

LARISSA CORRÊA BARCELOS

**ADAPTAÇÕES MUSCULARES APÓS DIFERENTES PROTOCOLOS DE  
TREINAMENTO DE FORÇA COM CARGAS BAIXAS: EFEITO DA OCLUSÃO  
VASCULAR, CARGAS E VOLUME**

**UBERABA  
2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

LARISSA CORRÊA BARCELOS

**ADAPTAÇÕES MUSCULARES APÓS DIFERENTES PROTOCOLOS DE  
TREINAMENTO DE FORÇA COM CARGAS BAIXAS: EFEITO DA OCLUSÃO  
VASCULAR, CARGAS E VOLUME**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de pesquisa: Aspectos biodinâmicos e metabólicos do exercício físico e esporte), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador Dr. Fábio Lera Orsatti

UBERABA  
2014

LARISSA CORRÊA BARCELOS

**ADAPTAÇÕES MUSCULARES APÓS DIFERENTES PROTOCOLOS DE  
TREINAMENTO DE FORÇA COM CARGAS BAIXAS: EFEITO DA OCLUSÃO  
VASCULAR, CARGAS E VOLUME**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de pesquisa: Aspectos biodinâmicos e metabólicos do exercício físico e esporte), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 18 de fevereiro de 2014

Banca Examinadora:

---

Dr. Fábio Lera Orsatti – orientador  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

---

Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli  
Universidade de São Paulo

---

Dr. Luis Ronan Marquez Ferreira de Souza  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

*Dedico este trabalho ao meu pai Donald e à minha mãe Juliana, por me apoiarem e ajudarem durante esses anos; aos meus amigos queridos, pelo carinho e atenção; e ao meu namorado Diego pelo amor, paciência e compreensão em todos os momentos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas conquistas e superações dos últimos anos e por me colocar à prova de todas as minhas dificuldades e desafios.

Ao meu querido orientador Fábio Lera Orsatti, que primeiramente acreditou em mim para a execução deste trabalho e pacientemente me concedeu um pouco de seu conhecimento me ensinando a fazer ciência e, mais do que isso, me fez ser uma pesquisadora apaixonada por essa ciência que tanto contribuiu para o meu crescimento pessoal e profissional.

À minha querida família, principalmente ao meu pai Donaldo e minha mãe Juliana, pelo apoio, compreensão, amor e dedicação todos esses anos e, em especial, durante esse período de pesquisa e sequentes ausências.

Ao meu querido namorado Diego por todas as minhas ausências, dificuldades, desabafos e por todo seu apoio, compreensão, amor e carinho que foi essencial para que eu conseguisse chegar até o fim juntamente com o apoio que recebi de sua família que me é tão querida.

À equipe da Ressonância Magnética do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, que desde o início deu todo suporte e orientação para a realização de todos os exames de ressonância necessários durante todo o período de realização da pesquisa, por toda atenção e cuidado necessários para que o protocolo fosse bem delineado. Atenção essa dada pelo médico responsável Dr. Luis Ronan, à técnica Daniela e à enfermeira Marli de forma muito especial e construtiva, contribuindo de maneira significativa para a geração desse trabalho e, sem esse auxílio, o trabalho não teria a mesma magnitude.

À equipe da Swimming academia, que desde o início deram todo o estímulo e apoio possível para que eu seguisse em frente e chegasse até aqui.

Às agências de fomento Capes, pela concessão de bolsa, e FAPEMIG, pelo suporte financeiro ao Projeto.

Aos meus queridos amigos da família BioEx, Paulo Ricardo Prado Nunes, Ricardo Benini, Anselmo Alves de Oliveira, Roberto Fulanetto Júnior, Luanna Margato, Fernanda Maria Martins, Cássio de Oliveira Souto, Tadeu Bordignon, Antônio Ribeiro Neto, Rhuan Victor Virtudes Lourenço, Izamara Vanessa Rodrigues Reis e Karina Damião Brandão.

À todos que se voluntariaram nessa pesquisa contribuindo para a ciência e elaboração deste trabalho. Às biomédicas Camila Miguel Botelho e Kelly Cristina Paiva por realizarem as coletas de sangue ao longo da pesquisa.

Ao Dr. Javier Emilio Lazo Chica por conceder o espaço de seu laboratório e equipamentos na Biologia Celular.

À funcionária da Pós-Graduação Angélica Fatureto, obrigada pela atenção e eficiência.

E por fim, mas não com menor importância, aos examinadores da defesa, Dr. Luís Ronan Marquez Ferreira de Souza e Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli pela presença e pertinentes contribuições para a elaboração desta pesquisa e dissertação.

Enfim, meu imenso agradecimento a todos por terem acreditado na minha capacidade e competência, pela paciência, incentivo e apoio concedidos a mim.

*“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”*

*Chico Xavier*

## Resumo

**Introdução:** treinamento de força (TF) é uma excelente intervenção para aumentar a força e massa musculares. Tradicionalmente é aceito que hipertrofia muscular ocorre, primariamente, devido a sobrecarga externa superiores a 70% de uma repetição máxima (1RM) imposta ao músculo. No entanto, esse conceito pode não ser prático para muitas condições em que o treinamento tradicional, com cargas elevadas, não pode ser usado (ex. integridades músculo-tendíneas comprometidas). Evidências crescentes sugerem que o TF com cargas baixas quando realizado com oclusão vascular ou até a falha concêntrica do movimento promove hipertrofia muscular semelhantemente ao TF com cargas elevadas, sendo uma alternativa para condições na qual TF tradicional não pode ser aplicado. No entanto, a dosagem de exercício necessária, combinada ou não com a oclusão vascular, para promover ou otimizar a hipertrofia muscular não tem sido totalmente elucidada. **Objetivo:** analisar os efeitos de diferentes protocolos de TF com e sem oclusão vascular sobre a força e hipertrofia musculares. **Metodologia:** 47 homens jovens e eutróficos realizaram avaliação da área de secção transversa do músculo quadríceps por meio de ressonância magnética e força máxima pelo teste de 1RM antes e após oito semanas de TF, exceto para força que foi avaliada em três momentos (antes e após quatro e oito semanas). Os indivíduos foram aleatoriamente alocados em uma das cinco condições de TF: (1) TF com volume e carga baixos (uma série com 20% de 1RM), (2) TF com volume alto e carga baixa (três séries com 20% de 1RM), (3) TF com volume baixo e carga alta (uma série com 50% de 1RM), (4) TF com volume e carga altos (três séries com 50% de 1RM) ou (5) controle. Realizaram exercício dinâmico de extensão do joelho, em cadeira extensora, com repetições numerosas. Uma das pernas de cada indivíduo, escolhidas aleatoriamente, foi ocluída. Dez indivíduos foram selecionados para a comparação da atividade eletromiográfica (RMS) entre as condições e grupos. **Resultado:** todas as configurações de TF promoveram o aumento da força e a massa musculares após oito semanas de TF, sem interação com a oclusão. Porém, o grupo que realizou o TF com 20% foi superior no ganho de massa muscular. Para a força muscular houve maior aumento no grupo que realizou três series com 20% comparados aos demais grupos após quatro semanas. Esta diferença se perdeu após oito semanas. O RMS no início da série foi inferior no grupo 1x20% comparado aos demais grupos. Porém, no final da série não houve diferença entre os grupos. Não houve interação da oclusão com os grupos para RMS. **Conclusão:** a oclusão vascular não apresenta efeito aditivo ao TF realizado com carga baixa e repetições numerosas no aumento da força e massa musculares. O TF com cargas baixas (20% e 50%) aumenta a força e massa musculares após oito semanas de TF. No entanto, o aumento da massa muscular é superior no grupo de 20% de 1RM e as adaptações da força são antecipadas quando o TF com 20% de 1RM é realizado com mais repetições (três vs uma séries).

**Palavras-chave:** Exercício. Fluxo sanguíneo reduzido. Falha. Baixa carga. Volume. Imagem de ressonância magnética.

## Abstract

**Introduction:** Resistance training (RT) is an excellent intervention to improve strength and the muscle mass. Traditionally it is accepted that muscle hypertrophy occurs primarily due to extreme overload above 70% of one maximum repetition (1RM) imposed to muscle. However, this concept cannot be applicable for many conditions in which the traditional training with high loads cannot be used (e.g. compromised muscle tendon integrity). Growing evidences have suggested that RT with low loads when performed under low blood flow (vascular occlusion) promotes muscle hypertrophy similar to RT with high loads, being an alternative to conditions where the traditionally RT cannot be applicable. On the other hand, recent studies have suggested that RT with low loads and performed until muscle failure (in other words, task failure), but without vascular occlusion, is efficient to induce protein synthesis and promote hypertrophy similar to RT with high loads. However, the dose of exercise required, combined or not with the vascular occlusion, to maximize the muscular hypertrophy has not been totally elucidated. **Objective:** Analyze the effects of different RT programs with and without vascular occlusion on muscular strength and hypertrophy. **Methodology:** Thirty eight young eutrophic men were submitted to quadriceps muscle **cross-section area** assessment by means of magnetic resonance image (MRI) and maximum strength by test of 1RM before and after eight weeks of RT with or without vascular occlusion, except to strength that was also evaluated after four weeks. The individuals were randomly allocated in one of four RT conditions: (1) low-load low volume resistance exercise (one set performed to voluntary failure with 20% of 1RM), (2) low-load high volume resistance exercise (three sets performed to voluntary failure with 20% of 1RM), (3) high-load low volume resistance exercise (one set performed to voluntary failure with 50% of 1RM) or (4) high load high volume resistance exercise (three sets performed to voluntary failure with 50% of 1RM) and performed dynamic knee extension exercise in a leg extension machine during eight weeks. One leg of each individual was randomly occluded. Ten individuals were selected to electromyographic activity comparison (RMS) between conditions and groups. **Results:** After eight weeks of training, the strength and the muscle mass increased in all groups, without interaction with occlusion. However, the group which performed the RT with 20% was superior in gain of muscle mass. For the muscular strength, there was a greater increase in the group that performed three sets with 20% compared to the other training groups after four weeks, but there was no difference between groups after eight weeks. The RMS at the beginning of the set was lower in the group 1x20 compared to the other groups. However, at the end of the set, there was no difference between the groups. There was not occlusion interaction with the groups to RMS. **Conclusion:** The vascular occlusion has not shown additive effect to low-load RT to strength gains and muscle mass. The low-load RT (20% and 50%) increases strength and muscle mass after eight weeks of RT. However, muscle mass gain is superior in the group of 20% of 1RM and strength adaptations are anticipated when the RT with 20% of 1RM is performed with more repetitions (three sets vs. one set).

**Keywords:** Exercise. Low blood flow. Failure. Low load. Volume. Magnetic resonance image.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Relação entre o nível de condicionamento físico dos indivíduos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).....	48
<b>Figura 2.</b> Relação entre a intensidade do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).....	49
<b>Figura 3.</b> Relação entre o volume por dia do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).....	51
<b>Figura 4.</b> Relação entre a frequência semanal do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).....	51
<b>Figura 5.</b> Escala de percepção de esforço modificada.....	19
<b>Figura 6.</b> Desenho experimental do período de TF.....	20
<b>Figura 7.</b> Software específico de análises morfométricas.....	21
<b>Figura 8.</b> AST do músculo quadríceps na perna direita pré e pós treinamento.....	21
<b>Figura 9.</b> Diferença percentual da força máxima após as 4 primeiras semanas de treinamento para as duas condições (ocluído e não ocluído) e todos os protocolos de exercício: 1x50% 1RM, 3x50% 1RM, 1x20% 1RM, 3x20% 1 RM. Kruskal-Wallis: Grupos (condição x protocolos) $P<0,201$ ; Condição (OC x NOC), $P=0,925$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%), $P=0,030$ ; carga (20% x 50%), $P=0,539$ e séries (1 x 3 séries), $P=0,060$ . * comparação do protocolo 3x20 com demais protocolos.....	28
<b>Figura 10.</b> (A) Diferença percentual da soma das seis imagens do músculo quadríceps obtidas através de ressonância magnética para todos os protocolos de exercício: 1x50% 1RM, 3x50% 1RM, 1x20% 1RM, 3x20% 1RM em todas as condições (controle, ocluído e não ocluído). (B) Diferença percentual da soma das seis imagens do músculo quadríceps entre as duas condições (ocluído e não ocluído). Kruskal-Wallis: Grupos (condição x protocolos x controle) $P<0,001$ ; Condição (OC x NOC), $P=0,296$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%), $P=0,07$ ; carga (20% x 50%), $P=0,009$ e séries (1 x 3 séries), $P=0,681$ . * comparação referente ao controle, ** comparação do grupo 20% referente ao grupo 50%.....	29
<b>Figura 11.</b> Diferença percentual de carga máxima do sinal eletromiográfico (RMS) nos momentos inicial e final de cada protocolo. Dados apresentados como média dos músculos RF, VL e VM e intervalo de confiança de 95%. Kruskal-Wallis para início: Grupos (condição x protocolos) $P<0,036$ ; Condição (OC x NOC), $P=0,530$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%), $P=0,002$ ; carga (20% x 50%), $P<0,001$ (50%>20%) e séries (1 x 3 séries), $P=0,155$ . Kruskal-Wallis para fim: Grupos (condição x protocolos) $P<0,222$ ; Condição (OC x NOC), $P=0,644$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%), $P=0,060$ ; carga (20% x 50%), $P<0,040$ (50%>20%) e séries (1 x 3 séries), $P=0,227$ . * comparação do início com o fim (Wilcoxon); ** comparação do protocolo 1x20% com os protocolos 3x50 e 1x50.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características dos estudos selecionados.....	45
<b>Tabela 2.</b> Protocolos de treinamento utilizados nos estudos selecionados e o percentual de mudança da AST por sessão .....	46
<b>Tabela 3.</b> Idade, IMC, % de gordura e ingestão de energia e macronutrientes pré-treinamento. ....	25
<b>Tabela 4.</b> Comparação do delta percentual da força muscular após oito semanas de TF. Dados apresentados em mediana (IC 95%). .....	27
<b>Tabela 5.</b> Soma das seis imagens da área de secção transversa do músculo quadríceps no momento inicial do estudo para todos os protocolos de exercício em todas as condições. . Dados apresentados em mediana (IC 95%). .....	30
<b>Tabela 6.</b> Efeito dos diferentes protocolos de exercício de extensão de joelhos sob as variáveis de treinamento após 8 semanas nas duas condições (OC / NOC). Dados apresentados em mediana (IC 95%). .....	32
<b>Tabela 7.</b> Comparação do delta percentual dos hormônios dos momentos pré e 15' pós-exercício de extensão de joelhos nas duas condições (OC / NOC). Dados apresentados em mediana (IC 95%). .....	35

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**1 RM** – 1 Repetição máxima

**AST** – Área de secção transversa

**IM** – Imagem

**MM** – Massa muscular

**MRH** – Magnitude de resposta hipertrófica

**TF** – Treinamento de força

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVO GERAL</b> .....	16
<b>3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	16
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	17
4.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	17
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
4.3 AVALIAÇÃO DA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DO MÚSCULO.....	20
4.4 TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1 - RM).....	21
4.5 REGISTRO DE DIÁRIO ALIMENTAR.....	22
4.6 COLETA DE SANGUE E ANÁLISES HORMONAIS.....	22
4.7 ATIVIDADE ELÉTRICA DO MÚSCULO QUADRÍCEPS.....	22
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
<b>5 RESULTADOS</b> .....	24
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	36
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40
<b>APÊNDICE</b> .....	44

## 1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF), também conhecido como musculação ou treinamento com pesos, proporciona melhoria no desempenho esportivo e na saúde, pelo aumento da força e massa musculares. A magnitude de respostas do TF é ditada pelas variáveis agudas do treinamento, tais como intensidade, volume, intervalo de descanso, velocidade do movimento, sequência e seleção dos exercícios (ACSM, 2009). Especificamente, a intensidade do TF é descrita como a quantidade de resistência ou carga utilizada em um determinado movimento ou exercício. A intensidade é expressa em percentuais (%) da carga máxima alcançada em apenas uma repetição, denominada como uma repetição máxima (1RM). A utilização de intensidades altas ( $\geq 70\%$  de 1RM) é um potente estímulo para recrutar um elevado número de fibras musculares, aumentar a síntese de proteína miofibrilares e ativar células satélites (células precursoras da miogênese) (ACSM, 2009). Portanto, o conceito de utilizar intensidades elevadas para promover aumento da massa muscular é amplamente aceito e recomendado (ACSM, 2009).

Ao longo dos últimos 15 anos, uma série de evidências vem sugerindo que o TF de intensidade baixa ( $\leq 50\%$  de 1-RM), quando realizado sob condição de fluxo sanguíneo reduzido (oclusão vascular), promove hipertrofia muscular semelhantemente ao TF de intensidade alta (ABE; KEARNS; SATO, 2006; FUJITA et al., 2008; KACIN; STRAZAR, 2011; LAURENTINO et al., 2012; MADARAME et al., 2008; OHTA et al., 2003; SHINOHARA et al., 1998; TAKARADA; SATO; ISHII, 2002; TAKARADA et al., 2000; TAKARADA; TSURUTA; ISHII, 2004; YASUDA et al., 2011). A oclusão vascular consiste na colocação de um torniquete na parte mais proximal do membro a ser exercitado para que o fluxo sanguíneo seja restringido durante o exercício. Em 2000, Takarada et al. relataram que o TF de intensidade baixa ( $\sim 50\%$  de 1RM) realizado com a oclusão vascular foi capaz de promover hipertrofia muscular quando comparado ao mesmo TF, mas sem a oclusão vascular. Além disso, esses autores mostraram que a resposta hipertrófica foi similar à observada no TF tradicional (80% de 1RM e sem a oclusão vascular) (TAKARADA et al., 2000). A partir do estudo de Takarada et al, outros estudos, utilizando diferentes intensidades do TF (20% até 50% de 1RM) e oclusão vascular, relataram resultados hipertróficos semelhantes (ABE et al., 2012; LOENNEKE; WILSON; et al., 2012). Além disso, exercício aeróbio de baixa intensidade (caminhada), que comumente não promove a hipertrofia muscular, quando realizado com a oclusão vascular resultou em aumento de, aproximadamente, 7% na área de secção transversa da coxa (ABE et al., 2006). Essas evidências são importantes, pois torna o TF de intensidade baixa, quando associado à oclusão vascular, prático para condições na qual

o TF tradicional (com carga elevadas) não pode ser utilizado, tais como integridades músculo-tendíneas e articulares comprometidas, pós-operatório, lesão ou condições neurológicas que resultam na incapacidade de ativar voluntária e completamente um músculo, como a paralisia cerebral (MANINI; CLARK, 2009).

Portanto, embora exista uma tendência para utilização de intensidade e volume mais elevados para promover hipertrofia e aumento da força musculares, não há informações claras na literatura sobre a quantidade de intensidade e volume necessários para promover ou otimizar a hipertrofia e aumento da força muscular quando o TF de baixa intensidade, com ou sem oclusão vascular, é realizado até ou próximo da falha concêntrica.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Analisar os efeitos de diferentes programas de TF com e sem oclusão vascular sobre a força e hipertrofia musculares.

## **3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Verificar o efeito da oclusão vascular sobre a força e massa musculares;
- b) Avaliar os efeitos das diferentes cargas de TF (20% vs 50% de 1RM) com e sem oclusão vascular sobre a força e massa musculares;
- c) Avaliar os efeitos dos diferentes volumes de TF (1 vs 3 séries) com e sem oclusão vascular sobre a força e massa musculares;
- d) Avaliar os efeitos da combinação de cargas e volumes, com e sem oclusão vascular, sobre a força e massa musculares.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA**

Foram selecionados 47 homens jovens, com idades entre 18-30 anos, eutróficos e aparentemente saudáveis (Tabela 3). Todos foram não praticantes de atividade física periódica e sem experiência para TF, não usuários de esteroides anabolizantes ou suplementos nutricionais, não etilistas, não tabagistas, não usuários de estimulantes ou medicamentos que afetasse o metabolismo muscular e livres de qualquer risco para problemas vasculares, selecionados através de uma anamnese antes do início do estudo. A anamnese foi composta por entrevista, um questionário que continha perguntas para identificar algum indicativo de doença vascular periférica (histórico pessoal e familiar), além de uma inspeção visual nos membros inferiores do indivíduo.

À todos foram esclarecidos os objetivos e procedimentos a que seriam submetidos, assinando o consentimento livre e esclarecido, exigência da resolução nº. 196/outubro/1996 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto de pesquisa foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, recebendo parecer favorável (protocolo nº. 1984).

## 4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

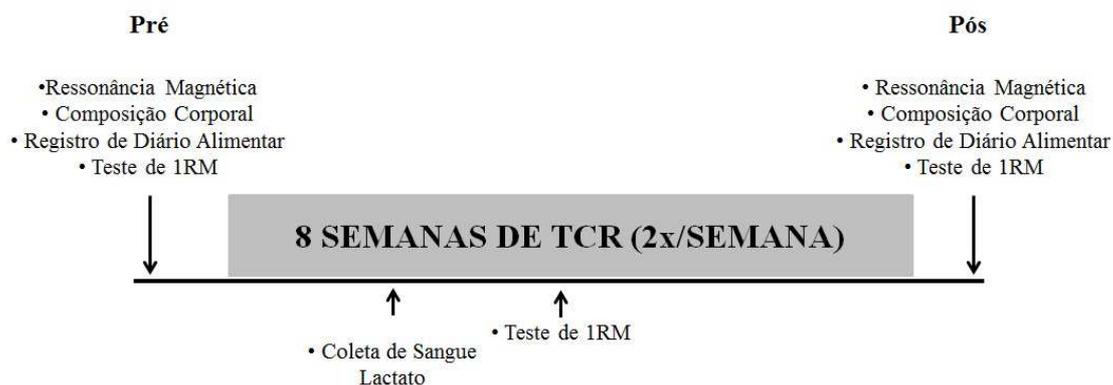
Foi realizada uma pesquisa experimental, randomizada, controlada, durante oito semanas (figura 6). Inicialmente, todos os voluntários realizaram avaliação da área de secção transversa do músculo quadríceps por meio de ressonância magnética, composição corporal pela avaliação antropométrica e força muscular máxima pelo teste de uma repetição máxima (1RM). Todas as avaliações foram repetidas ao final da 8ª semana de TF, exceto o teste de força que foi repetido na 4ª semanas somente para os grupos treinados. Após a avaliação inicial, os indivíduos foram aleatoriamente alocados em uma das cinco condições: (1) 1x20% de 1RM, (2) 3x20% de 1RM, (3) 1x50% de 1RM, (4) 3x50% de 1RM e (5) controle (CT). Em seguida, as pernas dos voluntários foram equilibradas para a dominância e aleatoriamente selecionadas para as condições: TF com oclusão vascular ou TF sem oclusão vascular. Os indivíduos executaram o exercício dinâmico de extensão do joelho unilateral em cadeira extensora por oito semanas. Para não haver influência do TF com oclusão sobre o TF sem oclusão, os indivíduos treinaram as pernas em dias separados. Cada perna foi treinada em dois dias não consecutivos na semana, com intervalo de mínimo de 48 horas, entre as segundas e sextas feiras. Assim, compareceram à academia quatro vezes na semana, durante oito semanas. Para não haver qualquer diferença de volume (carga x número de repetições), o TF foi executado primeiramente na perna com oclusão e a mesma carga e volume alcançado foram aplicados na perna que treinou sem oclusão durante todo o treinamento. O TF da perna ocluída foi realizado até a falha concêntrica, determinada pela falta de amplitude completa do movimento ou movimentos nas articulações diferentes do joelho. O grupo 1x20% realizou uma série com 20% de 1RM. O grupo 3x20% realizou um maior volume (três séries) do que o grupo 1x20%, mas manteve a mesma carga relativa (20% de 1RM). O grupo 1x50% realizou apenas uma série, mas treinou com uma carga superior aos grupos 1x20% e 3x20%, 50% de 1RM. O grupo 3x50% realizou alto volume em relação ao grupo 1x50% com três séries, mas manteve a carga relativa (50% de 1RM). Para todos os grupos foram permitidos 60 segundos de descanso entre as séries e até um segundo para cada ação muscular (concêntrica e excêntrica). Nenhum tipo de aquecimento foi realizado antes do protocolo. O grupo controle foi orientado a permanecer somente com as atividades físicas habituais, mas sem exercício físico ou esportes durante oito semanas.

A oclusão vascular foi realizada por uma compressão na parte proximal da coxa, por meio de um torniquete pneumático manual (ITS Material Cirúrgico Ltda / 28-100). O manguito teve comprimento de 80 cm e largura de 10 cm. A pressão utilizada foi de 200 mmHg para todos os indivíduos (TAKARADA et al, 2002; MADARAME et al, 2008).

Inicialmente, na perna selecionada para oclusão vascular, o manguito foi inflado até 120 mmHg na primeira sessão de treinamento. Nas segunda e terceira sessões aumentou-se 30 mmHg. Na quarta sessão aumentou-se 20 mmHg, alcançando a pressão máxima de 200 mmHg (MADARAME et al., 2008; TAKARADA et al., 2004). A oclusão vascular durante o TF com três séries foi mantida durante todo o exercício e desinflada ao final do mesmo. Para não haver diferença no tempo de oclusão entre os grupos, para os exercícios de uma série a compressão foi mantida pelo tempo aproximado do grupo que realizou três séries (~5 minutos). Após a adaptação da oclusão foi realizada coleta de uma gota de sangue do dedo, para análise de lactato, imediatamente após a sessão, com e sem oclusão vascular, em todos os protocolos para comparação. Também, foi realizada coleta de sangue venoso antes e 15 minutos após a sessão, para análise da variação hormonal. Ao final de cada sessão de treinamento foi realizada uma avaliação subjetiva da percepção de esforço e dor por meio de escala de Borg modificada de 0 a 10 (figura 5) e calculada a média de todos os dias para comparação entre grupos (BORG, 1982).

<b>Escala de Borg Modificada</b>	
<b>0</b>	Nenhuma
<b>0.5</b>	Muito, muito, leve
<b>1</b>	Muito leve
<b>2</b>	Leve
<b>3</b>	Moderada
<b>4</b>	Um pouco forte
<b>5</b>	Forte
<b>6</b>	
<b>7</b>	Muito forte
<b>8</b>	
<b>9</b>	Muito, muito, forte
<b>10</b>	Máxima

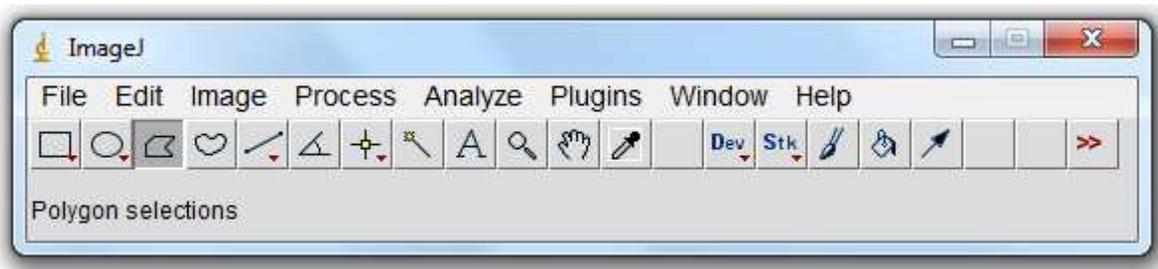
**Figura 1.** Escala de percepção de esforço modificada.



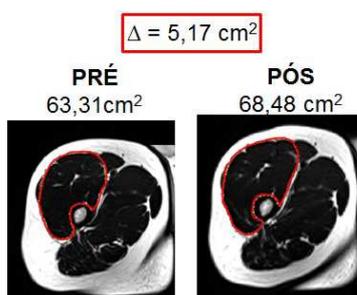
**Figura 2.** Desenho experimental do período de TF.

#### 4.3 AVALIAÇÃO DA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DO MÚSCULO

Pela manhã (entre 7h00 e 9h00) após jejum noturno de oito horas, os indivíduos permaneceram em decúbito dorsal durante 1 hora antes do exame para evitar a influência de mudança de fluídos. Também, foi permitida apenas atividade física habitual, evitando exercícios e atividade extenuante 48 horas antes da avaliação. Os participantes foram submetidos à ressonância magnética (Siemens Healthcare - MAGNETOM Avanto 1.5T) e as imagens da secção transversa de ambas as coxas obtidas antes e após a intervenção. A frequência de campo magnético foi de 65 MHz, o campo de visão foi de 372 e os cortes transversais tiveram uma espessura de 7,7 mm e, além disso, o tempo de repetição e de eco destes cortes foram 5000 ms e 119 ms, respectivamente. Os cortes foram obtidos através de imagens no plano coronal e, a partir disso, uma visualização inicial dos membros inferiores foi realizada para determinar a distância entre a linha superior da cabeça do fêmur e a face patelar em um ângulo de 0° para cada indivíduo. Esta imagem serviu de referência para a medida dos cortes transversais das coxas dos voluntários. Foram obtidas dez imagens transversais, sendo as duas primeiras e as duas últimas descartadas para as análises da área muscular do quadríceps (total: seis imagens). As quatro imagens foram descartadas por não apresentarem visualização de todos os músculos do quadríceps. As imagens traçadas foram transferidas para um computador para o cálculo da área de secção transversa anatômica utilizando um *plug-in* específico de digitalização (ImageJ) (Figura 7 e 8). Para obter uma avaliação global do músculo quadríceps, as seis áreas das imagens de secção transversa da perna foram somadas e utilizadas para as comparações.



**Figura 3.** Software específico de análises morfométricas.



**Figura 4.** AST do músculo quadríceps na perna direita pré e pós treinamento.

Para estimar a reprodutibilidade das imagens, oito voluntários do estudo (16 pernas) foram selecionados e as seis imagens de ressonância magnética obtidas em dois dias consecutivos. Foi observada uma diferença de  $0,2 \text{ cm}^2$  ( $\text{IC95\%} = -2,6 \text{ a } 3,2 \text{ cm}^2$ ) ou  $0,1\%$  ( $\text{IC95\%} = -0,6 \text{ a } 0,8\%$ ) da soma das seis imagens entre as duas avaliações. O coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foi de  $0,996$  ( $\text{IC95\%} = 0,990 - 0,998$ ). O coeficiente de correlação de concordância foi de  $0,996$ , precisão de  $0,996$  e acurácia de  $0,999$ .

#### 4.4 TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1 - RM)

Os indivíduos participaram de três sessões que antecedem ao teste, em dias alternados, com o intuito de familiarização do equipamento e técnicas de exercício. A avaliação da força muscular foi realizada em quatro momentos do estudo: teste e re-teste pré-treino ( $\text{CCI}=0,98$ ;  $\text{IC95\%} = 0,97-0,99$ ) e após quatro e oito semanas de treinamento. O teste de 1RM foi realizado em cadeira extensora adaptada com grande quantidade de carga. Foi realizado o exercício de extensão do joelho unilateral em cadeira extensora. O teste teve início com os indivíduos sentados com o quadril e os joelhos em um ângulo de  $90^\circ$ . Inicialmente foi realizado um aquecimento usando carga subjetiva, estipulada na familiarização, em torno de 10 repetições com 40 a 60% de 1RM. Após um minuto de descanso, a carga foi elevada e realizou-se de três a cinco repetições com carga subjetiva de 60 a 80% de 1RM. Após três minutos de descanso, a carga foi aumentada consideravelmente e os indivíduos foram

estimulados a vencer a resistência, executando um movimento completo. Quando a carga foi superestimada e os indivíduos incapazes de realizar uma repetição máxima ou subestimada e capaz de realizar mais do que uma repetição máxima, os indivíduos repousaram de três a cinco minutos e uma nova tentativa, com carga menor ou maior, respectivamente, foi realizada. O procedimento foi realizado até encontrar a carga equivalente a 1RM, variando entre três a cinco tentativas. A carga adotada como máxima (1RM) foi a mesma da última execução do exercício realizada com sucesso pelos indivíduos.

#### 4.5 REGISTRO DE DIÁRIO ALIMENTAR

No início do estudo, os indivíduos foram orientados por uma nutricionista a descrever um relatório alimentar de três dias, sendo composto por um dia do final de semana e dois dias de semana. A quantidade de energia e macronutrientes de cada indivíduo foram obtidos através de um software de análise nutricional DietPro versão 5i.

#### 4.6 COLETA DE SANGUE E ANÁLISES HORMONAIS

As amostras sanguíneas foram colhidas por profissional qualificado, na segunda semana de treinamento após o período de adaptação à oclusão, em todos os protocolos e condições (ocluído e não ocluído). A coleta foi realizada nos momentos pré e 15 minutos pós-sessão de treinamento. A punção venosa foi realizada em sistema fechado a vácuo (Vacutainer®, England), na região anticubital, obtendo-se 16 ml de sangue, diretamente em tubo seco com gel separador de soro. O material coletado foi centrifugado por 10 minutos (3000 rpm) e o soro foi separado e armazenado a -20°C para posteriores análises. A partir das amostras armazenadas, foram realizadas análises de testosterona, cortisol, hormônio do crescimento (GH) e fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1) (DRG International, Inc., USA) através do método de ELISA (Ensaio imunoenzimático) que consiste num anticorpo conjugado a uma enzima capaz de modificar um cromógeno, através da reação com seu substrato específico, gerando colorações diferentes de acordo com o cromógeno. As recomendações do manual de cada kit utilizado foram seguidas rigorosamente.

#### 4.7 ATIVIDADE ELÉTRICA DO MÚSCULO QUADRÍCEPS

Dez indivíduos do estudo foram selecionados aleatoriamente e convidados a realizar o estudo eletromiográfico. Os voluntários foram orientados a permanecer um período de, no mínimo, oito semanas do final do TF sem exercício físico. Após, os voluntários realizaram o teste de 1RM e os quatro protocolos de treinamento descrito anteriormente (1x20%, 3x20%,

1x50% e 3x50%), com e sem oclusão, na perna direita, durante um registro da atividade elétrica dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e medial (VM). Os indivíduos realizaram um protocolo por dia, na condição ocluída ou não, totalizando nove sessões com um intervalo mínimo de 48 horas entre cada sessão. A primeira sessão foi para o teste de 1 RM e as demais para os protocolos com ou sem oclusão. A ordem dos protocolos foi distribuída aleatoriamente para cada indivíduo. Para o registro eletromiográfico foi utilizada a eletromiografia de superfície (MIOTOOL 200/400, Miotec, Porto Alegre, RS, Brasil). Eletrodos de superfície (Ag/AgCl, Meditrac Healthcare) foram aplicados sobre o ventre muscular (distância entre eletrodos de 25 mm) de acordo com as recomendações SENIAM (*Sufarce EMG for the Non-Invasive Assessment of Muscles*) e um eletrodo terra foi colocado sobre o maléolo medial. Os sinais eletromiográficos foram pré-amplificados em 1000x e posteriormente filtros foram aplicados em passa alta a 500Hz e passa baixa a 20 Hz. Em seguida a amplitude do sinal eletromiográfico foi quantificada calculando a raiz quadrada da média (*root mean square = RMS*). O software utilizado para análise foi Miograph 2.0 (MIOTOOL, Miotec). O RMS foi analisado na porção concêntrica e excêntrica de cada contração, dos 10% inicial e 10% final do total de repetição, e corrigido pelo valor de RMS encontrado no teste de 1RM. Os dados foram calculados para os três músculos individualmente e, para uma visão global do músculo quadríceps, foi calculada a média dos três músculos.

#### 4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a comparação foi utilizada a variação (delta ou delta %) entre os momentos avaliados, com exceção da amplitude do sinal eletromiográfico que foi comparada entre os grupos no início e final do total de repetições realizados em cada protocolo. Os dados foram testados quanto à distribuição (teste W de *Shapiro-Wilk*) e homogeneidade (teste de *Levene*) e, portanto, foram utilizados os testes de Mann–Whitney ou Wilcoxon (pareado) para comparação entre dois grupos e *Kruskal-Wallis* para comparação entre mais de dois grupos. Quando apropriado, o *post hoc* de comparações múltiplas da média dos *ranks* foi realizada. Foi realizada a comparação entre os grupos (condição vs protocolos vs controle), condições (OC vs NOC), protocolos (1x50% vs 3x50% vs 1x20% vs 3x20%), cargas (20% vs 50%) e séries (1 vs 3 séries). Os dados são apresentados em mediana e intervalo de confiança de 95% (IC95%). O nível de significância foi fixado em  $\alpha \leq 0,05$ .

## **5 RESULTADOS**

No momento inicial do estudo os grupos não diferiram quanto à idade, IMC, gordura corporal e ingestão total de quilocalorias e macronutrientes (proteínas, carboidratos e lipídeos) por quilo de massa corporal (Tabela 3). Também não diferiram quanto à força e massa musculares (Tabelas 4 e 5).

**Tabela 1. Idade, IMC, % de gordura e ingestão de energia e macronutrientes pré-treino.**

VARIÁVEIS	CT (n=8)	1x50% (n = 10)	3x50% (n = 9)	1x20% (n = 10)	3x20% (n=10)	P
<b>%G</b>	20,0 (9,3 - 26,1)	16,5 (11,5 - 23,2)	15,5 (7,01 - 18,1)	12,3 (8,3 - 25,0)	19,0 (13,0 - 26,3)	0,477
<b>IMC</b>	25,5 (21,3 - 30,0)	25,1 (22,2- 29,3)	23,3 (21,3 - 25,5)	22,385 (20,9 - 26,4)	25,0 (21,5 - 29,0)	0,448
<b>IDADE</b>	21,0 (20,0 - 27,2)	22,0 (20,0 - 24,0)	21,0 (19,1 - 25,0)	22,0 (19,9 - 23,5)	21,0 (20,0 - 24,0)	0,798
<b>Kcal total</b>	1822,0 (1599,2 a 2106,3)	1828,5 (1473,5 a 2291,0)	2039,1 (1664,3 a 2968,0)	1775,0 (1702,2 a 2002,0)	1792,3 (1180,1 a 2350,4)	0,874
<b>Lip/Kg</b>	1,0 (0,5 a 1,1)	1,0 (1,0 a 1,1)	1,1 (1,0 a 1,3)	1,0 (1,0 a 1,0)	1,0 (0,5 a 1,2)	0,312
<b>PTN/ Kg</b>	1,1 (1,0 a 1,5)	1,0 (1,0 a 1,4)	1,1 (1,0 a 2,0)	1,2 (1,0 a 1,3)	1,2 (1,0 a 1,3)	0,795
<b>CHO/Kg</b>	3,5 (2,0 a 4,5)	4,0 (3,0 a 4,3)	3,4 (2,1 a 5,5)	3,4 (2,5 a 4,0)	3,2 (2,0 a 5,4)	0,957

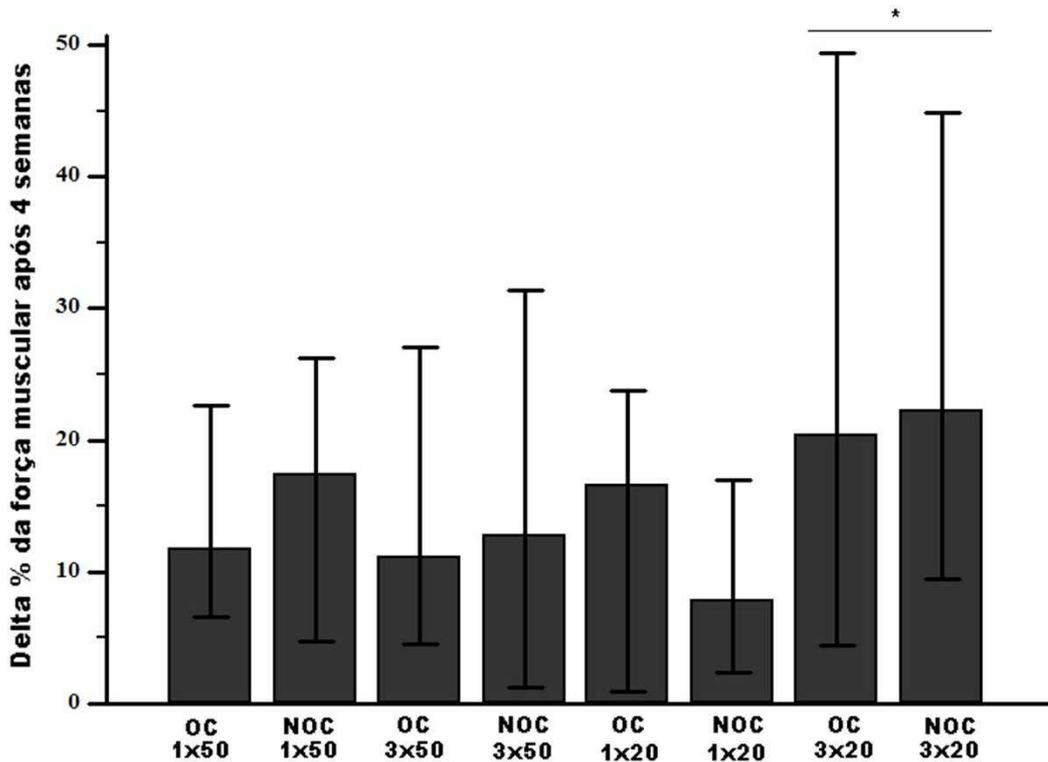
Dados apresentados em mediana (IC 95%). %G: percentual de gordura; IMC: índice de massa corporal; Kcal, quilocaloria; Lip, lipídeos; PTN, proteína; CHO, carboidrato; Kg, quilogramas; CT; controle.

Após oito semanas de TF, houve aumento da força muscular para todos os grupos treinados, sem diferença entre eles. Não houve diferença na magnitude do aumento da força quando comparados os efeitos da condição oclusão vascular (OC vs NOC), protocolos (1x50% vs 3x50% vs 1x20% vs 3x20%), cargas (20% vs 50%) e séries (1 vs 3 séries) (Tabela 4). Após quatro semanas de TF, não houve diferença entre os grupos (condição vs protocolo vs controle) quando comparado a magnitude do aumento da força. Porém, quando comparados os protocolos, o protocolo 3x20% apresentou maior aumento na força comparado aos demais protocolos (Figura 9).

**Tabela 2. Comparação do delta percentual da força muscular após oito semanas de TF. Dados apresentados em mediana (IC 95%).**

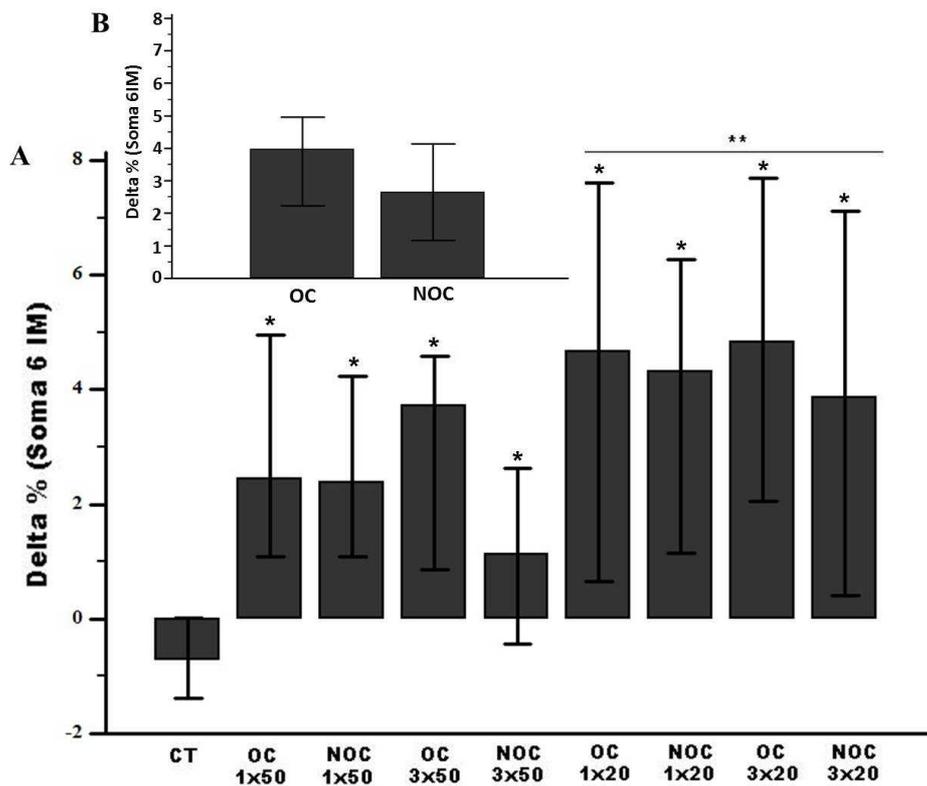
	CT	OC 1x50%	NOC 1x50%	OC 3x50%	NOC 3x50%	OC 1x20%	NOC 1x20%	OC 3x20%	NOC 3x20%
<b>1RM pré</b>	122,0	81,0	83,5	90,0	102,0	84,5	85,0	75,0	73,0
<b>Kruskal-Wallis</b>	(95,0a 153,7)	(71,0 a 110,3)	(71,0 a 115,0)	(64,0 a 138,7)	(66,4 a 123,3)	(65,8 a 95,0)	(67,4 a 94,1)	(56,0 a 88,9)	(55,0 a 98,6)
	P=0,100								
<b>Delta %</b>	-1,7	20,7	18,6	20,0	26,7	26,7	18,5	21,7	24,7
<b>Kruskal-Wallis</b>	(-6,2 a 4,5)	(12,0 a 35,2)*	(11,4 a 40,1)*	(10,7 a 46,0)*	(15,1 a 41,7)*	(6,1 a 34,7)*	(6,0 a 24,7)*	(6,6 a 60,0)*	(7,8 a 51,0)*
<b>Grupos</b>									
<b>(CT x protocolos x condição)</b>	P<0,001								
<b>Condição (OC x NOC)</b>	P=0,795								
<b>Protocolos</b>									
<b>(1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%)</b>	P=0,515								
<b>20% x 50%</b>	P=0,771								
<b>1 x 3 séries</b>	P=0,166								

\* diferença referente ao grupo CT; 1RM, repetição máxima; OC, ocluído; NOC, não ocluído.



**Figura 5.** Diferença percentual da força máxima após as 4 primeiras semanas de treinamento para as duas condições (ocluído e não ocluído) e todos os protocolos de exercício: 1x50% 1RM, 3x50% 1RM, 1x20% 1RM, 3x20% 1 RM. Kruskal-Wallis: Grupos (condição x protocolos)  $P < 0,201$ ; Condição (OC x NOC),  $P = 0,925$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%),  $P = 0,030$ ; carga (20% x 50%),  $P = 0,539$  e séries (1 x 3 séries),  $P = 0,060$ . \* comparação do protocolo 3x20 com demais protocolos.

A massa muscular aumentou em ambos os grupos treinados após oito semanas. Quando comparados os efeitos da condição oclusão vascular, protocolos, cargas e séries, detectou-se maior incremento da massa muscular somente para indivíduos que treinaram com 20% comparados aos que treinaram com 50% (Figura10).



**Figura 6.** (A) Diferença percentual da soma das seis imagens do músculo quadríceps obtidas através de ressonância magnética para todos os protocolos de exercício: 1x50% 1RM, 3x50% 1RM, 1x20% 1RM, 3x20% 1RM em todas as condições (controle, ocluído e não ocluído). (B) Diferença percentual da soma das seis imagens do músculo quadríceps entre as duas condições (ocluído e não ocluído). Kruskal-Wallis: Grupos (condição x protocolos x controle)  $P < 0,001$ ; Condição (OC x NOC),  $P = 0,296$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%),  $P = 0,07$ ; carga (20% x 50%),  $P = 0,009$  e séries (1 x 3 séries),  $P = 0,681$ . \* comparação referente ao controle, \*\* comparação do grupo 20% referente ao grupo 50%.

**Tabela 3. Soma das seis imagens da área de secção transversa do músculo quadríceps no momento inicial do estudo para todos os protocolos de exercício em todas as condições. . Dados apresentados em mediana (IC 95%).**

VARIÁVEIS	CT	OC 1x50%	NOC 1x50%	OC 3x50%	NOC 3x50%	OC 1x20%	NOC 1x20%	OC 3x20%	NOC 3x20%
<b>Soma (6 IM)</b>	438,2	323,2	423,0	395,6	404,8	389,3	387,0	387,3	382,5
<b>Pré</b>	(385,5 – 501,7)	(367,4 – 443,4)	(358,7 – 454,1)	(376,7 – 444,1)	(381,5 – 440,6)	(341,8 – 438,9)	(336,5 – 438,3)	(364,0 – 439,5)	(355,6 – 438,3)
<b>Kruskal- Wallis</b>	P=0,592								

OC: oclusão vascular; NOC: sem oclusão vascular; IM: imagem.

Não foi observada diferença entre os grupos para a concentração de lactato e percepção da dor e fadiga. Quando comparado os efeitos da oclusão, os valores de percepção para fadiga e dor foram maiores no grupo que realizou o TF com oclusão vascular. Não houve efeito dos protocolos, cargas e séries para estas variáveis (Tabela 6).

Houve diferença entre os protocolos para o total de repetição e volume. Para as repetições, o grupo 1x50% realizou o menor número de repetições que os demais grupos. Já o grupo 3x20% realizou o maior número de repetição. O grupo 3x50% não diferiu do grupo 1x20%. Para o volume, o grupo 1x20% realizou o menor volume que os demais grupos. Já o grupo 3x50% realizou o maior volume. O grupo 3x20% não diferiu do grupo 1x50% (Tabela 6).

**Tabela 4. Efeito dos diferentes protocolos de exercício de extensão de joelhos sob as variáveis de treinamento após 8 semanas nas duas condições (OC / NOC). Dados apresentados em mediana (IC 95%).**

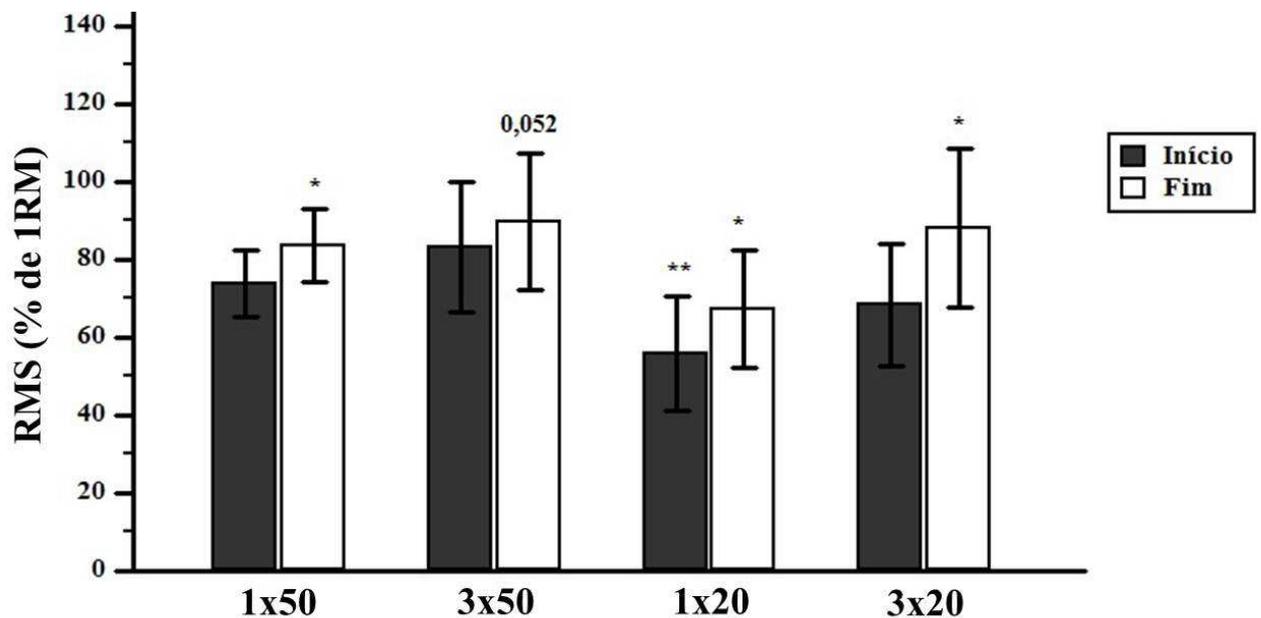
VARIÁVEIS	OC	NOC	OC	NOC	OC	NOC	OC	NOC
	1x50%	1x50%	3x50%	3x50%	1x20%	1x20%	3x20%	3x20%
<b>Lactato Pós (mm/L)</b>	5,6 (5,0 a 7,1)	5,6 (5,0 a 7,0)	6,2 (6,0 a 8,0)	6,0 (5,0 a 7,2)	6,5 (5,5 a 8,0)	6,0 (5,0 a 7,2)	7,0 (6,0 a 9,0)	6,0 (4,4 a 9,0)
<b>Kruskal-Wallis</b>								
Grupos (protocolos x condição)	P=0,376							
Condição (OC × NOC)	P=0,084							
Protocolos	P=0,286							
<b>Média EPE (Dor)</b>	6,0 (5,3 a 8,0)	6,0 (5,3 a 7,4)	6,4 (5,2 a 8,2)	4,4 (3,0 a 7,1)	7,0 (4,5 a 8,0)	6,1 (3,0 a 7,1)	6,0 (4,2 a 7,0)	4,1 (3,1 a 8,0)
<b>Kruskal-Wallis</b>								
Grupos (protocolos x condição)	P=0,261							
Condição (OC × NOC)	P=0,040 (OC>NOC)							
Protocolos	P=0,399							
<b>Média EPE (Fadiga)</b>	7,0 (6,0 a 8,0)	6,3 (5,5 a 8,0)	7,3 (5,5 a 8,3)	4,4 (4,0 a 7,5)	7,0 (6,2 a 8,0)	6,5 (4,3 a 7,3)	7,0 (5,4 a 8,3)	5,1 (4,0 a 8,0)
<b>Kruskal-Wallis</b>								
Grupos (protocolos x condição)	P=0,173							
Condição (OC × NOC)	P=0,005 (OC>NOC)							
Protocolos	P=0,927							
<b>Total rep. / dia</b>	25,2 <sup>a</sup> (21,0 a 29,5)	25,1 <sup>a</sup> (21,0 a 29,3)	42,2 <sup>b</sup> (35,4 a 58,0)	42,2 <sup>b</sup> (37,3 – 58,0)	51,2 <sup>b</sup> (42,0 a 58,0)	50,5 <sup>b</sup> (43,3 a 58,0)	76,0 <sup>c</sup> (54,0 – 90,4)	76,0 <sup>c</sup> (63,4 a 90,4)
<b>Kruskal-Wallis</b>								
Grupos (protocolos x condição)	<0,001							
Condição (OC × NOC)	0,975							
Protocolos	<0,001 (1x50%<3x50%=1x20%<3x20%)							

<b>Volume (Total de rep. * carga em kg) / dia</b>	1112,5 <sup>a</sup> (824,3 a 1757,1)	1191,7 <sup>a</sup> (786,8 a 1854,9)	2509,5 <sup>b</sup> (1480,1 a 3346,6)	2383,3 <sup>b</sup> (1602,3 a 3276,2)	891,4 <sup>c</sup> (732,2 a 1042,6)	865,9 <sup>c</sup> (732,7 a 983,3)	1397,9 <sup>a</sup> (725,4 a 2328,2)	1590,2 <sup>a</sup> (710,9 a 1793,6)
<b>Kruskal-Wallis</b>								
Grupos (protocolos x condição)	P=<0,001							
Condição (OC × NOC)	P=0,987							
Protocolos	P<0,001 (1x20%<1x50%=3x20%<3x50%)							

---

OC, ocluído; NOC, não ocluído; EPE, Escala de Percepção de Esforço; protocolos = (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%). Letras diferentes, diferença significativa.

Houve aumento da atividade elétrica dos músculos do início para o final do exercício, com exceção do protocolo 3x50% que apresentou tendência ( $p=0,05$ ). No início das repetições (10% do total), houve diferença na atividade elétrica do músculo entre os grupos. Este resultado se deu pela diferença nos protocolos e cargas utilizadas, pois não houve diferença entre as condições (OC vs NOC) e séries (1 vs 3 séries). Referente aos protocolos, a atividade elétrica foi menor no protocolo 1x20% comparado aos 1x50% e 3x50%. Referente à carga, a atividade elétrica foi menor na carga de 20%. Já no final das repetições (10% do total), não houve diferença na atividade elétrica do músculo entre os grupos, condições, protocolos e séries, mas houve diferença para comparação entre cargas (50%>20%) (Figura 11). Não houve diferença nas variações hormonais entre os grupos.



**Figura 7.** Diferença percentual de carga máxima do sinal eletromiográfico (RMS) nos momentos inicial e final de cada protocolo. Dados apresentados como média dos músculos RF, VL e VM e intervalo de confiança de 95%. Kruskal-Wallis para início: Grupos (condição x protocolos)  $P<0,036$ ; Condição (OC x NOC),  $P=0,530$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%),  $P=0,002$ ; carga (20% x 50%),  $P<0,001$  (50%>20%) e séries (1 x 3 séries),  $P=0,155$ . Kruskal-Wallis para fim: Grupos (condição x protocolos)  $P<0,222$ ; Condição (OC x NOC),  $P=0,644$ ; Protocolos (1x50% x 3x50% x 1x20% x 3x20%),  $P=0,060$ ; carga (20% x 50%),  $P<0,040$  (50%>20%) e séries (1 x 3 séries),  $P=0,227$ . \* comparação do início com o fim (Wilcoxon); \*\* comparação do protocolo 1x20% com os protocolos 3x50 e 1x50.

**Tabela 5. Comparação do delta percentual dos hormônios dos momentos pré e 15' pós-exercício de extensão de joelhos nas duas condições (OC / NOC). Dados apresentados em mediana (IC 95%).**

Variáveis	OC 1x50	NOC 1x50	OC 3x50	NOC 3x50	OC 1x20	NOC 1x20	OC 3x20	NOC 3x20	P
TT Conc Pré (nm/ml)	5,19 (4,0 a 7,0)	5,0 (4,0 a 7,0)	5,0 (3,3 a 6,0)	5,0 (3,4 a 6,0)	4,2 (2,3 a 6,0)	4,0 (2,0 a 7,2)	5,2 (3,2 a 7,1)	5,1 (4,0 a 7,0)	0,402
TT Conc Pós (nm/ml)	5,0 (3,3 a 7,7)	5,0 (3,4 a 8,0)	5,0 (4,0 a 6,0)	5,0 (4,0 a 5,5)	4,1 (2,0 a 6,0)	4,3 (2,0 a 6,1)	6,0 (3,0 a 7,2)	6,0 (4,0 a 7,0)	
Delta % TT	-5,0 (-14,0 a 1,4)	-2,2 (-6,1 a 16,1)	6,0 (-11,5 a 33,5)	-2,0 (-7,4 a 17,2)	-7,3 (-16,0 a 5,1)	-4,0 (-12,4 a 32,0)	4,2 (-27,1 a 17,3)	7,4 (-1,0 a 25,4)	
Cortisol Conc Pré (nm/ml)	81,5 (37,0 a 197,0)	103,5 (50,2 a 176,5)	97,5 (54,0 a 164,1)	80,4 (61,1 a 146,0)	97,0 (81,8 a 178,7)	101,1 (87,5 a 165,0)	100,4 (57,0 a 203,1)	119,0 (62,0 a 201,0)	0,922
Cortisol Conc Pós (nm/ml)	128,0 (83,0 a 201,5)	96,5 (93,0 a 208,0)	130,2 (72,0 a 196,0)	96,0 (90,3 a 198,0)	134,0 (68,0 a 172,1)	134,0 (81,2 a 182,2)	156,2 (56,2 a 307,4)	153,0 (65,3 a 193,0)	
Delta % Cortisol	37,3 (-3,0 a 100,0)	15,0 (-27,0 a 56,5)	22,5 (-14,0 a 52,5)	17,0 (-6,0 a 58,1)	6,4 (-24,0 a 66,4)	8,0 (-22,0 a 67,3)	17,3 (-9,5 a 128,4)	29,0 (-21,5 a 47,0)	
GH Conc Pré (nm/ml)	0,0 (0,0 a 0,4)	0,0 (0,0 a 0,9)	0,1 (0,0 a 0,2)	0,6 (0,2 a 3,1)	0 (0,0 a 0,0)	0,0 (0,0 a 0,4)	0,1 (0,0 a 0,8)	0,2 (0,0 a 3,2)	0,110
GH Conc Pós (nm/ml)	0,1 (0,1 a 1,5)	0,1 (0,0 a 3,0)	1,8 (0,2 a 6,4)	4,0 (0,1 a 10,0)	1,4 (0,1 a 6,0)	1,0 (0,0 a 6,0)	2,0 (0,5 a 5,0)	0,2 (0,0 a 3,2)	
Delta % GH	0,1 (0,0 a 1,4)	0,0 (-1,0 a 1,0)	2,0 (0,1 a 3,0)	2,0 (-0,1 a 6,0)	1,3 (0,1 a 6,0)	0,5 (-0,0 a 5,1)	0,8 (0,1 a 2,5)	0 (-2,0 a 1,4)	
IGF-1 Conc Pré (nm/ml)	114,3 (61,0 a 207,2)	56,3 (47,2 a 125,5)	243,4 (111,0 a 305,5)	151,0 (38,0 a 219,0)	125,0 (60,3 a 264,4)	110,0 (58,3 a 234,0)	132,0 (99,2 a 230,2)	184,0 (100,0 a 258,0)	0,378
IGF-1 Conc Pós (nm/ml)	109,5 (55,0 a 238,0)	90,0 (70,4 a 138,3)	137,3 (48,0 a 281,0)	149,0 (67,1 a 330,2)	145,3 (68,4 a 243,0)	119,0 (40,1 a 206,0)	170,4 (82,0 a 269,0)	155,3 (91,2 a 267,0)	
Delta % IGF-1	-7,2 (-34,0 a 74,0)	53,2 (-27,0 a 117,0)	-19,0 (-48,4 a 13,4)	42,0 (-46,4 a 82,1)	19,0 (-32,3 a 114,4)	-12,0 (-48,2 a 44,0)	2,34 (-39,1 a 64,3)	-8,4 (-34,0 a 36,0)	

TT, testosterona total; GH, hormônio do crescimento; IGF-1, fator de crescimento semelhante à insulina 1; OC, ocluído; NOC, não ocluído.

## 6 DISCUSSÃO

O TF com cargas elevadas (>70% de 1RM) é um potente estímulo para aumentar a força e massa musculares (ACSM, 2009). No entanto, esse conceito pode não ser prático para muitas condições onde cargas elevadas não podem ser aplicadas (MANINI; CLARK, 2009). O TF com cargas baixas realizado até a falha concêntrica ou com oclusão vascular promove hipertrofia muscular semelhantemente ao TF com cargas elevadas (BURD; MITCHELL; et al., 2012; LAURENTINO et al., 2012; LOENNEKE et al., 2011), podendo ser uma alternativa promissora para essas condições. Porém, a dosagem de TF com cargas baixas necessária para promover a hipertrofia muscular, combinada ou não com a oclusão vascular, não tem sido totalmente elucidada. Os principais achados do presente estudo sugerem que a oclusão vascular não apresenta efeito aditivo ao TF de igual volume (realizado com repetições numerosas) no aumento da força e massa musculares. Adicionalmente, o TF com cargas baixas (20% de 1RM e 50% de 1RM) aumenta a força e massa musculares após oito semanas. No entanto, o TF realizado com cargas de 20% de 1RM é superior na magnitude hipertrófica comparado a 50% e promove adaptações antecipadas para o aumento da força quando aplicado em maior volume (uma vs três séries).

Os nossos resultados reforçam os encontrados por outros autores, confirmado que TF com cargas baixas proporciona aumento da força muscular (CAMPOS et al., 2002; LOENNEKE; WILSON; et al., 2012; MARTIN-HERNANDEZ et al., 2013; MITCHELL et al., 2012). O nosso estudo também mostrou que é possível aumentar a força muscular com apenas uma série de TF com cargas baixas, independentemente da oclusão vascular. Adicionalmente, um achado interessante do nosso estudo foi a maior magnitude de resposta na força para protocolo 3x20%, comparado aos demais protocolos, após quatro semanas de treinamento, mas não após oito semanas. Este protocolo realizou o maior número de repetições que os demais protocolos, mas isto não foi observado para o volume. Além disso, nós observamos correlação positiva entre os ganhos de força e número de repetições ( $r=0,30$ ,  $P=0,007$ ; dados não mostrados nos resultados), mas não para o volume (carga x repetições) ( $r=0,02$ ,  $P=0,850$ ; dados não mostrados nos resultados), indicando um papel importante do número de repetições nas adaptações precoces da força durante o TF com cargas baixas. No entanto, estes dados diferem dos observados por Martin-Hernandez et al. Os autores mostraram que o TF com 20% de 1RM e oclusão vascular aumentou a força muscular em extensão similar entre três e seis séries após cinco semanas (MARTIN-HERNANDEZ et al., 2013). No nosso estudo, o número de repetições variou de 25 a 76 entre os grupos, enquanto no estudo de Martin-Hernandez et al. os voluntários realizaram um número de repetições pré-

estabelecidas, variando de 75 repetições para um grupo (semelhante ao nosso grupo 3x20%) e 150 para o outro. Assim, fazendo uma relação protocolo, volume, número de repetições e ganhos de força entre o nosso estudo e o de Martin-Hernandez et al., parece haver um limiar de número de repetições (75 repetições) do TF com cargas baixa para ganho precoce na força muscular, mas isto não foi observado para o volume (carga x número de repetições). Além disso, quando alcançado esse limiar as adaptações fisiológicas são maximizadas e, portanto, acréscimos no número de repetições não são vantajosos (LOENNEKE et al., 2011). Isto também tem sido observado em TF com carga elevadas (GONZALEZ-BADILLO et al., 2006).

Nós observamos no presente estudo aumento da massa muscular após o TF com carga baixa. Em geral é aceito que TF com cargas mais elevadas (>60% de 1RM) proporcionam maior síntese de proteína muscular e, conseqüentemente, hipertrofia (ACSM, 2009; CAMPOS et al., 2002; KUMAR et al., 2009). Kumar et al., forneceram evidências de uma relação dose-resposta sigmoideal entre percentuais de 1RM de igual volume e síntese proteica miofibrilar, com platô entre 60% e 90% de 1 RM (KUMAR et al., 2009). Segundo o princípio de tamanho, existe uma relação dose-resposta entre percentual de 1RM e fibras musculares recrutadas. Portanto, é possível alcançar síntese proteica miofibrilar máxima recrutando uma quantidade de fibras musculares semelhantes às recrutadas com cargas a partir de 60% de 1RM (BURD; MITCHELL; et al., 2012). Durante o exercício com baixa carga, poucas fibras são recrutadas para manter a tensão muscular (princípio do tamanho). Porém, mesmo se o TF for realizado com carga baixa, mas até a falha, ou próximo dela, exigirá um maior recrutamento de fibras para manter o padrão de esforço e culminará em recrutamento de fibra semelhante ao TF com cargas mais altas (BURD; MITCHELL; et al., 2012; COOK; MURPHY; LABARBERA, 2013; LOENNEKE et al., 2011). Assim, o TF com cargas mais baixas, mas realizadas próximo a falha, poderia alcançar um grau de ativação das fibras semelhante ao encontrado em cargas a 60% de 1RM e, presumivelmente, uma estimulação de síntese proteica miofibrilar máxima, ou próxima dela, durante a recuperação, promovendo a hipertrofia muscular (BURD; MITCHELL; et al., 2012). Burd et al. (2010) mostraram que o exercício contrarresistência com carga baixa (30% de 1RM) realizado até a falha foi efetivo para elevar a síntese proteica tanto quanto o exercício contrarresistência com cargas altas (90% de 1RM) (BURD; WEST; et al., 2010). Mitchell et al, mostraram que o TF com carga baixa (30% de 1RM) realizado até a falha foi eficiente para promover a hipertrofia muscular de magnitude similar ao TF convencional com cargas elevadas (80% de 1 RM)(MITCHELL et al., 2012). Nós observamos que a atividade elétrica do músculo aumentou em todos os

protocolos após o TF e, interessantemente, houve diferença entre os grupos nas primeiras repetições da série, mas não nas últimas, sugerindo um maior recrutamento de fibras para manter o mesmo padrão de esforço. Além do mais, os indicadores de intensidade, tais como o lactato e escala de percepção do esforço, avaliados no final do protocolo, não diferiram entre os grupos e protocolos e apresentaram valores compatíveis com encontrados em 65% de 1RM (ROBERTSON et al., 2003). Portanto, os protocolos utilizados podem ter atingido o limiar de intensidade necessária para promover a hipertrofia muscular. Embora a escala de percepção de esforço apresentou valores superiores no grupo ocluído comparado ao não ocluído, ambos os grupos podem ter atingido o limiar necessário para promover ganhos de massa muscular. Assim, é possível promover hipertrofia muscular com o TF realizado com carga baixa, independentemente da oclusão vascular.

Notavelmente, no presente estudo, uma série com 20% e 50% foi suficiente para promover hipertrofia e não diferiu, dentro das respectivas cargas, de três séries. Além disso, um achado surpreendente do nosso estudo foi que os indivíduos que treinaram com cargas de 20% de 1RM apresentaram magnitude de resposta hipertrófica superior aos indivíduos que treinaram com 50% de 1RM. No nosso estudo, o protocolo de TF realizado com 20%, comparado com 50%, apresentou menor volume (~948 vs ~1591, respectivamente), mas mostrou maior número de repetições (~34 vs ~58, respectivamente). Foi relatado que TF com carga baixa realizado com alto número de repetições resulta em síntese proteica superior quando comparado ao TF com cargas mais altas realizados com menor número de repetições (BURD; WEST; et al., 2010). Além disso, foi demonstrado que o maior tempo do músculo sob tensão resulta em síntese proteica muscular superior (BURD; ANDREWS; et al., 2012). Portanto, coletivamente, os dados sugerem que a duração da ativação do músculo (mais repetições) pode ser importante para promover e otimizar o crescimento muscular.

Não houve diferença entre a condição ocluída e não ocluída para a força e hipertrofia muscular. Os indicadores de esforço, tais como lactato e RMS também não diferiram. Portanto, parece que as condições não interferiram nos estímulos promovidos pelo TF realizados com muitas repetições, resultado na indiferença de resposta nos indicadores de esforço, força e hipertrofia. No entanto, os estudos mostram que oclusão vascular associado ao TF com cargas e “repetições” baixas promove aumento da força e massa musculares (MARTIN-HERNANDEZ et al., 2013). Assim, situações onde não é possível realizar muitas repetições, a aplicação da oclusão vascular pode ser utilizada. Contudo, embora a oclusão vascular possa promover um maior recrutamento de fibras musculares com um menor número de repetições (LOENNEKE et al., 2011), ainda não está clara a sua vantagem sobre o TF com

baixa carga realizado até ou próximo a falha (muitas repetições). Para tanto, no presente estudo os grupos que treinaram em condição de oclusão vascular relataram maior dor. A oclusão vascular apresenta um potencial causador de danos musculares e outros efeitos colaterais graves como trombose e danos aos vasos sanguíneos, principalmente em pessoas com risco de doença vascular (WANG; LEE, 2014). Envelhecimento e outras situações onde há a necessidade de intervenções preventivas e terapêuticas para a perda da massa muscular (ex. sarcopenia e caquexia) estão associados com a elevação na ativação de plaquetas e trombocitose, sugerindo cautela na utilização da oclusão vascular (KALANTAR-ZADEH et al., 2013).

O tamanho da circunferência da perna pode afetar a pressão necessária da oclusão vascular (LOENNEKE et al., 2011). Como nós usamos a mesma pressão em todos os indivíduos, é possível que 200 mmHg tenha causado mais pressão para alguns do que para outros. Assim, uma limitação do nosso estudo foi o uso de uma pressão arbitrária. Adicionalmente, o baixo número de voluntários por grupo pode apresentar um baixo poder estatístico.

Em resumo, a oclusão vascular não mostrou efeito aditivo ao TF realizado com repetições numerosas (até ou próximo da falha) independentemente das cargas ou número de séries. A oclusão vascular promove mais dor e fadiga percebidas nos indivíduos, sugerindo cautela na sua utilização. Adicionalmente, o TF realizado com carga baixa tem um grande potencial para aumentar a força e massa musculares. Uma série de TF realizado com cargas baixas (20% de 1RM e 50% de 1RM) e repetições numerosas é suficiente para promover a hipertrofia muscular. O maior número de repetição é importante na otimização do crescimento muscular e adaptações precoces da força. Assim, estes resultados permitem uma melhor compreensão da prescrição de TF com cargas baixas para aqueles que não conseguem utilizar cargas elevadas e desejam aumentar a massa e força musculares para o desempenho e / ou para evitar a perda que ocorre com o envelhecimento ou doença.

## REFERÊNCIAS

- ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **J Appl Physiol**, v. 100, n. 5, p. 1460-6, May 2006.
- ABE, T. et al. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 32, n. 4, p. 247-52, Jul 2012.
- 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.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, v. 14, n. 5, p. 377-81, 1982.
- BURD, N. A. et al. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **J Physiol**, v. 590, n. Pt 2, p. 351-62, Jan 15 2012.
- BURD, N. A. et al. Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. **J Physiol**, v. 588, n. Pt 16, p. 3119-30, Aug 15 2010.
- BURD, N. A. et al. Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 37, n. 3, p. 551-4, Jun 2012.
- BURD, N. A. et al. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. **PLoS One**, v. 5, n. 8, p. e12033, 2010.
- CAMPOS, G. E. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, n. 1-2, p. 50-60, Nov 2002.
- 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.

FUJITA, S. et al. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. **Int J KAATSU Train Res** v. 4, n. 1, p. 1-8, 2008.

GONZALEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E. M. Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 1, p. 73-81, Feb 2006.

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.

KALANTAR-ZADEH, K. et al. Why cachexia kills: examining the causality of poor outcomes in wasting conditions. **J Cachexia Sarcopenia Muscle**, v. 4, n. 2, p. 89-94, Jun 2013.

KIM, P. L.; STARON, R. S.; PHILLIPS, S. M. Fasted-state skeletal muscle protein synthesis after resistance exercise is altered with training. **J Physiol**, v. 568, n. Pt 1, p. 283-90, Oct 1 2005.

KUMAR, V. et al. Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. **J Physiol**, v. 587, n. Pt 1, p. 211-7, Jan 15 2009.

LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 3, p. 406-12, Mar 2012.

LOENNEKE, J. P. et al. 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 2012.

LOENNEKE, J. P. et al. Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. **Med Hypotheses**, v. 77, n. 5, p. 748-52, Nov 2011.

LOENNEKE, J. P. et al. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 5, p. 1849-59, May 2012.

MADARAME, H. et al. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 2, p. 258-63, Feb 2008.

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. et al. Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. **Scand J Med Sci Sports**, v. 23, n. 2, p. e114-20, Mar 2013.

MITCHELL, C. J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 113, n. 1, p. 71-7, Jul 2012.

OHTA, H. et al. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. **Acta Orthop Scand**, v. 74, n. 1, p. 62-8, Feb 2003.

PHILLIPS, S. M. et al. Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. **Am J Physiol**, v. 276, n. 1 Pt 1, p. E118-24, Jan 1999.

ROBERTSON, R. J. et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 35, n. 2, p. 333-41, Feb 2003.

SCHOENFELD, B. J.; CONTRERAS, B. The Muscle Pump: Potential Mechanisms and Applications for Enhancing Hypertrophic Adaptations. **Strength & Conditioning Journal**, v. 36, n. 3, p. 21-25, 2014.

SHINOHARA, M. et al. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 77, n. 1-2, p. 189-91, 1998.

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. et al. 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 2000.

TAKARADA, Y.; TSURUTA, T.; ISHII, N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. **Jpn J Physiol**, v. 54, n. 6, p. 585-92, Dec 2004.

WANG, K.; LEE, J. Images in clinical medicine. Rumpel-Leede sign. **N Engl J Med**, v. 370, n. 1, p. e1, Jan 2 2014.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEE, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Med**, v. 37, n. 3, p. 225-64, 2007.

YASUDA, T. et al. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 10, p. 2525-33, Oct 2011.

## APÊNDICE – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

### INTRODUÇÃO

Para determinar o melhor protocolo de TF de baixa intensidade, com ou sem oclusão vascular, foi realizado uma revisão sistemática da literatura, a fim de se estabelecer, dentro dos protocolos utilizados nos trabalhos científicos publicados recentemente, o que demonstrou melhores resultados para a hipertrofia e força musculares.

Compreender a relação entre as variáveis do TF (intensidade e volume) e adaptação do músculo esquelético é importante para a criação de protocolos eficientes (ACSM, 2009). Porém, os estudos sobre TF e oclusão vascular têm utilizado diferentes variáveis do TF em seus delineamentos, como, por exemplo, diferentes tipos de exercício de força, intensidades, volumes, períodos de treinamento e níveis de condicionamento dos participantes, dificultando a comparação de resultados e a determinação dos protocolos de TF mais eficientes com oclusão vascular. Portanto, nesta revisão, nós sumarizamos os resultados dos estudos sobre TF com oclusão vascular, padronizando o gênero, método de avaliação da hipertrofia, exercício e músculos utilizados. Assim, baseado nos resultados padronizados dos estudos selecionados, relacionamos o nível de condicionamento físico e da intensidade e volume do TF com magnitude de resposta hipertrófica (MRH) do músculo esquelético.

### MÉTODO

Busca na literatura e seleção dos artigos

Para a busca dos artigos, utilizou-se uma pesquisa em banco de dados PUBMED, SCIELO e LILACS através de palavras-chave utilizadas na língua inglesa como “(*vascular occlusion OR ischemia OR ischemic OR flow restricted*) and *exercise and training*” com filtros, quando foi permitido, para trabalhos originais realizados somente com humanos, homens com idade maior que 18 anos, publicados na língua inglesa, que gerou 494 artigos. Como critério de seleção dos artigos utilizou-se: estudos que apresentaram indivíduos saudáveis do gênero masculino; idades entre 18 e 30 anos; TF realizado com o exercício de extensão de joelhos e oclusão vascular; grupo controle; músculos do quadríceps avaliados por meio de imagens de ressonância magnética (IRM) e informação sobre variáveis do TF (intensidade, volume e frequência de treinamento), condicionamento físico dos indivíduos e mudança da área de secção transversa (AST) do músculo. Na primeira seleção realizada nos resumos, 31 estudos se enquadraram nos critérios de inclusão descritos anteriormente. A partir disso, realizou-se

uma nova e última seleção minuciosa nos 31 estudos completos e somente seis se enquadraram nos critérios de seleção (Tabela 1 e 2).

#### Determinação da magnitude de resposta hipertrófica e associação das variáveis

Para comparar as diferentes variáveis de treinamento com a resposta hipertrófica, sem a interferência do período de treinamento (número de sessões), o percentual de hipertrofia foi corrigido pelo número total de sessões realizadas, o qual foi denominado de MRH como sugerido por Abe et al (2012). Para determinar a associação entre as variáveis do treinamento e MRH foi utilizado a correlação linear de Pearson seguido do coeficiente de determinação ( $r^2$ ). O nível de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$ . Os dados são apresentados gráficos de distribuição de pontos.

**Tabela 6. Características dos estudos selecionados**

N <sup>o</sup>	Citação	Idade (anos)	Gênero	n	Nível de condicionamento	Mensuração	Pressão aplicada (mmHg)
1	Takarada et al., 2004	21,3 ± 0,6	M	18	Atletas	IRM	218
2	Takarada et al., 2002	25,9 ± 0,6	M	17	Atletas	IRM	200
3	Laurentino et al., 2012	20,3 ± 4,2	M	29	Ativos	IRM	94,8
4	Madarame et al., 2008	21,6 ± 2,4	M	15	Sedentários	IRM	200
5	Kacin e Strazar, 2011	22,5 ± 0,6	M	10	Ativos	IRM	230
6	Fujita et al., 2008	22,3 ± 2,9	M	16	Ativos	IRM	220

M, gênero masculino; IRM, imagem de ressonância magnética.

**Tabela 7. Protocolos de treinamento utilizados nos estudos selecionados e o percentual de mudança da AST por sessão**

Nº	Citação	Tipo de Exercício	Intensidade (1RM)	Frequência Semanal	Período de intervenção	Protocolo (s)/ Grupos de Treinamento	Intervalo (min)	%Mudança (AST)	% Mudança /sessão
1	Takarada et al., 2004	Extensão de joelhos bilateral	~20%	2x	8 semanas	5 séries de 16 repetições	1	10,3*	0,644
2	Takarada et al., 2002	Extensão de joelhos bilateral	50%	2x	8 semanas	4 séries de 16 repetições	1	15*	0,938
3	Laurentino et al., 2012	Extensão de joelhos bilateral	20%	2x	8 semanas	3-4 séries de 15 repetições	1	6,3*	0,394
4	Madarame et al., 2008	Rosca direta, extensão e flexão de joelhos	30%	2x	10 semanas	1 série de 30 repetições + 3 séries de 15 repetições	0,5	4,35*	0,218
5	Kacin e Strazar, 2011	Extensão de joelhos unilateral	15% (CVM)	4x	4 semanas	4 séries até a falha	2	3,4*	0,213
6	Fujita et al., 2008	Extensão de joelhos bilateral	20%	2x/dia	6 dias	1 série de 30 repetições + 3 séries de 15 repetições	0,5	3,5*	0,292

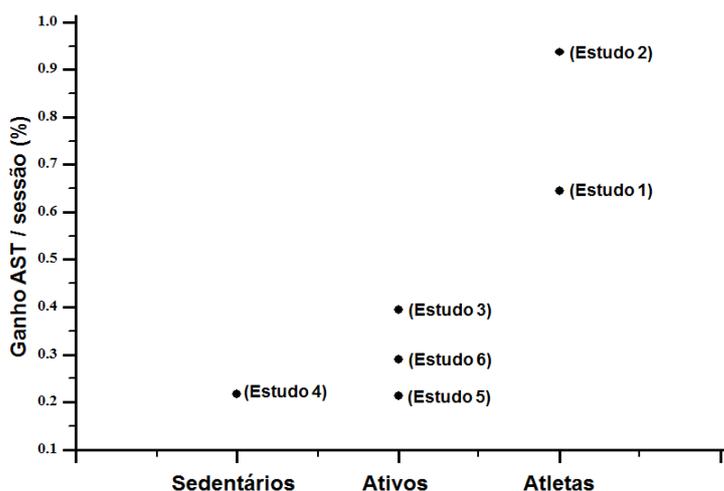
AST, área de secção transversa; CVM, contração voluntária máxima; OC, oclusão vascular; MMII, membros inferiores; NS, não significante; \* diferença significativa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Nível de treinamento e resposta hipertrófica

Nós encontramos seis estudos que se enquadraram nos critérios estabelecidos. Tais estudos reportaram os seguintes níveis de condicionamento: sedentário (um estudo), ativo (três estudos) e atleta (dois estudos). Madarame et al. (estudo número 4) investigou o efeito do TF com oclusão vascular em sedentários e encontraram aumento de 4,3% na AST do quadríceps após 10 semanas de treinamento, resultando um aumento de 0,2% na AST por sessão treinamento. Laurentino et al. (estudo número 3), Kacin et al. (estudo número 5) e Fujita et al. (estudo número 6) reportaram aumento médio de 0,3% na AST por sessão em indivíduos ativos. Já os estudos de Takarada et al. (estudos números 1 e 2) reportaram aumento médio de 0,8% na AST por sessão em atletas. Na figura 1 é possível verificar a relação entre o nível de condicionamento físico e a MRH no músculo quadríceps. Houve uma associação positiva e significativa ( $r^2 = 0,71$ ,  $P = 0,034$ ) entre o nível de condicionamento e a MRH. Assim, dentre os estudos que encontraram os critérios de inclusão, aqueles que verificaram os efeitos do TF com oclusão vascular em atletas relataram maior MRH comparado aos estudos que utilizaram indivíduos ativos ou sedentários. Esta adaptação favorável ao atleta pode estar atribuída ao fato que indivíduos mais condicionados apresentam síntese de proteína de repouso elevada e catabolismo muscular atenuado (KIM; STARON; PHILLIPS, 2005; PHILLIPS et al., 1999), podendo favorecer as suas repostas hipertróficas.

Indivíduos atletas são mais suscetíveis às lesões osteomioarticulares e, conseqüentemente, cirurgias. Tais condições levam à redução do movimento e, conseqüentemente, à redução da massa muscular, prejudicando o desempenho físico do atleta. O TF tradicional com intensidades elevadas (Cargas >70% de 1RM) tem sido utilizado como uma intervenção eficiente para restabelecer a massa muscular em atletas (ACSM, 2009). No entanto, nem sempre é possível a aplicação do TF de alta intensidade nas fases iniciais de recuperação muscular após lesões e cirurgias. Intervenções com o objetivo de promover o aumento da massa e força musculares nos momentos iniciais da recuperação são importantes para um retorno rápido do atleta as suas funções. Assim, a impossibilidade de intervenções precoce retarda o retorno do atleta ao seu alto desempenho. Neste sentido, os resultados dos estudos aqui selecionados sugerem que o TF com baixa intensidade e oclusão vascular pode ser uma alternativa eficaz na recuperação/tratamento precoce de atletas lesionados.



**Figura 8.** Relação entre o nível de condicionamento físico dos indivíduos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).

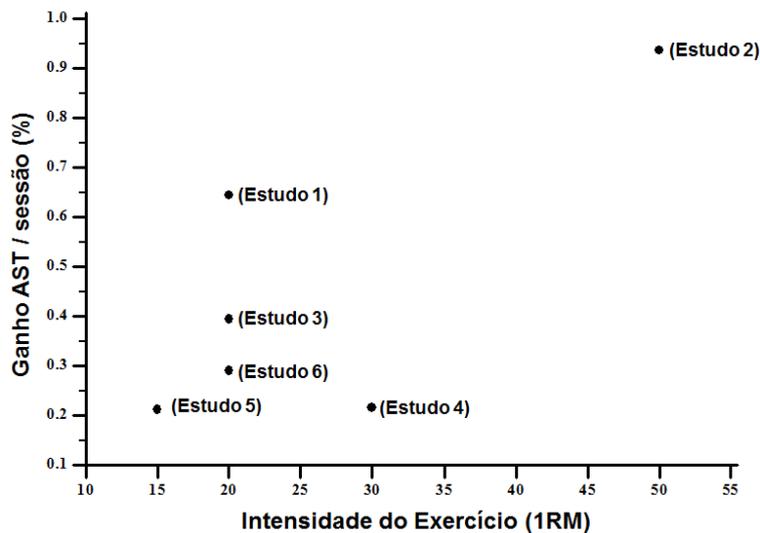
#### Variáveis do TF e hipertrofia muscular

##### Intensidade

Visto que altas intensidades no TF são indicadas para promover aumento da massa muscular (ACSM, 2009), o presente estudo investigou a relação entre a MRH e as intensidades usadas nos estudos com oclusão vascular. Os estudos 1, 3 e 6 utilizaram a intensidade de 20% de 1RM, enquanto os demais estudos utilizaram intensidades de 15%, 30% e 50% de 1RM (tabela 2). O estudo que utilizou a maior intensidade (estudo 2; 50% de 1RM) apresentou a maior MRH (MRH = 0,9%). Quando comparado os estudos com a menor (15% de 1RM) e a maior (50% de 1RM) intensidades, houve uma diferença de 450% na MRH (0,2% vs. 0,9% por sessão, respectivamente). Adicionalmente, entre os dois estudos que utilizaram atletas, os quais mostraram as maiores MRH, o estudo que utilizou maior intensidade (50% de 1 RM) mostrou maior MRH (0,9%). Abe et al., em revisão da literatura, observou uma associação entre intensidade do exercício com a oclusão vascular e MRH (ABE et al., 2012). Os autores mostraram correlação positiva e significativa entre as intensidades de 10%, 20% e 30% e MRH (0,1% até 0,5% ganho/sessão).

Por outro lado, quando comparado os estudos que utilizaram a mesma intensidade (20% de 1RM) houve uma variação maior que 100% na MRH (estudo 6 v.s. estudo 1). Adicionalmente, quando avaliada a associação entre a intensidade de treinamento e MRH em todos os estudo juntos, o resultado não apresentou uma resposta clara ( $r^2 = 0,54$ ,  $P = 0,098$ ) (figura 2). Diferentemente dos resultados mostrados por Abe et al., cinco dos seis estudos

selecionados aqui que utilizaram intensidades entre 15% e 30% de 1RM não mostraram associação entre a intensidade e a MRH (figura 2). Por exemplo, o estudo 5 encontrou um MRH de 0,2% utilizando uma intensidade de 15% de 1 RM, o estudo 4 uma MRH de 0,2 utilizando 30% de 1 RM e o estudo 6 uma MRH de 0,3 utilizando 20% de 1RM. Uma possível diferença entre o estudo de Abe e o nosso é que nós utilizamos critérios padronizados, enquanto Abe et al. consideraram os exercícios de caminhada com oclusão vascular representando as menores intensidades de treinamento e, também, diferentes grupamentos musculares para as comparações. Portanto, embora observada aqui um coeficiente de determinação de 54% entre intensidade e MRH, a falta de significância na correlação entre intensidade e MRH ( $r^2 = 0,54$ ,  $P = 0,098$ ) e a elevada variação nas MRH dentro da mesma intensidade (>100%) não nos permitiu determinar uma relação clara entre intensidade do TF com oclusão vascular e MRH (Figura 2). Portanto, os resultados sugerem que há a necessidade de estudos futuros para determinar se existe intensidade ideal do TF com oclusão vascular para promover hipertrofia.



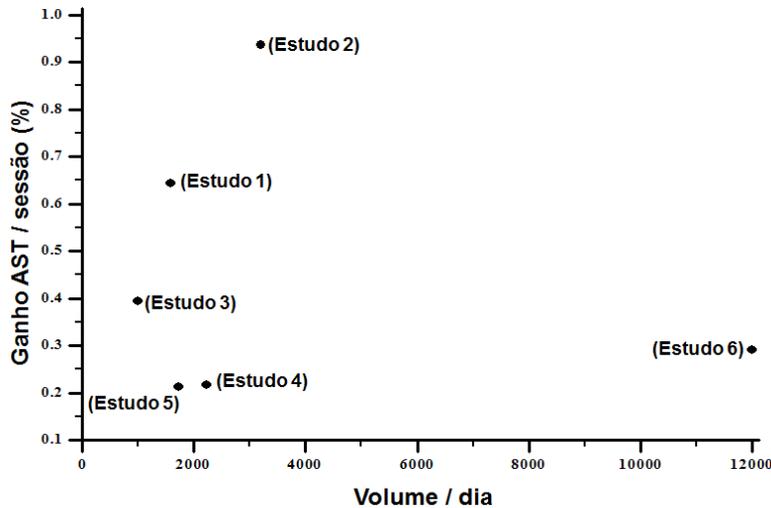
**Figura 9.** Relação entre a intensidade do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).

#### Volume e frequência de treinamento

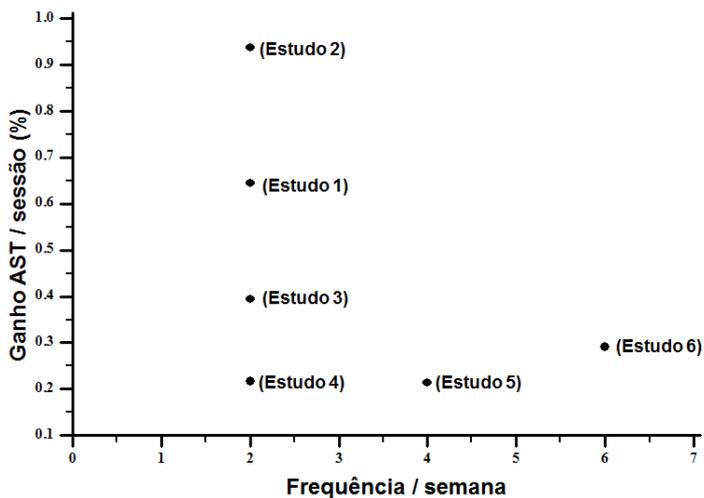
As figuras três e quatro mostram a relação da MRH com o volume diário e com a frequência de treinamento utilizados nos estudos, respectivamente. O volume diário foi

calculado multiplicando o número total de repetição pela intensidade (% de 1RM). A frequência foi simplesmente a quantidade de sessões de treinamento por semana. Para o volume, cinco dos seis estudos utilizaram volume diário entre 1000 a 3200 (repetições x intensidade). Um estudo utilizou um alto volume, 12000. O estudo que apresentou maior MRH utilizou volume de 3200, enquanto o estudo que utilizou volume de 1750 relatou a menor MRH. Não houve associação da MRH com o volume ( $r^2 = -0,03$ ,  $P = 0,742$ ). Quatro dos seis estudos utilizaram frequência semanal de duas vezes na semana. Dos dois estudos restantes, um deles utilizou quatro e outro seis dias de TF na semana. O estudo que apresentou maior MRH realizou o TF duas vezes na semana (estudo 2), mas o estudo que relatou a menor MRH também utilizou duas vezes na semana (estudo quatro). Houve uma variação na MRH de aproximadamente 340% entre os estudos que realizaram o TF duas vezes na semana. Não houve associação da MRH com a frequência ( $r^2 = -0,13$ ,  $P = 0,488$ ) do TF.

Os estudos selecionados sugerem que a MRH não é afetada pelo volume e frequência de treinamento. Assim, semelhantemente ao TF tradicional (alta intensidade e sem oclusão vascular) parece que a dose-resposta entre o volume do TF de baixa intensidade associado à oclusão vascular e MRH não ocorre de forma linear (LOENNEKE et al., 2011; MARTIN-HERNANDEZ et al., 2013). Estes dados são semelhantes aos relatados recentemente por Martín-Hernández et al (MARTIN-HERNANDEZ et al., 2013). Estes autores concluíram que mesmo dobrando o volume do TF com a oclusão vascular, de quatro para oito séries, não houve benefício para o ganho de massa e força musculares. Estudos prévios realizados com TF tradicional têm sugerido um possível limiar de volume (BURD; HOLWERDA; et al., 2010; GONZALEZ-BADILLO; IZQUIERDO; GOROSTIAGA, 2006; WERNBOM; AUGUSTSSON; THOME, 2007), o qual aumentos além deste limiar não são vantajosos para otimizar o ganhos de massa muscular. Neste contexto, os estudos selecionados relataram volume entre 1000 e 12000 (repetições x intensidade) com três ou mais séries de exercício. O volume que mostrou maior MRH utilizou volumes de 3200 (estudo 2), mas o estudo que utilizou um volume cinco vezes maior (estudo 6) não apresentou benefícios adicionais. No entanto, o baixo número de estudos selecionados nesta revisão dificulta a identificação de um limiar. Além disso, não foi possível identificar um volume mínimo para promover hipertrofia, pois todos os estudos apresentaram aumento de massa muscular após a intervenção. Assim, há a necessidade de estudos futuros para resolver estas questões.



**Figura 10.** Relação entre o volume por dia do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).



**Figura 11.** Relação entre a frequência semanal do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).

TF com oclusão vascular e hipertrófica: aspectos fisiológicos

É sugerido que intensidades elevadas (>60% de 1RM) de TF proporcionam uma elevada síntese de proteína e, conseqüentemente, a hipertrofia muscular (ACSM, 2009; CAMPOS et al., 2002; KUMAR et al., 2009). Kumar et al. forneceram evidências de uma

relação dose-resposta sigmoideal entre intensidades do TF, sem oclusão vascular, e síntese proteica miofibrilar, com platô entre 60% e 90% de uma repetição máxima (1RM) (KUMAR et al., 2009). Complementarmente, Campos et al. encontraram hipertrofia muscular no TF de intensidade alta ( $\geq 70\%$  de 1RM), mas não com intensidades baixas ( $\leq 50\%$  de 1RM) (CAMPOS et al., 2002). Portanto, para o TF sem a oclusão vascular é possível promover elevada síntese proteica miofibrilar com intensidade a partir de 60% de 1RM e, conseqüentemente, hipertrofia (ACSM, 2009).

No entanto, os estudos selecionados aqui relataram aumentos significantes de massa muscular (Tabela 2), mesmos aqueles que utilizaram intensidade de 15% de 1RM. Isto sugere que TF com baixa intensidade ( $< 50\%$  de 1RM), quando associado à oclusão vascular, promove hipertrofia musculares. Obstruir o fluxo sanguíneo resulta em oclusão do retorno venoso e fluxo arterial turbulento (MANINI; CLARK, 2009). Dessa forma, há um aumento da ativação muscular em consequência do acúmulo de metabólitos e redução de oxigênio. Ambas as consequências aumentam a atividade neuromuscular de forma compensatória, afetando o padrão de recrutamento muscular e aumentando a participação de unidades motoras (fibras do tipo II) (MORITANI et al, 1992; Shinohara et al, 1998; TAKARADA et al, 2000). Conseqüentemente, o maior recrutamento de fibra pode estimular uma robusta resposta na síntese protéica miofibrilar e hipertrofia (BURD; MITCHELL; et al., 2012; LOENNEKE et al., 2011). Outro mecanismo que contribui para a hipertrofia observada com a oclusão vascular é o “inchaço” celular decorrente da acumulo de sangue no local (devido à oclusão) e migração do plasma para o interstício muscular, provocando um gradiente de pressão e um fluxo de plasma para dentro da célula muscular (LOENNEKE; FAHS; et al., 2012; SCHOENFELD; CONTRERAS, 2014). O inchaço celular pode inibir o catabolismo e induzir o anabolismo celular via mTOR (*mechanistic target of rapamycin*) e MAPK (*mitogen-activated protein-kinase*)(LOENNEKE; FAHS; et al., 2012).

## CONCLUSÃO

Nos limites do nosso conhecimento, esta é a primeira revisão da literatura sobre o TF associado à oclusão vascular que controlou o gênero, método de avaliação da hipertrofia, exercício e músculo utilizados pelos estudos. Esta revisão identificou uma relação entre a MRH e nível de condicionamento físico, mas não entre MRH e volume ou intensidade do TF associado à oclusão vascular. Assim, os estudos utilizados nesta revisão suportam que TF com intensidade baixa e combinado com oclusão vascular promove hipertrofia muscular,

principalmente em atletas. No entanto, esta adaptação muscular é independente da intensidade e volume utilizado.

As baixas quantidades de estudos encontrados sugerem que pesquisas futuras são necessárias para analisar especificamente as questões do volume e intensidade do TF com oclusão vascular, tais como limiares de otimização de respostas e quantidades mínimas necessárias para promover hipertrofia muscular.

## REFERÊNCIAS

ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **J Appl Physiol**, v. 100, n. 5, p. 1460-6, May 2006.

ABE, T. et al. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 32, n. 4, p. 247-52, Jul 2012.

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.

BURD, N. A. et al. Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. **J Physiol**, v. 588, n. Pt 16, p. 3119-30, Aug 15 2010.

\_\_\_\_\_. Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 37, n. 3, p. 551-4, Jun 2012.

CAMPOS, G. E. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, n. 1-2, p. 50-60, Nov 2002.

FUJITA, S. et al. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. **Int J KAATSU Train Res** v. 4, n. 1, p. 1-8, 2008.

GONZALEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E. M. Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 1, p. 73-81, Feb 2006.

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.

KIM, P. L.; STARON, R. S.; PHILLIPS, S. M. Fasted-state skeletal muscle protein synthesis after resistance exercise is altered with training. **J Physiol**, v. 568, n. Pt 1, p. 283-90, Oct 1 2005.

KUMAR, V. et al. Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. **J Physiol**, v. 587, n. Pt 1, p. 211-7, Jan 15 2009.

LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 3, p. 406-12, Mar 2012.

LOENNEKE, J. P. et al. 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 2012.

\_\_\_\_\_. Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. **Med Hypotheses**, v. 77, n. 5, p. 748-52, Nov 2011.

\_\_\_\_\_. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 5, p. 1849-59, May 2012.

MADARAME, H. et al. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 2, p. 258-63, Feb 2008.

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. et al. Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. **Scand J Med Sci Sports**, v. 23, n. 2, p. e114-20, Mar 2013.

OHTA, H. et al. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. **Acta Orthop Scand**, v. 74, n. 1, p. 62-8, Feb 2003.

PHILLIPS, S. M. et al. Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. **Am J Physiol**, v. 276, n. 1 Pt 1, p. E118-24, Jan 1999.

SCHOENFELD, B. J.; CONTRERAS, B. The Muscle Pump: Potential Mechanisms and Applications for Enhancing Hypertrophic Adaptations. **Strength & Conditioning Journal**, v. 36, n. 3, p. 21-25, 2014.

SHINOHARA, M. et al. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 77, n. 1-2, p. 189-91, 1998.

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. et al. 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 2000.

TAKARADA, Y.; TSURUTA, T.; ISHII, N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. **Jpn J Physiol**, v. 54, n. 6, p. 585-92, Dec 2004.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEE, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Med**, v. 37, n. 3, p. 225-64, 2007.

YASUDA, T. et al. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 10, p. 2525-33, Oct 2011.