by different two-channel methods and types of multi-electrodes.** *J Electromyogr Kinesiol*, v. 13, n. 5, p. 403-15, Oct 2003.

BLAZEVICH, A. J.; CANNAVAN, D.; COLEMAN, D. R.; HORNE, S. **Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles.** *J Appl Physiol* (1985), v. 103, n. 5, p. 1565-75, Nov 2007.

BLAZEVICH, A. J.; GILL, N. D.; BRONKS, R.; NEWTON, R. U. **Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 35, n. 12, p. 2013-22, Dec 2003.

BLAZEVICH, A. J.; SHARP, N. C. **Understanding muscle architectural adaptation: macro- and micro-level research.** *Cells Tissues Organs*, v. 181, n. 1, p. 1-10, 2005.

BOUSHEL, R.; PIANTADOSI, C. A. **Near-infrared spectroscopy for monitoring muscle oxygenation.** *Acta Physiol Scand*, v. 168, n. 4, p. 615-22, Apr 2000.

BOWEN, T. S.; KOGA, S.; AMANO, T.; KONDO, N.; ROSSITER, H. B. **The Spatial Distribution of Absolute Skeletal Muscle Deoxygenation During Ramp-Incremental Exercise Is Not Influenced by Hypoxia.** *Adv Exp Med Biol*, v. 876, p. 19-26, 2016.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. **ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power.** *J Exerc Physiol Online*, v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.

CALLEWAERT, M.; BOONE, J.; CELIE, B.; DE CLERCQ, D.; BOURGOIS, J. **Quadriceps muscle fatigue in trained and untrained boys.** *Int J Sports Med*, v. 34, n. 1, p. 14-20, Jan 2013.

COOK, S. B.; MURPHY, B. G.; LABARBERA, K. E. **Neuromuscular function after a bout of low-load blood flow-restricted exercise.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 45, n. 1, p. 67-74, Jan 2013.

COUNTS, B. R.; DANKEL, S. J.; BARNETT, B. E.; KIM, D.; MOUSER, J. G.; ALLEN, K. M.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T.; BEMBEN, M. G.; LOENNEKE, J. P. **Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation.** *Muscle Nerve*, v. 53, n. 3, p. 438-45, Mar 2015.

CSAPO, R.; ALEGRE, L. M.; BARON, R. **Time kinetics of acute changes in muscle architecture in response to resistance exercise.** *J Sci Med Sport*, v. 14, n. 3, p. 270-4, May 2011.

DELOREY, D. S.; KOWALCHUK, J. M.; PATERSON, D. H. **Relationship between pulmonary O₂ uptake kinetics and muscle deoxygenation during moderate-intensity exercise.** *J Appl Physiol* (1985), v. 95, n. 1, p. 113-20, Jul 2003.

DELOREY, D. S.; KOWALCHUK, J. M.; PATERSON, D. H. **Effect of age on O₂ uptake kinetics and the adaptation of muscle deoxygenation at the onset of moderate-intensity cycling exercise.** *J Appl Physiol* (1985), v. 97, n. 1, p. 165-72, Jul 2004a.

DELOREY, D. S.; KOWALCHUK, J. M.; PATERSON, D. H. **Effects of prior heavy-intensity exercise on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in young and older adult humans.** *J Appl Physiol* (1985), v. 97, n. 3, p. 998-1005, Sep 2004b.

EVANS, C.; VANCE, S.; BROWN, M. **Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles.** *J Sports Sci*, v. 28, n. 9, p. 999-1007, Jul 2010.

FERRARI, M.; MOTTOLA, L.; QUARESIMA, V. **Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy.** *Can J Appl Physiol*, v. 29, n. 4, p. 463-87, Aug 2004.

FITSCHEN, P. J.; KISTLER, B. M.; JEONG, J. H.; CHUNG, H. R.; WU, P. T.; WALSH, M. J.; WILUND, K. R. **Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training.** Clin Physiol Funct Imaging, v. 34, n. 5, p. 356-63, Sep 2014.

FUJITA, S.; ABE, T.; DRUMMOND, M. J.; CADENAS, J. G.; DREYER, H. C.; SATO, Y.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. **Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis.** J Appl Physiol, v. 103, n. 3, p. 903-10, Sep 2007a.

FUKUNAGA, T.; ICHINOSE, Y.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; FUKASHIRO, S. **Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo.** J Appl Physiol (1985), v. 82, n. 1, p. 354-8, Jan 1997a.

FUKUNAGA, T.; KAWAKAMI, Y.; KUNO, S.; FUNATO, K.; FUKASHIRO, S. **Muscle architecture and function in humans.** J Biomech, v. 30, n. 5, p. 457-63, May 1997b.

GANESAN, G.; COTTER, J. A.; REULAND, W.; CERUSSI, A. E.; TROMBERG, B. J.; GALASSETTI, P. **Effect of Blood Flow Restriction on Tissue Oxygenation during Knee Extension.** Med Sci Sports Exerc, May 27 2014.

GAVIN, T. P.; DREW, J. L.; KUBIK, C. J.; POFAHL, W. E.; HICKNER, R. C. **Acute resistance exercise increases skeletal muscle angiogenic growth factor expression.** Acta Physiol (Oxf), v. 191, n. 2, p. 139-46, Oct 2007.

GOLDBERG, A. L.; ETLINGER, J. D.; GOLDSPIK, D. F.; JABLECKI, C. **Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle.** Med Sci Sports, v. 7, n. 3, p. 185-98, Fall 1975.

GOTO, K.; ISHII, N.; KIZUKA, T.; TAKAMATSU, K. **The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations.** Med Sci Sports Exerc, v. 37, n. 6, p. 955-63, Jun 2005.

GRASSI, B.; POGLIAGHI, S.; RAMPICHINI, S.; QUARESIMA, V.; FERRARI, M.; MARCONI, C.; CERRETELLI, P. **Muscle oxygenation and pulmonary gas exchange kinetics during cycling exercise on-transitions in humans.** J Appl Physiol (1985), v. 95, n. 1, p. 149-58, Jul 2003.

HUDLICKA, O.; BROWN, M. D. **Adaptation of skeletal muscle microvasculature to increased or decreased blood flow: role of shear stress, nitric oxide and vascular endothelial growth factor.** J Vasc Res, v. 46, n. 5, p. 504-12, 2009.

HUNT, J. E.; GALEA, D.; TUFFT, G.; BUNCE, D.; FERGUSON, R. A. **Time course of regional vascular adaptations to low load resistance training with blood flow restriction.** J Appl Physiol (1985), v. 115, n. 3, p. 403-11, Aug 1 2013.

KACIN, A.; STRAZAR, K. **Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity.** Scand J Med Sci Sports, v. 21, n. 6, p. e231-41, Dec 2011.

KARABULUT, M.; ABE, T.; SATO, Y.; BEMBEN, M. G. **The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men.** *Eur J Appl Physiol*, v. 108, n. 1, p. 147-55, Jan 2010.

KOGA, S.; POOLE, D. C.; FERREIRA, L. F.; WHIPP, B. J.; KONDO, N.; SAITOH, T.; OHMAE, E.; BARSTOW, T. J. **Spatial heterogeneity of quadriceps muscle deoxygenation kinetics during cycle exercise.** *J Appl Physiol* (1985), v. 103, n. 6, p. 2049-56, Dec 2007.

KON, M.; IKEDA, T.; HOMMA, T.; AKIMOTO, T.; SUZUKI, Y.; KAWAHARA, T. **Effects of acute hypoxia on metabolic and hormonal responses to resistance exercise.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 42, n. 7, p. 1279-85, Jul 2010.

KUBO, K.; KOMURO, T.; ISHIGURO, N.; TSUNODA, N.; SATO, Y.; ISHII, N.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. **Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon.** *J Appl Biomech*, v. 22, n. 2, p. 112-9, May 2006.

KUBOTA, A.; SAKURABA, K.; SAWAKI, K.; SUMIDE, T.; TAMURA, Y. **Prevention of disuse muscular weakness by restriction of blood flow.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 40, n. 3, p. 529-34, Mar 2008.

LARKIN, K. A.; MACNEIL, R. G.; DIRAIN, M.; SANDESARA, B.; MANINI, T. M.; BUFORD, T. W. **Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 44, n. 11, p. 2077-83, Nov 2012.

LAURENTINO, G.; UGRINOWITSCH, C.; AIHARA, A. Y.; FERNANDES, A. R.; PARCELL, A. C.; RICARD, M.; TRICOLI, V. **Effects of strength training and vascular occlusion.** *Int J Sports Med*, v. 29, n. 8, p. 664-7, Aug 2008.

LAURENTINO, G. C.; UGRINOWITSCH, C.; ROSCHEL, H.; AOKI, M. S.; SOARES, A. G.; NEVES, M., JR.; AIHARA, A. Y.; A, D. A. R. C. F.; TRICOLI, V. **Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 44, n. 3, p. 406-12, Mar 2012.

LIBARDI, C. A.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; CAVAGLIERI, C. R.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H.; VECHIN, F. C.; CONCEICAO, M. S.; UGRINOWITSCH, C. **Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly.** *Int J Sports Med*, v. 36, n. 5, p. 395-9, May 2015.

LIBARDI, C. A.; SOUZA, T. M.; CONCEICAO, M. S.; BONGANHA, V.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; CAVAGLIERI, C. R.; DE MORAES, A. C.; UGRINOWITSCH, C. **Electromechanical delay of the knee extensor muscles: comparison among young, middle-age and older individuals.** *Clin Physiol Funct Imaging*, May 4 2014b.

LIXANDRÃO, M. E.; UGRINOWITSCH, C.; BOTTARO, M.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; CAVAGLIERI, C. R.; MIN, L. L.; OLIVEIRA DE SOUZA, E.; LAURENTINO, G. C.; LIBARDI, C. A. **Vastus lateralis muscle cross sectional area ultrasonography validity for image-fitting in humans.** *J Strength Cond Res*, May 19 2014.

LIXANDRÃO, M. E.; UGRINOWITSCH, C.; LAURENTINO, G.; LIBARDI, C. A.; AIHARA, A. Y.; CARDOSO, F. N.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H. **Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction.** *Eur J Appl Physiol*, v. 115, n. 12, p. 2471-80, Dec 2015.

LOENNEKE, J. P.; FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. **The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling.** *Med Hypotheses*, v. 78, n. 1, p. 151-4, Jan 2011.

MANINI, T. M.; CLARK, B. C. **Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health.** *Exerc Sport Sci Rev*, v. 37, n. 2, p. 78-85, Apr 2009.

MARTIN-HERNANDEZ, J.; MARIN, P. J.; MENENDEZ, H.; LOENNEKE, J. P.; COELHO-E-SILVA, M. J.; GARCIA-LOPEZ, D.; HERRERO, A. J. **Changes in muscle architecture induced by low load blood flow restricted training.** *Acta Physiol Hung*, v. 100, n. 4, p. 411-8, Dec 2013.

MCGLORY, C.; PHILLIPS, S. M. **Exercise and the Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy.** *Prog Mol Biol Transl Sci*, v. 135, p. 153-73, 2015.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; KUNO, S.; NISHIJIMA, T.; FUKUNAGA, T. **Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans.** *Eur J Appl Physiol*, v. 86, n. 3, p. 203-8, Jan 2002.

MORITANI, T.; SHERMAN, W. M.; SHIBATA, M.; MATSUMOTO, T.; SHINOHARA, M. **Oxygen availability and motor unit activity in humans.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 64, n. 6, p. 552-556, 1992.

NETO, G. R.; SANTOS, H. H.; SOUSA, J. B.; JUNIOR, A. T.; ARAUJO, J. P.; ANICETO, R. R.; SOUSA, M. S. **Effects of high-intensity blood flow restriction exercise on muscle fatigue.** *J Hum Kinet*, v. 41, p. 163-72, Jun 28 2014.

SAMPSON, J. A.; GROELLER, H. **Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength?** *Scand J Med Sci Sports*, v. 26, n. 4, p. 375-83, Apr 2016.

SCANLON, T. C.; FRAGALA, M. S.; STOUT, J. R.; EMERSON, N. S.; BEYER, K. S.; OLIVEIRA, L. P.; HOFFMAN, J. R. **Muscle architecture and strength: adaptations to short-term resistance training in older adults.** *Muscle Nerve*, v. 49, n. 4, p. 584-92, Apr 2013.

SCHOENFELD, B. J. **The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training.** *J Strength Cond Res*, v. 24, n. 10, p. 2857-72, Oct 2010.

SCHOENFELD, B. J. **Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training.** *Sports Med*, v. 43, n. 3, p. 179-94, Mar 2013a.

SCOTT, B. R.; SLATTERY, K. M.; DASCOMBE, B. J. **Intermittent hypoxic resistance training: is metabolic stress the key moderator?** *Med Hypotheses*, v. 84, n. 2, p. 145-9, Feb 2015.

SCOTT, B. R.; SLATTERY, K. M.; SCULLEY, D. V.; DASCOMBE, B. J. **Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods.** *Sports Med*, v. 44, n. 8, p. 1037-54, Aug 2014.

SEYNNES, O. R.; DE BOER, M.; NARICI, M. V. **Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training.** *J Appl Physiol*, v. 102, n. 1, p. 368-73, Jan 2007.

SPIERING, B. A.; KRAEMER, W. J.; ANDERSON, J. M.; ARMSTRONG, L. E.; NINDL, B. C.; VOLEK, J. S.; MARESH, C. M. **Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways.** *Sports Med*, v. 38, n. 7, p. 527-40, 2008.

SUGA, T.; OKITA, K.; MORITA, N.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; HORIUCHI, M.; TAKADA, S.; OMOKAWA, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. **Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction.** *J Appl Physiol*, v. 108, n. 6, p. 1563-7, Jun 2010.

SUGA, T.; OKITA, K.; MORITA, N.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; HORIUCHI, M.; TAKADA, S.; TAKAHASHI, T.; OMOKAWA, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. **Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction.** *J Appl Physiol*, v. 106, n. 4, p. 1119-24, Apr 2009.

SUGA, T.; OKITA, K.; TAKADA, S.; OMOKAWA, M.; KADOGUCHI, T.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; TAKAHASHI, M.; MORITA, N.; HORIUCHI, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. **Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction.** *Eur J Appl Physiol*, Mar 14 2012.

TAKARADA, Y.; NAKAMURA, Y.; ARUGA, S.; ONDA, T.; MIYAZAKI, S.; ISHII, N. **Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion.** *J Appl Physiol*, v. 88, n. 1, p. 61-5, Jan 2000a.

TAKARADA, Y.; SATO, Y.; ISHII, N. **Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes.** *Eur J Appl Physiol*, v. 86, n. 4, p. 308-14, Feb 2002.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; ISHII, N. **Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles.** *Med Sci Sports Exerc*, v. 32, n. 12, p. 2035-9, Dec 2000b.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; SATO, Y.; TAKEBAYASHI, S.; TANAKA, Y.; ISHII, N. **Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans.** *J Appl Physiol*, v. 88, n. 6, p. 2097-106, Jun 2000c.

TANIMOTO, M.; ISHII, N. **Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men.** J Appl Physiol, v. 100, n. 4, p. 1150-7, Apr 2006.

TESCH, P.; COLLIANDER, E.; KAISER, P. **Muscle metabolism during intense, heavy-resistance exercise.**v. 55, p. 362-366, 1986.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. **New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations.** Eur J Appl Physiol, v. 97, n. 6, p. 643-63, Aug 2006.

VECHIN, F. C.; LIBARDI, C. A.; CONCEICAO, M. S.; DAMAS, F. R.; LIXANDRAO, M. E.; BERTON, R. P.; TRICOLI, V. A.; ROSCHEL, H. A.; CAVAGLIERI, C. R.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; UGRINOWITSCH, C. **Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly.** J Strength Cond Res, v. 29, n. 4, p. 1071-6, Apr 2015.

VIGOTSKY, A. D.; BEARDSLEY, C.; CONTRERAS, B.; STEELE, J.; OGBORN, D.; PHILLIPS, S. M. **Greater electromyographic responses do not imply greater motor unit recruitment and 'hypertrophic potential' cannot be inferred.** J Strength Cond Res, Dec 11 2015.

WERNBOM, M.; JARREBRING, R.; ANDREASSON, M. A.; AUGUSTSSON, J. **Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load.** J Strength Cond Res, v. 23, n. 8, p. 2389-95, Nov 2009.

WEST, D. W.; BURD, N. A.; STAPLES, A. W.; PHILLIPS, S. M. **Human exercise-mediated skeletal muscle hypertrophy is an intrinsic process.** Int J Biochem Cell Biol, v. 42, n. 9, p. 1371-5, Sep 2010.

WESTAD, C.; WESTGAARD, R. H.; DE LUCA, C. J. **Motor unit recruitment and derecruitment induced by brief increase in contraction amplitude of the human trapezius muscle.** J Physiol, v. 552, n. Pt 2, p. 645-56, Oct 15 2003.

WICKIEWICZ, T. L.; ROY, R. R.; POWELL, P. L.; EDGERTON, V. R. **Muscle architecture of the human lower limb.** Clin Orthop, n. 179, p. 275-83., 1983.

YASUDA, T.; ABE, T.; SATO, Y.; MIDORIKAWA, T.; INOUE, C.; RYUSHI, T.; ISHII, N. **Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training.** International Journal of KAATSU Training Research, v. 1, p. 65-70, 2005.

YASUDA, T.; FUJITA, S.; OGASAWARA, R.; SATO, Y.; ABE, T. **Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study.** Clin Physiol Funct Imaging, v. 30, n. 5, p. 338-43, Sep 2010.

YASUDA, T.; FUKUMURA, K.; FUKUDA, T.; UCHIDA, Y.; IIDA, H.; MEGURO, M.; SATO, Y.; YAMASOBA, T.; NAKAJIMA, T. **Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults.** Scand J Med Sci Sports, Jun 3 2013.

YASUDA, T.; LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T. **Effects of blood flow restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength.** PLoS One, v. 7, n. 12, p. e52843, 2012.

ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS/UFSCAR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito agudo e crônico da hipóxia local durante o treinamento de força de alta e baixa intensidade na ativação, força e massa muscular em indivíduos jovens.

Pesquisador: Thais Marina Pires de Campos Biazon

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 42359015.5.0000.5504

Instituição Proponente: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Patrocinador Principal: Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia - PPGFt

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.041.548

Data da Relatoria: 12/05/2015

Apresentação do Projeto:

Estudo longitudinal, experimental, tipo coorte, com análise quantitativa. Serão voluntários 18 homens, entre 18 e 30 anos, saudáveis e que não realizem atividade física com frequência semanal superior a duas vezes semanais. Os voluntários comparecerão trinta vezes ao local onde será realizada a pesquisa. Inicialmente, será feita anamnese, avaliação antropométrica e familiarização com o exercício (execução do movimento de extensão unilateral de joelho) a ser executado no estudo. Nos encontros seguintes, serão submetidos a testes de força máxima dinâmica (1-RM). Em seguida, serão alocados de maneira aleatória e contrabalanceada a um dos três protocolos de treinamento de força (TF) unilateral: treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFBI-RFS), treinamento de força de alta intensidade (TFAI) e treinamento de força de alta intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS). Durante a primeira, décima segunda e vigésima quarta sessões de TF, um optodo do aparelho de near-infrared spectroscopy (NIRS) será posicionado superficialmente sobre o músculo vasto lateral (VL) para mensuração da oxigenação tecidual local. Será posicionado também eletrodo de eletromiografia de superfície (EMG) para mensuração da ativação das fibras musculares.

Objetivo da Pesquisa:

A pesquisadora pretende analisar e comparar o efeito da hipóxia local durante o treinamento TFBI-

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

Continuação do Parecer: 1.041.548

RFS, TFAI e TFAI-RFS, na ativação, força e massa muscular em indivíduos jovens. E como objetivos secundários: analisar e comparar a hipóxia local do músculo VL durante o TFBI-RFS, TFAI e TFAI-RFS; • Analisar e comparar a ativação muscular do músculo VL durante o TFBI-RFS, TFAI e TFAI-RFS; analisar e comparar a força muscular unilateral de músculos extensores de joelhos antes e após o TFBI-RFS, TFAI e TFAI-RFS por 12 semanas; analisar e comparar a massa muscular do músculo VL antes e após o TFBI-RFS, TFAI e TFAI-RFS por 12 semanas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisadora aponta como riscos possíveis sinais e sintomas de intolerância ao esforço durante o exercício e possível dor muscular e/ou desconforto ao movimentar a articulação e/ou diminuição na amplitude de movimento dessa articulação com curta permanência (24 – 96h). Informa como benefício direto aos participantes que estes acompanharão seus resultados de ganho de massa e força dos músculos extensores da coxa após treinamento de força elaborado e supervisionado por educadores físicos e fisioterapeutas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa possui relevância à área em questão. O cronograma reapresentado aponta início da pesquisa para junho de 2015.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A Folha de Rosto foi adequadamente preenchida e está assinada. O TCLE foi reapresentado, estando de acordo com o recomendado pela Resolução CNS 466/12

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendências resolvidas.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto aprovado.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS/UFSCAR



Continuação do Parecer: 1.041.548

SÃO CARLOS, 29 de Abril de 2015

Assinado por:
Ricardo Carneiro Borra
(Coordenador)

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA **CEP:** 13.565-905
UF: SP **Município:** SÃO CARLOS
Telefone: (16)3351-9683 **E-mail:** cephumanos@ufscar.br

APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

(Consentimento Pós-Informação para Pesquisa com Seres Humanos)

Consentimento formal de participação no estudo intitulado **“Efeito agudo e crônico da hipóxia local durante o treinamento de força de alta e baixa intensidade na ativação, força e massa muscular em indivíduos jovens”**.

Responsável pelo projeto: Thaís Marina Pires de Campos Biazon

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi

Local de desenvolvimento do projeto:

Laboratório de Adaptações Neuromusculares ao Treinamento de Força (LANTF), Departamento de Educação Física e Motricidade Humana (DEFMH), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Objetivo geral do estudo:

Analisar e comparar o efeito da hipóxia local, ou seja, da redução da oferta de oxigênio para o músculo localizado na região lateral da coxa, durante o treinamento de força de baixa intensidade com uso de manguito de pressão na região da virilha (restrição do fluxo sanguíneo) (TFBI-RFS), alta intensidade (TFAI) e TFAI com restrição do fluxo sanguíneo (TFAI-RFS) na ativação da fibra muscular, massa muscular e força de músculos extensores de joelho em indivíduos jovens.

Critérios de inclusão e exclusão de participação no estudo:

Homens com idade entre 18 e 30 anos, aparentemente saudáveis e que não realizem atividade física com frequência semanal superior a duas vezes, com experiência em treinamento de força (TF), ou seja, levantamento de pesos, mas não praticantes de TF para pernas por pelo menos 6 meses. Como critérios de exclusão, serão adotadas lesões musculares de pernas que limitem a realização dos exercícios de pernas, uso de drogas ou medicamentos que afetem o desempenho físico do participante. Também serão excluídos os voluntários com mais do que um fator de risco para tromboembolismo vascular (entupimento do vaso sanguíneo) como obesidade (índice de massa corpórea > 30 Kg/m²), quebra do osso do quadril ou fêmur não consolidada, cirurgia de grande porte recente, veias varicosas e história de trombose venosa profunda (entupimento de veia). Sendo assim, você foi selecionado, dentre os voluntários, para participar do estudo por estar dentro dos padrões acima citados.

Etapas e procedimentos do estudo:

O estudo será composto por mínimo de 30 visitas. Na primeira visita ao laboratório, será colhido dado como idade, prática de atividade física e de treinamento de força muscular, de fatores de risco para trombose venosa profunda e uso de drogas e medicamentos. Também serão realizadas avaliações de altura e massa corporal (peso), além do cálculo do índice de massa corporal (IMC). Posteriormente, os participantes serão convidados a permanecerem em aparelho de cadeira extensora (equipamento para treino de força de pernas) para padronização dos ajustes ao equipamento e familiarização com o exercício de extensão unilateral (de apenas uma das pernas) de joelho. Após 48 horas mínimas, a segunda visita acontecerá para a familiarização com o teste de força muscular através de uma repetição máxima (1-RM). Com intervalo mínimo de 72 horas, os participantes serão submetidos a um novo teste de 1-RM para determinação da carga de treinamento durante a terceira visita. Se a variação entre os testes de 1-RM for maior que 5%, um novo teste será realizado após 72 horas mínimas. A quarta visita acontecerá após 24 horas mínimas e será constituída pelo TF unilateral de extensão de joelho com restrição do fluxo sanguíneo (uso de manguito de pressão na região da virilha) através de três séries de 10 repetições à 20% 1-RM, 50% 1-RM e 80% 1-RM, com intervalo de 1 minuto e uso da restrição do fluxo sanguíneo durante as séries de treino. Após mínimo de 96 horas, durante a quarta visita, a mensuração da área de secção transversa (AST), ou seja, massa muscular do músculo lateral da coxa será realizada com uso da captura de imagens de ultrassonografia muscular de forma indolor. Após isso, o programa de TF será realizado durante 12 semanas com intervalo mínimo de 72 horas entre as sessões. O TFAI e TFAI-RFS serão executados com 3 séries de 10 repetições à 80% de 1-RM. Já o TFBI-RFS também serão executados com 3 séries, mas com 20 repetições à 20% 1-RM e após cinco semanas de TF, haverá um ajuste na intensidade do treino a partir do novo teste de 1-RM. Além disso, o número de séries mudará de três para quatro até o final das 12 semanas. Para a determinação da pressão de restrição do fluxo sanguíneo, os participantes permanecerão em posição deitada, com um manguito de pressão em região de virilha e uma sonda em região da artéria próxima ao tornozelo para identificação do som do pulso da artéria do tornozelo de maneira indolor. Será necessário o enchimento do manguito até o momento de fim do som do pulso para encontrar a pressão de oclusão em repouso. A pressão sanguínea utilizada nos protocolos de treinamento será de 60% dessa pressão de oclusão. A restrição do fluxo sanguíneo será mantida durante as séries de exercício e liberada nas pausas. Essa pressão será reavaliada com intervalos de 2 semanas a partir da sessão de familiarização com os protocolos de TF com RFS. Noventa e seis horas após a última sessão de treinamento, será realizada nova mensuração da massa do músculo lateral da coxa e em seguida o teste de 1-RM.

Durante a primeira, décima segunda e vigésima quarta sessões de TF, o aparelho de *near-infrared spectroscopy* (NIRS), equipamento que mede a oxigenação do músculo, e o de eletromiografia de superfície (EMG), equipamento que mede a atividade de contração das fibras musculares, serão posicionados sobre a região lateral da coxa de maneira indolor.

Para que a análise dos valores de oxigenação e de atividade de fibra muscular seja confiável, será necessário realizar o teste de contração voluntária máxima (CVM) antes do TF, ou seja, manutenção de joelho esticado, com carga de 200 kg durante 3 segundos. Também será realizada uma oclusão vascular de 120% para encontrar o valor máximo de falta de oxigênio do músculo. Este procedimento acontecerá com uso de um manguito de pressão na virilha insuflado ou cheio de maneira controlada e supervisionada por 6 minutos. A descrição desses procedimentos e sua segurança foram comprovadas em estudos anteriores. Esses testes são usados na maioria dos estudos que

pesquisam oxigenação muscular. E, em nosso estudo, serão realizados antes do treino e apenas na primeira, décima segunda e vigésima quarta sessão.

Potenciais riscos e incômodos:

O participante será informado sobre os possíveis sinais e sintomas de intolerância ao esforço durante o exercício e possível dor muscular e/ou desconforto ao movimentar a articulação e/ou diminuição na amplitude de movimento dessa articulação com curta permanência (24 – 96h). Caso haja manifestação de sinais e/ou sintomas não fisiológicos (normais) ao uso da restrição do fluxo sanguíneo como redução de temperatura, alteração da coloração e leve formigamento da coxa, perna e pé durante o tempo em que o manguito estiver insuflado ou cheio, o exercício e a sessão serão interrompidos imediatamente.

Liberdade de participação:

Sua participação é voluntária e não obrigatória. É de seu direito desistir de participar do estudo e retirar seu consentimento a qualquer momento sem que isso incorra em qualquer penalidade ou prejuízo.

Responsabilidade dos pesquisadores:

O pesquisador acompanhará todos os participantes em todas as visitas ao laboratório e será responsável pela orientação do posicionamento articular e da execução do movimento padronizada durante o TF.

Sigilo de identidade:

Esteja ciente ainda, de que as informações obtidas durante as avaliações e sessões de TF serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas, sem a devida autorização do responsável pela pesquisa. As informações obtidas poderão ser usadas para fins de pesquisa científica, desde que a privacidade seja sempre resguardada. E, todas as dúvidas futuras que possam vir a ocorrer poderão ser prontamente esclarecidas, bem como o acompanhamento dos resultados obtidos durante a coleta de dados.

Custo financeiro:

Esse projeto não envolverá nenhum tipo de custo financeiro para o voluntário e a participação nele não é passível de contribuição em dinheiro ou qualquer outro tipo de beneficiamento. Além disso, todos os gastos com transporte com os participantes para a coleta, e de gastos decorrentes de uma possível manifestação de intolerância ao esforço e ao uso de restrição do fluxo sanguíneo serão de responsabilidade do pesquisador e orientador da pesquisa.

Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi

Rodovia Washington Luiz, Km. 235, Módulo 3, Bloco 4 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 99747-3665. Email: cleiton.libardi@ufscar.br

Thaís Marina Pires de Campos Biazon

Fone (14) 98154-7227. Email: thais.biazon@hotmail.com

Dados de identificação do participante

Nome completo:

Data de nascimento:

RG:

Endereço:

Contato telefônico:

E-mail:

Declaro para os devidos fins que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. Declaro também que o pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 – São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

São Carlos,.....dede

Nome do participante completo por extenso

Assinatura do participante

APÊNDICE B

Ficha de avaliação dos voluntários**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS****Laboratório de Adaptações Neuromuscular ao Treinamento de Força – LANTF****1. Dados pessoais**

Data: _____ ID: _____

Nome: _____

E-mail: _____ Telefone: _____

Facebook: _____ Whatsapp: _____

2. Anamnese**2.1. Dados antropométricos e de saúde**

Idade: _____ peso: _____ altura: _____

Considera-se saudável? _____

2.2. Dados de atividade e aptidão física	Sim (S) ou não (N)
Recreacionalmente ativo? Atividade física com frequência semanal igual ou menor a duas vezes semanais.	
Experiência em treinamento de força (TF)?	
Não praticantes de TF para membros inferiores (MMII) por pelo menos 6 meses?	
Lesões ou disfunções neuromusculares e/ou musculoesqueléticas de MMII que caracterizem limitação funcional?	
Uso de drogas ou medicamentos passíveis de afetar o desempenho físico?	

2.3. Dados para critérios de TVP	Sim (S) ou não (N)
Fratura de quadril, pelve ou fêmur não consolidada?	
Cirurgia de grande porte prévia recente, veias varicosas?	
História de trombose venosa profunda?	
IMC > 30 Kg/m ² ? Valor	
Mais de um fator de risco?	

3. Dados antropométricos em cadeira extensora	Valor
Número de orifícios para encosto dorsal	
Número de orifícios para encosto perna	

4. Padronização e familiarização com a execução do movimento

- Aquecimento geral prévio em cicloergômetro a 20 km/h durante 5 minutos.
- Cadeira extensora para aquecimento específico de extensores de joelho:
- 10 repetições a 20% da 1-RM estimada;
- 8 repetições a 50% da 1-RM estimada;
- 3 repetições a 70% da 1-RM estimada.
- Um intervalo de 2 minutos será permitido entre as séries de aquecimento.

5. Instruções

Não realização de atividades físicas extenuantes durante o período experimental e ingestão de alimentos leves entre 2-3h antes de cada visita.