Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

2016

Efeitos do treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo sobre a *performance* musculoesquelética e o dano muscular em adultos jovens

PPGRDF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REABILITAÇÃO E DESEMPENHO FUNCIONAL
FMRP-USP

Luiz Guilherme Cruz Gonçalves

FACULDADE de MEDICINA de RIBEIRÃO PRETO
UNIVERSIDADE
SCIENTIA AMOVERE TERMINUM

LUIZ GUILHERME CRUZ GONÇALVES

Efeitos do treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo sobre a *performance* musculoesquelética e o dano muscular de adultos jovens

Dissertação apresentada a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção de título de Mestre em Reabilitação e Desempenho Funcional.

Área de concentração: Fisioterapia

Orientador: Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina

Ribeirão Preto

2016

Autorizo a divulgação parcial ou total deste estudo, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Gonçalves, Luiz Guilherme Cruz

Efeitos do treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo sobre a *performance* musculoesquelética e o dano muscular de adultos jovens / Luiz Guilherme Cruz Gonçalves; orientador Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina. – São Paulo, 2016.

92f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2016.

1. CK 2. LDH 3. Capacidades motoras. 4. Desempenho Físico. 5. *Kaatsu traning*. 6. Treinamento de força. I. Puggina, Enrico Fuini. II. Título: Efeitos do treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo sobre a *performance* musculoesquelética e o dano muscular de adultos jovens.

GONÇALVES, Luiz Guilherme Cruz

Título: Efeitos do treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo sobre a *performance* musculoesquelética e o dano muscular de adultos jovens.

Dissertação apresentada a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção de título de Mestre em Reabilitação e Desempenho Funcional.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr._____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura_____

Prof. Dr._____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura_____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura_____

AGRADECIMENTOS

À Deus que sempre me ilumina, me protege e me dar forças para seguir na busca dos desafios e ciclos tão importantes na minha vida.

Aos meus pais Luiz Claudio Gonçalves e Emília Camacho Cruz Gonçalves, a quem eu devo tudo e amo incondicionalmente, que me ajudam a conquistar todos os meus sonhos.

A meus avós Epaminondas Borgas, Lurdes Lopes e tia, Ana Maria Camacho por estarem próximos, sempre que possível, nesse tempo que passei longe de vocês ao mesmo tempo estavam me acolhendo e me incentivando para alcançar esse momento.

A minha namorada Ângela Pedrucci, minha companheira, entrou na minha vida como passageira e segue firme ao meu lado. Obrigado pela parceria em todos os instantes.

Ao meu orientador Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina, pela amizade, que me ajudou a trilhar o meu caminho dentro da Universidade, desde a graduação, me mostrou muitas das coisas e que sempre me aconselhou e me atendeu com muita dedicação e respeito.

A Direção e aos professores da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelo apoio, evolução acadêmica e discussões ao longo desses anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP-USP) pela oportunidade de fazer o meu mestrado.

Aos meus amigos, Rodrigo Leal, Lucas de Paula, Guilherme Figueiredo, João Paulo Manechini, Arthur Berti, obrigado por ter conhecido homens de grande caráter e pelo companheirismo e apoio que vocês me deram durante essa jornada.

Aos membros do GEDEFITE, Grupo de Estudos em Desempenho Físico e Treinamento Esportivo, agradeço pelos debates e ideias que passamos juntos.

A Laís Neves, aluna de doutorado, que me ajudou nas coletas com o aparelho *doppler*, meus agradecimentos.

A Muriel Berti, biomédica, uma pessoa fantástica e que realizou as coletas de sangue, obrigado e continue sendo essa pessoa do bem.

Agradeço a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo auxílio financeiro e apoio a pesquisa.

Obrigado à todos!

EPÍGRAFE

“Só sei que nada sei, e o fato de saber isso, me coloca em vantagem sobre aqueles que acham que sabem alguma coisa. ”

Sócrates

RESUMO

GONÇALVES, L. G. C. **Efeitos do treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo sobre a *performance* musculoesquelética e o dano muscular de adultos jovens.** 2016. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos do treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo (TP-RFS) ou sem (TP) sobre a *performance* musculoesquelética, variáveis antropométricas e os indicadores indiretos de dano muscular. Objetivos secundários foram comparar os percentuais de mudanças de todas as variáveis entre os grupos e correlacionar os percentuais de mudanças da *performance* da velocidade cíclica com o da força. 20 homens jovens (18-30 anos) desempenharam exercícios de saltos (*hurdle jumps* e *drop jumps*) duas vezes por semana durante oito semanas usando esfignamômetros específicos para a restrição do fluxo sanguíneo (RFS) ou sem a sua utilização. Durante as sessões com RFS, os participantes ficaram inflados de modo total e intermitente na região proximal em ambas as pernas. A velocidade de deslocamento cíclico foi mensurada pelos testes de velocidade de 10m e de 30m e o teste T-40 para avaliar o desempenho da velocidade de deslocamento cíclico-acíclico. A *performance* de salto foi quantificada pelos saltos horizontais (SHs) unilaterais e bilaterais saindo da posição parada e os saltos verticais (SVs) [*squat jump* (SJ) e *countermovement jump* (CMJ)]. A força muscular dinâmica foi avaliada por meio de uma repetição máxima (1-RM) no agachamento com barra guiada. A antropometria foi mensurada pela porcentagem de gordura, massa magra e pelo volume muscular dos membros inferiores. Os marcadores indiretos de dano muscular foram recordados pela atividade plasmática das enzimas creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH). Estas avaliações foram obtidas pré, durante e pós o programa de treinamento. Os resultados demonstraram que o grupo TP-RFS apresentou ganhos significativos nos testes de velocidade de 30m, teste T-40, SH direita, SH esquerda, SH bilateral, SJ e 1-RM. O grupo TP mostrou melhoras em relação aos testes de velocidade de 10m, SH direita, SH bilateral, SJ e CMJ, assim como, o grupo TP demonstrou incrementos superiores significativos quando comparado com o grupo TP-RFS sobre os percentuais de mudanças dos testes de velocidade de 10m, SJ e CMJ. Verificou-se correlação entre os percentuais de mudanças da velocidade de 30m e o teste de CMJ no grupo TP. Foi observada diminuição da porcentagem de gordura entre os diferentes momentos em ambos os grupos. Entretanto, não foram verificadas nenhuma mudança em relação a massa magra e as medidas de circunferência de coxa tanto no grupo TP-RFS quanto no grupo TP. Para análise da atividade plasmática das enzimas CK e LDH, não foram demonstradas nenhuma alteração quando comparados os diferentes momentos de coletas em ambos os grupos e o percentual de mudança entre os grupos. Conclui-se que a RFS em combinação com o TP não aumenta a *performance* musculoesquelética e as variáveis relacionadas com a antropometria quando comparado o TP aplicado de maneira independente. No que diz respeito a CK e LDH, ambas as condições com ou sem RFS não suportam a hipótese de haver dano muscular para o protocolo de treinamento realizado.

Palavras-chave: desempenho físico, *kaatsu traning*, treinamento de força.

ABSTRACT

GONÇALVES, L. G. C. **Effects of plyometric training with restriction of blood flow on the musculoskeletal performance and muscle damage in young adults.** 2016. 92p. Dissertation (Master's degree) – Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, São Paulo, 2016.

The aim of this study was to investigate the effects of plyometric training with blood flow restriction (PT-BFS) or without (PT) on the musculoskeletal performance, anthropometric variables and indirect indicators of muscle damage. Secondary objectives were to compare the changes in percentage of all variables between the groups and to correlate the percentage changes of the cyclical speed performance with strength. 20 young men (18-30 years) played jumping exercises (jumps hurdle and drop jumps) twice a week for eight weeks using specific cuffs for blood flow restriction (BFR) or without their use. During the sessions with RFS, participants were inflated fully and intermittently in the proximal region in both legs. The cyclic shift speed was measured by the speed tests 10m and 30m and T-40 test to evaluate the performance of the cyclic-acyclic speed. The jump performance was measured by horizontal jumps (HJs) unilateral and bilateral leaving the stop position and the vertical jumps (VJs) [squat jump (SJ) and countermovement jump (CMJ)]. The dynamic muscle strength was evaluated by one repetition maximum (1-RM) squat with guided bar. Anthropometry was measured by the percentage of fat, lean mass and the muscular volume of the lower limbs. The indirect markers of muscle damage were recalled by plasma activity of the enzymes creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH). These datas were obtained before, during and after the training program. The results showed that PT-BFR group showed significant gains in speed tests 30m, T-40 test, right HJ, HJ left bilateral HJ, SJ and 1-RM. PT group showed improvements regarding speed testing 10m, right HJ, bilateral HJ, SJ and CMJ, as well as the PT group demonstrated significant higher increases compared with the PT-BFR group on percentage change of the test speed 10m, SJ and CMJ. There was correlation between the percentage changes of 30m speed and CMJ test the PT group. It was observed decrease in fat percentage between different moments in both groups. However, it was not observed any change in relation to lean body mass and thigh circumference measurements both in PT-BFR group as in the PT group. For analysis of plasma activity of CK and LDH were not substantiated any changes when comparing the different times of collections in both groups and the percentage of change between groups. It follows that RFS in combination with the PT does not increase the performance musculoskeletal and no change the variables anthropometry when compared PT applied independently. As regards CK and LDH, both with or without BFR conditions do not support the hypothesis of muscle damage done to the training protocol.

Keywords: physical performance, *kaatsu training*, strength training.

LISTA DE TABELAS

Páginas

TABELA 1. Média ± desvio padrão da idade cronológica, massa corporal e estatura dos grupos TP-RFS e TP..... 44

TABELA 2. Sequência de aplicação dos procedimentos utilizados para a coleta de dados..... 45

TABELA 3. Descrição da progressão da carga do programa de treinamento pliométrico..... 51

TABELA 4. *Performance* da velocidade e da força pré, durante e pós de oito semanas (16 sessões) de treinamento..... 55

TABELA 5. Dinâmica das alterações das medidas antropométricas pré, durante e pós oito semanas de treinamento..... 58

TABELA 6. Comportamento da atividade plasmática das enzimas Creatina Quinase – CK e da Lactato Desidrogenase – LDH ao longo do programa de treinamento..... 59

LISTA DE FIGURAS

Páginas

FIGURA 1. Esquema representativo dos procedimentos experimentais com oito semanas de treinamento (16 sessões)..... 45

FIGURA 2. Posição dos manguitos de pressão em ambas as pernas..... 51

FIGURA 3. Impacto das oito semanas (16 sessões) de treinamento pliométrico sobre a frequência cardíaca (A), o tempo gasto em cada série (B) e a taxa de percepção subjetiva de esforço (C)..... 53

FIGURA 4. Porcentagens das mudanças da *performance* da velocidade (A) e da força (B) pré para pós treinamento nos grupos TP-RFS e TP..... 56

FIGURA 5. Relação entre a porcentagem da mudança da *performance* da velocidade cíclica de 30m e do CMJ no grupo TP..... 57

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1-RM Força muscular dinâmica

Acíc Acíclico

CAE ciclo de alongamento-encurtamento

Cíc Cíclico

Circ Circunferência

CK Creatina quinase

CMJ *Countermovement jump*

CVM Contração voluntária máxima

Dir Direita

Esq Esquerda

FC Frequência cardíaca

GH hormônio do crescimento

iEMG Eletromiograma integrado

IL-6 interleucina-6

LDH Lactato desidrogenase

MAPK *Mitogen-activated protein kinases*

mRNA RNA mensageiro

mTOR *Mammalian target of rapamcyin*

PSE Percepção subjetiva de esforço

RFS Restrição do fluxo sanguíneo

RMS *Root-mean-square*

S6K1 proteína S6 kinase

SH Salto horizontal

SJ S*quat jump*

SV Salto vertical

TF Treinamento de força

TF-RFS Treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo

TP Treinamento pliométrico

TP-RFS Treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo

Unil Unilateral

Vel Velocidade

LISTA DE APÊNDICES

Página

APÊNDICE A. Termo de consentimento livre e esclarecido..... 89

LISTA DE ANEXOS

Página

ANEXO A. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa..... 92

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 17
2. OBJETIVOS 20
2.1 Objetivos específicos 20
3. REVISÃO DE LITERATURA 20
3.1 Treinamento Pliométrico 21
3.1.1 Treinamento pliométrico e o dano muscular 27
3.2 Treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo 29
3.2.1 Treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo e o dano muscular 40
4. MÉTODOS 43
4.1 Amostra 43
4.2 Procedimentos experimentais 44
4.3 Determinação da pressão de restrição do fluxo sanguíneo de treinamento 45
4.4 Determinação da velocidade de deslocamento cíclico 46
4.5 Determinação da velocidade de deslocamento cíclico-acíclico 46
4.6 Determinação da *performance* de salto 47
4.7 Determinação da força muscular máxima dinâmica de membros inferiores 48
4.8 Antropometria 48
4.9 Análises dos marcadores indiretos de dano muscular 49
4.10 Programa de treinamento pliométrico 50
4.11 Análise Estatística 52
5. RESULTADOS 52
5.1 *Performance* da velocidade e da força 53
5.2 Antropometria 57
5.3 Marcadores indiretos de danos muscular 58
6. DISCUSSÃO 59

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 67
Limitações do estudo 68
Aplicações práticas 69
8. REFÊRENCIAS 70
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 89
ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa 92

1. INTRODUÇÃO

O treinamento pliométrico (TP) caracteriza-se como uma forma de estímulo à capacidade motora força muito popular, antigo, seguro e praticado entre indivíduos saudáveis e atletas. Consiste, basicamente, de exercícios que requerem um pré-estiramento muscular (ações excêntricas) seguidas por ações musculares concêntricas, que em conjunto formam um tipo natural de função muscular, denominado ciclo de alongamento-encurtamento (CAE) (BEHRENS et al., 2016).

O CAE promove ajustes no sistema neural e no musculoesquelético, resultando em uma grande produção de força em um pequeno espaço de tempo (*i.e.* taxa de desenvolvimento de força), tornando-se como uma ligação entre a força e a velocidade (CHMIELEWSK et al., 2006). Evidências demonstraram que o TP leva a adaptações positivas sobre os componentes neuromusculares, musculoesquelético, função muscular e o desempenho atlético em condição a médio e longo prazo, podendo ser aplicado sozinho ou em conjunto com outros métodos de treinamento (MARKOVIC; MIKULIC, 2010).

Por outro lado, a aplicação de exercícios de força com intensidade relativamente baixa (i.e., 20-50% de 1-RM) com a restrição do fluxo sanguíneo (RFS) por meio de recursos externos (TAKANO et al., 2005; LOENNEKE et al., 2010) têm sido aplicado em diversas populações (TAKARADA, TAKAZAWA; ISHII, 2000; LOENNEKE; PUJOL, 2010; BRANDNER; KIDGELL; WARMINGTON, 2015), apresentando como resposta positiva o aumento da força (MADARAME et al., 2008) e a hipertrofia muscular (TAKARADA et al., 2000a; TAKARADA; SATO; ISHII, 2002). Algumas hipóteses pautadas em evidências têm sido levantadas na tentativa de elucidar os potenciais mecanismos adaptativos deste tipo de treinamento nas funções metabólitcas, neurais, endócrinas e pelas vias de sinalização intracelular (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013).

Entretanto, esses mecanismos provenientes do treinamento de força de baixa intensidade com RFS (TF-RFS) ainda não estão claros quanto o TF tradicional, porém, atualmente diversos estudos tem sido dedicados a elucidação dos mecanismos envolvidos no processo adaptativo a esse protocolo de treinamento, como o *stress* metabólico (SUGA et al., 2009; SUGA et al., 2012), controle neuromuscular – recrutamento preferencial dos

tipos de fibras musculares de contração rápida (MANIMMANAKORN et al., 2013), respostas hormonais (TAKARADA et al., 2000b; TAKARADA; TSURUTA; ISHII, 2004; FUJITA et al., 2007), ativação das células satélites musculares (NIELSEN et al., 2012), regulação intracelular da hipertrofia muscular (WERNBOM et al., 2013; GUNDERMANN et al., 2014) e inibição dos mecanismos antagonistas ao crescimento muscular (LAURENTINO et al., 2012).

O TP pode promover a hipertrofia muscular, particularmente das fibras tipo II. Esta resposta pode ser observada pelo aumento do recrutamento das unidades motoras das fibras musculares durante a contração muscular excêntrica (ENOKA, 1996). No entanto, sugere-se que a maior parte do aumento no desempenho seguido pelo TP é dependente das adaptações neuromusculares (VESCOVI; CANAVAN; HASSON, 2008).

Interessantemente, o TF-RFS gera baixo *stress* mecânico e tem demonstrado, assim como o TF tradicional (*i.e.* alta intensidade sem RFS), aumento da força muscular e da área de secção transversa do músculo. Tal fato sugere que a hipertrofia muscular resultante do TF-RFS ocorre pela ativação das vias de sinalização hipertróficas e aumento da síntese proteica (FRY et al., 2010).

Os marcadores indiretos de dano muscular são mensurados frequentemente em diferentes tipos de treinamento, especialmente quando se trata do TF, afim de investigar possíveis perturbações musculares causadas por este estímulo. Porém, essa análise é dependente de alguns fatores, como: o tipo do exercício, a intensidade e o volume de carga de treinamento (KAMANDULIS et al., 2011).

Já é bem documentado na literatura que as ações musculares excêntricas, tais como realizadas durante os exercícios pliométricos, induzem ao dano muscular e a dor muscular de início tardio, principalmente, quando os sujeitos não possuem experiência com este tipo de treino (CLARKSON; SAYERS, 1999). Assim, verifica-se que ocorre aumento da atividade plasmática dos marcadores indiretos de dano muscular (*i.e.* CK) após uma sessão de TP, devido ao processo de fadiga instalado, levando ao aparecimento de micro traumas (AVELA; KOMI, 1998).

Em contrapartida, há estudos com TF-RFS que mostram os efeitos benéficos sobre o aumento da área de secção transversa do músculo e da força dinâmica muscular (1-RM)

sem que exista a condução do aumento do dano muscular (LOENNEKE; THIEBAUD; ABE, 2014).

Estudos demonstram que o TP promove melhoria na habilidade de salto, especialmente dos SVs (PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013), da velocidade cíclica e cíclica-acíclica (VILLARREAL; REQUENA; CRONIN, 2012) e da economia de movimento (TURNER; OWINGS; SCHWANE, 2003) e de maneira geral, incrementos sobre o desempenho atlético (SÖHNLEIN; MÜLLER; STÖGGL, 2014).

Existem diversos estudos que evidenciam que o TP executado de maneira isolada ou combinada com outro tipo de treinamento (*i.e.* treino específico da modalidade esportiva) mostra-se uma estratégia positiva sobre os efeitos relacionados com os componentes do desempenho físico (PIENAAR; COETZEE, 2013). Por outro lado, estudos longitudinais que aplicaram o TF-RFS em intensidade de moderada a alta utilizando-se de um exercício tradicional de academia, apresentaram acréscimos sobre o percentual de mudança na *performance* de velocidade de deslocamento cíclico e do teste de CMJ em homens (COOK; KILDUFF; BEAVEN, 2014; ABE et al., 2005).

Deste modo, considerando as evidências cientificas dos diferentes tipos de treinamento (*i.e.* TP isolado e TF-RFS) sobre os ganhos do desempenho atlético, na presente dissertação, optou-se por combinar esses dois tipos de treinamento.

Usualmente, o tempo para conseguir incrementos importantes relacionados a *performance* musculoesquelética a longo prazo é escasso. Assim, parece ser interessante desenvolver outros métodos de treinamento que sejam potencializadores em promover efeitos positivos num período relativamente curto (ABE; DEHOYOS; POLLOCK; GRAZARELLA, 2000). Além disso, pautando-se em nossos conhecimentos, esse é o primeiro estudo que se aplicou o TP-RFS com vistas as adaptações da *performance* musculoesquelética, antropometria, bem como, dos marcadores indiretos de dano muscular em adultos jovens.

Assim, a presente dissertação pretende responder a alguns questionamentos centrais:

i. O TP-RFS é um tipo de treinamento potencializador sobre a *performance* musculoesquelética?

ii. Será este um tipo de treinamento de força alternativo para o uso de treinadores na prática?

2. OBJETIVOS

A presente dissertação possui por objetivo geral verificar os efeitos de oito semanas de TP com RFS (TP-RFS) ou sem (TP) sobre a *performance* musculoesquelética e os indicadores indiretos de dano muscular em adultos jovens.

2.1 Objetivos específicos

I. Descrever e comparar entre as condições com ou sem a RFS o tempo gasto de cada série e os *scores* da percepção subjetiva de esforço durante todas as sessões de treinamento;

II. Investigar e comparar os efeitos do treinamento pliométrico com e sem RFS sobre a *performance* musculoesquelética: velocidade de deslocamento cíclico e cíclico-acíclico, salto horizontal unilateral e bilateral, salto vertical (SJ e CMJ) e 1-RM nos momentos pré, durante e pós treinamento;

III. Identificar possíveis associações entre as mudanças da velocidade cíclica (10 e 30m) e das mudanças da *performance* da força (SH bilateral, SJ, CMJ e 1-RM);

IV. Mensurar a % de gordura, massa magra e a circunferência da coxa pré, durante e pós programa de treinamento em ambos os grupos (TP-RFS x TP).

V. Medir e comparar a atividade plasmática das enzimas cretina quinase e lactato desidrogenase (marcadores indiretos de dano muscular) dos grupos TP-RFS e TP nos diferentes momentos do programa de treinamento;

3. REVISÃO DE LITERATURA

A ordem dos tópicos proposta nesta revisão de literatura busca discutir sobre os temas relacionados com o presente estudo. Primeiramente, sobre o treinamento

pliométrico. Logo em seguida, o treinamento pliométrico e o dano muscular. O segundo tópico, falará sobre o treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo. Em sequência, será apresentado o treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo e o dano muscular.

3.1 Treinamento Pliométrico

A palavra “pliometria” é composta pelo prefixo “plio” que apresenta sentido de mais e pelo sufixo “metria”, que tem o significado de medir. Sendo o termo derivado da terminologia grega “pleythyein” (HOLMYARD; HAZELDINE, 1991). Essa técnica foi nomeada pelos russos nas décadas de 60 e 70. Inicialmente, os exercícios utilizados para a manifestação da pliometria eram realizados pelos atletas de atletismo por meio de saltos aleatórios, já nos anos entre 1920 e 1930, no norte e leste europeu (BOMPA, 2004).

Os exercícios pliométricos consistem de atividades que permitem o músculo realizar o maior nível de força no menor tempo possível, ou seja, ocorre um movimento extremamente rápido e vigoroso utilizando-se de um pré-estiramento muscular, no qual esse fenômeno é conhecido como CAE (KOMI; BOSCO, 1978).

O CAE ocorre quando há um alongamento muscular com concomitante a geração de força, assim essas ações musculares geram uma produção de trabalho negativo, o qual tem parte de sua energia mecânica absorvida e armazenada na forma de energia potencial elástica nos elementos elásticos em série consequentemente essa energia é liberada aumentando a produção total de força (FARLEY, 1997). Portanto, o CAE é a combinação dos fatores mecânicos e neurofisiológicos que quando associados, se tornam a base dos exercícios pliométricos, uma vez que, a ação muscular excêntrica causa mudanças no sistema neuromuscular, os quais aumentam a taxa de produção de força durante a ação concêntrica de maneira quase que imediata.

Três fases distintas compõem o CAE, são elas: excêntrica, amortecimento e concêntrica. A primeira fase, excêntrica, é compreendida pelo estiramento do músculo antagonista, já a segunda fase, amortecimento, apresenta a função de mudança entre as fases 1 e 3, por fim, a terceira fase, concêntrica, consiste do encurtamento das fibras musculares agonistas (BAECHLE; EARLE, 2010).

Os exercícios pliométricos podem ser aplicados em ambientes de diversas modalidades esportivas e em um programa de condicionamento físico. A prescrição dos treinos pliométricos devem seguir um planejamento e uma metodologia afim de melhorar o desempenho atlético.

Vários fatores, incluindo os procedimentos do programa de treinamento (tipos dos exercícios a serem aplicados, frequência e duração dos treinos, volume e intensidade), características dos participantes (idade, sexo, estado de treinamento, experiência com o TF) e os testes para avaliar as mudanças que ocorrem após um treinamento (MARKOVIC, 2007) são pertinentes e devem ser observados pelos treinadores com muita atenção. Ainda que, percebe-se que há grandes conflitos sobre metodologias apropriadas na literatura, bem como, a escassez de estudos que investigaram e propuseram as variáveis ótimas para o planejamento dos programas de TP. No entanto, de acordo com a associação Nacional da Força e do Condicionamento (*National Strength and Conditioning Association* - NSCA) (NSCA, 1993) existem algumas diretrizes que podem ser seguidas afim de orientar os trabalhos pliométricos.

Nesse sentido, a NSCA (1993) recomenda que os exercícios pliométricos devem ser realizados em regime de alta velocidade, em torno de 80 a 140 saltos por sessão dependendo da experiência dos indivíduos com esse tipo de treinamento. Os intervalos de recuperação não devem ser além de 2 a 3 minutos entre as séries e com uma frequência semanal de 1 a 3 vezes dependendo do esporte e do programa de condicionamento físico.

Vale ressaltar, que questões como a técnica adequada em realizar os saltos são de extrema importância. Uma vez que, a execução do movimento esteja correta, é possível maximizar a eficácia dos exercícios e minimizar o risco de lesão, principalmente quando trata-se da pliometria para membros inferiores, quando a aterrisagem é essencial e os movimentos de tronco e dos membros superiores também se tornam importantes em não prejudicar o desempenho (HUNTER; MARSHAL, 2002). Outro ponto a ser considerado antes de um programa de TP é o nível de força dos participantes em realizar esse tipo de exercícios. Para a pliometria de membros inferiores, o 1-RM de agachamento dos sujeitos deve ser pelo menos 1,5 vez a sua massa corporal (DURSEV; RAEYSKY, 1979) logo, se os participantes não possuírem um nível de condicionamento desejado, o programa de TP deve ser estudado e talvez adiado até que consiga esses níveis de força.

Contudo, diversos estudos mostram a eficácia dos exercícios pliométricos por meio do aumento da taxa de produção da potência muscular dos participantes após um período de treinamento (WILSON et al., 1993; WILSON; MUPHY; GIORGI, 1996). Entretanto, sabe-se que existem adaptações inerentes a esse tipo de treinamento que são responsáveis pelo aprimoramento da curva força-velocidade, na qual se trata basicamente das adaptações mecânicas e neuromusculares.

Estudos examinaram os efeitos do TP sobre a força muscular e tem sido evidenciado que ocorrem incrementos na taxa de desenvolvimento de força, especialmente em relação a força explosiva (KYRÖLÄINEN et al., 2005). No entanto, são poucos estudos dedicados a descobrir os possíveis mecanismos adaptativos provenientes deste treinamento. Em síntese, dados de pesquisas anteriores sugerem que ocorrem ganhos da força após um programa de TP podendo ser advindos das adaptações neurais ou musculares.

Estudos tem revelado que as adaptações neurais são as principais causas em aumentar a força voluntaria máxima e a força explosiva, como evidenciado pelo aumento da ativação voluntária na fase inicial da contração (BEHRENS, MAU-MOELLER; BRUHN, 2014). Além disto, Makovic e Mikulic (2010) explicaram que o aumento do desempenho se dá pelo incremento da co-contração e da ativação da unidade neural dos músculos sinergistas, aumento da coordenação intramuscular, e pelas mudanças nas características da rigidez mecânica do tendão do músculo, sendo que essa última explicação aparece como uma vantagem em permitir maiores níveis de armazenamento e liberação da energia elástica (BOJSEN-MØLLER et al., 2005). Complementarmente, tem sido sugerido outras adaptações neuromusculares, como aumento da inibição dos músculos antagônistas musculares, redução dos mecanismos inibitórios, tais como os receptores tendinosos de Golgi, aumento do recrutamento e sincronização dos motoneurônios agonistas e por fim, o aumento da atividade muscular juntamente com a excitabilidade do reflexo-H, dos quais são dependentes do CAE, são considerados fatores importantes em transferir a energia da pré-ativação e da força excêntrica do complexo músculo-tendíneo para a fase concêntrica (THORSTENSSON, 1976; GOLLHOFER, 1992; AAGAARD, 2003).

Em relação as adaptações hipertróficas, poucos estudos ajudam a entender as mudanças estruturais ocasionados pelos exercícios pliométricos (KYRÖLÄINEN et al.,

2005). Um dos poucos estudos que demonstram que ocorre alterações nas propriedades contrateis do músculo é o de Malisoux et al. (2006), na qual mostrou que ganhos de força acompanham incrementos da área de secção transversa do músculo e também acréscimos das propriedades contráteis das fibras musculares após oito semanas de treinamento TP. Outro estudo que evidencia a hipertrofia muscular após a realização do TP é o de Sleivert, Backus e Wenger (1995), na qual observou-se incrementos das fibras musculares tipo II em atletas, sendo que um dos motivos que podem elucidar este mecanismo adaptativo é o aumento do recrutamento das unidades motoras das fibras do tipo II durante as ações excêntricas.

Sabe-se que o TP faz parte da rotina de treinamento dos atletas. Existem evidências que este tipo de treinamento é útil e eficaz para aqueles que participam de modalidades esportivas em que a exigência de força rápida são fundamentais para se obter êxito. A literatura parece indicar que tantos as modalidades esportivas individuais (*i.e.* atletismo) e coletivas (*i.e.* futebol) tem se beneficiado com o TP (RIMMER; SLEIVERT, 2000).

Grande parte dos estudos reportam que o TP tem promovido adaptações positivas em relação a *performance* motora, especialmente sobre a velocidade de deslocamento cíclica, agilidade e a força de salto (BUCHHEIT et al., 2010; MEYLAN; MALATESTA, 2009; THOMAS et al., 2009; MARQUES et al., 2013). Alguns pesquisadores têm investigado os efeitos do TP aplicado de maneira isolada ou combinado com um programa de treinamento especifico de um determinado esporte sobre o desempenho atlético. (PIENAAR; COETZEE, 2013).

Entretanto, estudos recentes sugerem a transferência dos efeitos do TP para o plano horizontal, ainda mais para a *performance* de corrida nas fases de aceleração dos *sprints*. Os achados destes estudos que investigaram os efeitos da pliometria na *performance* da velocidade são inconsistentes (SÁEZ DE VILLARREAL; REQUENA; CRONIN, 2012). Logo, em estudos anteriores encontra-se que houve diminuição (DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2000; RIMMER; SLEIVERT, 2000) ou não (LYTTLE; WILSON; OSTROWSKI, 1996) dos tempos nos testes de corrida após um programa de TP.

Nesse sentido, alguns autores relatam que os exercícios de saltos não são específicos para a *performance* de corrida, por exemplo, os saltos verticais e por isso, não há nenhum efeito vantajoso para as corridas de alta velocidade (WILLSON et al., 1993.; FORD et al., 1983).

Por outro lado, estudos mais recentes, demonstram que o TP parece ser um tipo de treinamento eficaz para a melhoria da *performance* de *sprint*. Dessa maneira, a diminuição do tempo nos testes de velocidade resultantes de um programa de TP podem ser relevantes para a prática, onde atletas podem se beneficiar deste treinamento em ações específicas do esporte, como por exemplo, corridas de curtas distâncias e melhora da fase de aceleração (CHIMERA et al., 2006).

Ademais, sugere-se que quando o TP for aplicado de maneira específica para a corrida pode-se ter efeitos positivos sobre os testes de velocidade. (WILD et al., 2011; BISSAS; HAVENETIDIS, 2008).

O estudo de Rimmer e Sleivert (2000) investigou os efeitos de um programa de exercícios de pliometria específicos para corrida (*i.e. skipping* e *hopping*) sobre a *performance* da velocidade. A duração do estudo foi de oito semanas com 15 sessões de treinamento. Os resultados demonstraram que houve melhora no desempenho de corrida principalmente na fase de aceleração.

Segundo os achados da revisão de Sáez de Villarreal, Requena e Cronin (2012) um programa de treinamento de exercícios de pliometria específicos para corrida pode melhorar a *performance* de *sprint* até distancias de 0-40m. Os resultados sugerem que os atletas que estão acostumados a realizar corridas em distâncias de até 40m pode potencialmente incrementar a capacidade de *sprint*, especialmente durante a fase de aceleração inicial, adicionando-se os exercícios de pliometria específicos para corrida durante o processo de treinamento.

Em relação a agilidade, o tempo para completar o teste de agilidade 505 diminuiu após um TP segundo o estudo de Thomas et al. (2009). No qual, os autores propuseram comparar duas técnicas diferentes do TP (SJ e CMJ), observando-se que ambos os grupos apresentaram ganhos em relação a capacidade de acelerar e também mudar de direção.

Outro ponto importante a ser considerado são as características dos programas de TP, que por sua vez, podem influenciar nos resultados finais. Por exemplo, duração do programa, frequência, intensidade, tipos de saltos, o número de saltos por sessão e o tempo de recuperação entre as séries.

Estudos recentes evidenciaram que de 6 a 14 semanas os programas de TP são eficientes para melhorar a *performance* física (velocidade de deslocamento cíclica, agilidade e a força de salto). Sobre a frequência de estímulos, existe uma variabilidade entre 1 a 4 vezes por semana, mas de 3-4 sessões para se atingir os melhores resultados, como também, um programa com mais de 18 sessões são eficientes para melhorar a capacidade de velocidade. Outra característica é o tipo de saltos que são, basicamente, os saltos horizontais, verticais e os específicos para a corrida. Já a intensidade é muito difícil em ser relatada, pois requer o registro da altura dos saltos durante o treinamento. No tocante ao volume de saltos, alguns estudos têm utilizado a estratégias de incremento do número de saltos ao longo do programa de treinamento, de forma que aparentemente, 80 saltos por sessão parecem ser suficientes para induzirem benefícios ao desempenho motor. Finalmente com relação ao intervalo, 2 a 3min. de recuperação entre as séries tem sido indicado no sentido de permitir a recuperação dos estoques de substratos energéticos de repouso (MICHAILIDIS, 2014).

Muitos estudos têm sido dedicados ao desenvolvimento da *performance* dos saltos, principalmente do SV, pois o SV é uma ação que correlaciona com o desempenho de outras capacidades motoras (*i.e.* velocidade) e que são vistas em diversas modalidades esportivas (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). De forma que parece ser consenso de que o TP é um tipo de TF com o objetivo de melhorar a capacidade de SV e por consequência a força muscular (MARKOVIC, 2007).

Na meta análise de Markovic (2007) proporcionou-se uma estimativa dos efeitos do TP na altura do SV com base numa amostra de tamanho significativo, o que, caso contrário, pode ser difícil de conseguir em estudos individuais. Os resultados deste estudo sugerem que o TP melhora significativamente a altura do SV e que o efeito da média varia de 4,7% (ES = 0,44, isto é, efeito pequeno) a 8,7% (ES = 0,88, ou seja, o efeito de grande) dependendo do tipo de SV medido. Já numa revisão mais recente, a maioria dos estudos tem mostrado que o TP melhora o desempenho do SV de 5 a 35% em indivíduos destreinados e de 6 a 13% em sujeitos treinados (PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013).

No estudo de Gehri et al. (1998) verificou-se três diferentes técnicas de pliometria (SJ, CMJ e salto em profundidade) em relação a *performance* física e a produção de energia após 12 semanas de treinamento em adultos. Os dados demonstraram que houve incrementos significativos sobre o SV em todos os grupos.

Em outro estudo que corrobora com esses achados, Fernandez-Fernandez et al. (2015) objetivou-se analisar os efeitos de oito semanas de TP (16 sessões) combinado com treinamento especifico de tênis. Os resultados mostraram que houve melhora significativa em todos os testes relacionados a *performance* física, especialmente o SV.

Contudo, ainda não existe consenso na literatura sobre a elaboração de programas de TP. Uma vez que, é importante compreender as variáveis do treinamento (*i.e.* duração do programa, frequência, volume e entre outras) e sua interação, pois, estas características podem influenciar os efeitos relacionados a *performance* atlética (FATOUROS et al., 2000).

Finalmente, pode-se dizer que é estabelecido na literatura que o TP é um tipo de treinamento que melhora a eficiência do CAE (ALLERHEILIGEN, 1994). Ademais, é bem documentado que o TP promove efeitos positivos sobre a *performance* atlética em indivíduos saudáveis e atletas (HOLCOMB et al., 1996). Portanto, é plausível prescrever programas de TP com o objetivo de melhorar o desempenho durante corridas de velocidade, especialmente de curtas distâncias (0-40m), agilidade e o SV. Geralmente, estas respostas são atribuídas as adaptações mecânicas e neuromusculares, afetando e proporcionando a eficiência do CAE (HARRISON; KEANE; COGLAN, 2004).

Em suma, nota-se que o TP é um tipo de treinamento complexo que induz a adaptações musculoesqueléticas e que pode ser usado em melhorar a força explosiva, sabendo respeitar as características desse treino, os resultados são eficientes em melhorar o condicionamento físico e a *performance* atlética.

3.1.1 Treinamento pliométrico e o dano muscular

O TP consiste, basicamente, da combinação das ações musculares excêntricas e concêntricas e que juntas realizam um tipo de função muscular natural denominado CAE. Com isso, as ações excêntricas estão presentes no TP, logo, é bem documentado na

literatura que tais ações musculares induzem a alguns sintomas, como por exemplo, a diminuição da força muscular e da amplitude de movimento, perturbações do sarcolema e da matriz extracelular, sinalização celular, dor muscular de início tardio, bem como aumento dos níveis dos marcadores indiretos de dano muscular no sangue. Particularmente, esses sintomas são vistos com maior intensidade, quando os participantes não estão acostumados com este tipo de exercício (AURA; KOMI, 1986; CLARKSON; SAYERS, 1999; JAMURTAS et al., 2000). Além disso, o estudo de Proske et al. (2003) demonstra que a presença da dor muscular de início tardio pode ser um fator contribuinte para as mudanças no controle motor.

O estudo de Twist, Gleeson e Eston (2008) mostrou que após a realização de 200 saltos de CMJ aumentou a dor muscular entre as 24 horas e 72 horas pós exercício. Este resultado corrobora com outros estudos anteriores que observaram essa mesma resposta da dor muscular seguida de um exercício baseado em ações excêntricas (CLEAK; ESTON, 1992; NOSAKA, K.; CLARKSON, 1997).

Ainda sobre o estudo de Twist, Gleeson e Eston (2008), observou-se decréscimos do desempenho de força isocinética após o TP, dados esses corroborados por estudos prévios (BYRNE; ESTON; EDWARDS, 2001; DESCHENES et al., 2000). Estes achados fornecem evidências indiretas que o dano muscular está presente após uma sessão de TP.

O estudo de Tofas et al. (2008) propôs uma sessão intensa pliometrica, foram feitas avaliações dos biomarcadores 7 dias antes e 24, 48 e 72 horas pós exercício. A CK apresentou aumentos nos momentos 48 e 72 horas pós exercício, enquanto que a LDH incrementou 24, 48, 72 horas pós exercício. Complementarmente, houve acréscimo da dor muscular de início tardio após 48 horas a realização do treino. Concluindo que um exercício intenso pliométrico leva ao dano e a dor muscular.

O dano muscular pode ser induzido pelo stress metabólito e/ou mecânico (TEE; BOSCH; LAMBERT, 2007). No entanto, os fatores relacionados ao stress mecânico são considerados as principais causas do dano muscular (BRENTANO; MARTINS KRUEL, 2011). Nesse sentido, os efeitos da ação excêntrica sobre o dano muscular são gerados pelo maior pico do torque que reduz a ativação das unidades motoras, assim instalando um alto stress mecânico (ENOKA, 1996).

Demais fatores mecânicos, como a velocidade de execução, aumento da rigidez muscular, bem como, do tecido conjuntivo intramuscular e as mudanças no comprimento do músculo (sistema de filamentos intermediários), (PROSKE; MORGAN, 2001) conjuntamente com alguns fatores metabólitos, tais como, a depleção de substratos, o influxo de cálcio e as espécies reativas de oxigênio, influenciam na magnitude do dano muscular. (ALLEN; WESTERBLAD, 2001; TEE; BOSCH; LAMBERT, 2007). Ademais, tem sido sugerido que a magnitude do dano muscular e a perda da função muscular podem ser exauridos após uma sessão de exercícios excêntricos (MCHUGH et al., 1999.)

Portanto, o TP induz ao dano muscular e a dor muscular de início tardio, evidenciado por algumas mudanças decorrentes das ações excêntricas presentes neste tipo de treinamento. Nesse sentindo, treinadores e preparadores físicos devem estar atentos as respostas adaptativas dos exercícios pliométricos e o seu respectivo tempo de recuperação entre os estímulos. Vale ressaltar ainda que, a dor muscular tardia não necessariamente correlaciona com os outros marcadores indiretos de dano muscular (i.e. força muscular, amplitude do movimento, medidas de circunferência, CK e LDH).

Em alternativa aos TF de alta intensidade, pesquisadores tem buscado outros tipos de treinamento eficazes para o aumento da *performance* atlética, principalmente em relação ao aumento da força muscular. Desta maneira, o modelo de treino baseado na RFS em combinação de cargas baixas quando comparado ao TF tradicional tem demonstrado grande relevância na área científica, além de induzir a incrementos significativos de força e hipertrofia muscular (TAKARADA et al., 2000a).

3.2 Treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo

Exercícios de força de alta intensidade (i.e., 60-100% de 1RM), até hoje, ainda são preconizados pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (*American College of Sports Medicine* - ACSM) (ACSM, 2009) para aqueles indivíduos que tenham o objetivo de ganhos de força muscular e aumento do tamanho do músculo sob condições normais. Ademais, é um tipo de treinamento eficiente para o aumento dos mecanismos de *stress* do sistema muscular, no qual se torna um estímulo importante para o incremento da

síntese proteica e subsequentemente obter a hipertrofia muscular e ganhos de força (CHESLEY et al., 1992).

No entanto, cientistas tem procurado alternativas de baixa intensidade tal como o treinamento com RFS, também conhecido como *"Kaatsu Training"*. A concepção do treinamento com RFS teve sua origem por volta dos anos 40 e foi popularizado no Japão pelo Yoshiaki Santo entre os anos de 1970 a 1980. (SATO, 2005).

Diversos estudos têm utilizado a estratégia de realizar os exercícios de força com intensidade relativamente baixa (i.e. 20-50% de 1-RM) com a RFS por aparelhos pneumáticos convencionais, tiras elásticas e até mesmo torniquetes que possuem um sistema automático de regulação da pressão (LAURENTINO et al., 2008; LOENNEKE et al., 2012; YASUDA et al., 2011). Esse aparelho externo é posicionado na região proximal do membro exercitado. Comumente, esse tipo de treinamento tem sido aplicado em diversas populações, como em atletas (SCOTT et al., 2015), adultos saudáveis (TAKARADA et al., 2000), idosos (VECHIN et al., 2015), pacientes com algum tipo de doença (PINTO; POLITO, 2015) ou em processo de reabilitação (LEJKOWSKI; PAJACZKOWSKI, 2011) e até mesmo em astronautas (LOENNEKE; PUJOL, 2010). Nota-se que este modelo de treinamento tem mostrado produzir ganhos de força e hipertrofia muscular em diversas populações. Assim, esses achados sugerem que o TF de baixa intensidade com RFS tem um amplo potencial de aplicação, além de que, poderia ser um método alternativo, vantajoso, seguro e útil na promoção da força e hipertrofia muscular (WERNBOM; AUGUSTSSON; RAASTAD, 2008).

Este tipo de treinamento tem mostrado resultados similares aos treinamentos realizado em alta intensidade por meio da variedade de mecanismos, especialmente, propostos pelo autor Loenneke e colaboradores (LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, 2010; LOENNEKE et al., 2011; LOENNEKE et al., 2011).

Entretanto, esses mecanismos provenientes do TF-RFS ainda não estão claros quanto o treinamento de força tradicional, porém, alguns estudos têm demonstrado que o treinamento de baixa intensidade com RFS tem apresentado várias hipóteses para explicar suas adaptações, mas até o presente momento, não se tem uma resposta concisa sobre qual ou quais mecanismos sejam responsáveis pelas mudanças provenientes deste tipo de treinamento. Embora o mais provável seja que todos estes mecanismos contribuam, de

forma combinada, para tais respostas adaptativas frente a este estímulo (FUJITA et al., 2007; FRY et al., 2010; GUNDERMANN et al., 2012; GUNDERMANN et al., 2014).

Um dos primeiros mecanismos adaptativos propostos para o TF-RFS é o *stress* metabólico. Uma vez que, gera-se nos músculos da região ocluída durante o treinamento com RFS uma diminuição da oxigenação destes tecidos, ocasionando um acúmulo de metabólitos durante o exercício (TANIMOTO; MADARAME; ISHII, 2005; FRY et al., 2010). Ademais, tais níveis de *stress* metabólico são maximizados sob condições de hipóxia/isquemia como mostrou Takarada et al. (2000a).

Nesse sentido, alguns estudos têm mostrado que a hipóxia e a isquemia intramuscular estão associadas com os exercícios com RFS induzindo algumas respostas, como: maior taxa de hidrólise de ATP, depleção aumentada da PCr (SUGA et al., 2012), diminuição do pH intramuscular (SUGA et al., 2009) e incremento da concentração de lactato (TAKARADA et al., 2000b; TAKANO et al., 2005; FUJITA et al., 2007; FRY et al., 2010).

Especificamente, no estudo de Suga et al. (2009) verificou-se o metabolismo intramuscular durante o TF de baixa intensidade com RFS e, comparou-se com o TF de alta intensidade e TF de baixa intensidade sem a RFS. Os resultados mostraram aumentos do *stress* metabólico no músculo esquelético após a realização de 1 série com 60 repetições a 20% de 1-RM no exercício unilateral de flexão plantar comparando-a esse mesmo exercício sem a RFS. No entanto, encontrou-se similaridade com os dados do TF com alta intensidade.

No estudo de Fry et al. (2010) que após a realização de 4 séries de 75 repetições em ambas as condições com ou sem a RFS, encontraram valores de lactato plasmático similares durante o período de exercício, porém, o grupo ocluído permaneceu com os níveis de lactato elevados acima dos valores basais em 15, 30, 45 minutos após o final do treino e significantemente maiores do que o controle. Complementarmente, os estudos de Fujita et al. (2007) e Takarada et al. (2000a) observaram aumentos da concentração de lactato após uma sessão aguda de TF-RFS.

Outro fato que pode ser considerado, é o incremento da concentração de lactato e consequentemente dos prótons H^+ dentro da fibra muscular e/ou na corrente sanguínea,

poderiam exercer importantes efeitos no recrutamento de fibras musculares e nos níveis hormonais durante ou após o exercício físico com RFS (TAKARADA et al., 2000a).

A partir dos achados da literatura sobre o *stress* metabólico, percebe-se que esse mecanismo é elevado após uma sessão sob a condição com RFS. Sugere-se ainda, que esta adaptação é responsável sobre as respostas ao TF-RFS e que a partir dessa resposta primária ocorrem os mecanismos secundários e que em conjunto são associados aos ganhos de força e hipertrofia muscular (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Além deste mecanismo primário, o *stress* metabólico supracitado, parece que existem outras adaptações provenientes do TF-RFS. De acordo com a revisão de Pope, Willardson e Schoenfeld (2013) sugere-se que o inchaço celular é causado pela hiperemia reativa podendo ser um mecanismo comum presente em todas as formas de exercícios combinados com RFS que estimula outras adaptações musculares. Esse fenômeno conhecido como hiperemia reativa causado após o aparelho ser desinflado ocorre um aumento abrupto do fluxo sanguíneo, esse estado foi verificado no estudo de Gundermann et al. (2012) que após a realização de um treino de no total de 75 repetições divididos em 1 série de 30 repetições e 3 séries de 15 repetições a 20% de 1-RM com ou sem RFS. Os resultados revelaram que ocorrem respostas similares em ambas as condições, mas, deve ser ressaltado que este protocolo experimental foi aplicado em conjunto com o uso de um vasodilatador, entretanto, a diferença significante encontrada foi que na condição com RFS houve incrementos em relação a síntese proteica. Logo, existem poucas evidências sobre esse mecanismo adaptativo quando se trata do TF-RFS.

Outro mecanismo seria o controle neuromuscular, na qual durante um TF tradicional o recrutamento dos tipos de fibras em geral segue o princípio do tamanho ou de Henneman (1957). Em vista disso, no exercício físico com RFS, as unidades motoras de maiores limiares que inervam as fibras de contração rápida podem ser recrutadas mesmo realizando exercícios relativamente de baixa intensidade (LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2010).

O estudo de Moritani et al. (1992) observaram aumentos na frequência de disparos das unidades motoras e incrementos na amplitude de pico, que é consistente com maior recrutamento de unidades motoras de alto limiar em indivíduos que realizaram preensões manuais de maneira isométrica a 20% da contração voluntária máxima (CVM) em um

dinamômetro modificado de força de pressão manual por 2s de contração seguido de 2s de pausa durante um período de 4 minutos juntamente com RFS. Tal evidência poderia ser atribuída à fadiga muscular que pode alterar a ativação das unidades motoras e o recrutamento ordenado das fibras musculares de acordo com o princípio de Henneman (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013).

Yasuda et al. (2006) encontraram que no exercício supino reto composto por 4 séries, sendo a primeira de 30 repetições seguidas por 3 séries de 15 repetições com 30s de intervalo, a 30% de 1RM, os indivíduos que realizaram o exercício com RFS nos membros superiores a uma pressão de 100% da pressão sistólica, obtiveram aumento na atividade eletromiográfica tanto no músculo tríceps braquial, quanto no músculo peitoral maior quando comparados ao grupo que realizou o mesmo exercício sem RFS. Ainda, com o intuito de determinar a intensidade relativa do exercício, os autores observaram que na terceira série de 15 repetições, o eletromiograma integrado (iEMG) médio normalizado para o percentual de 1-RM ficou em 60-70% para o tríceps braquial e peitoral maior no grupo ocluído, enquanto na situação sem RFS esta variável ficou em torno de 50% para ambos os músculos.

Takada et al. (2012) verificaram que os participantes que mostravam altos níveis de *stress* metabólico apresentavam maiores tendências de recrutamento de unidades motoras rápidas em relação aos outros sujeitos que tinham menores adaptações metabólicas intramusculares.

Ademais, o aumento da ativação muscular na condição com RFS seria uma consequência do transporte inadequado de oxigênio para as fibras musculares de contração lenta e o pelo *stress* metabólico instalado durante a execução do exercício. Assim, esse estado aumentaria a participação de metaborreceptores periféricos que estimulariam a via simpática nervosa muscular, aumentando o recrutamento de fibras musculares (LAURENTINO, 2010). Por meio dessa estimulação do grupo III e IV aferentes, resultam em um incremento da participação das unidades motoras compostas por fibras do tipo II para manter a produção de força entre as séries de exercícios de força e proteger contra as falhas de condução elétrico-química (MORITANI et al., 1992; TAKARADA et al., 2000a; YASUDA et al. 2010). De acordo com esses achados supracitados, pode-se especular sobre os fatores explicativos do controle neuromuscular.

Entretanto, dois estudos sobre o efeito agudo do controle neuromuscular não mostraram diferenças na atividade eletromiográfica quando comparado o estado com e sem RFS. O primeiro estudo é de Wernbom et al. (2009) onde consistia de uma amostra de atletas de diversas modalidades e que apresentavam experiência no treinamento de força convencional. O protocolo experimental baseou-se na execução de três séries no exercício de extensão de joelhos unilateral a 30% de 1RM com ou sem RFS até a falha. Os resultados evidenciaram que não houve diferença no aumento da ativação muscular entre as condições com ou sem RFS. Já o segundo estudo é o de Karabulut et al. (2006) em que os autores verificaram na condição experimental e depois de 48 horas na condição controle a ativação muscular dos músculos extensores do joelho. Na primeira condição os participantes fizeram 5 séries de 20 contrações isométricas intermitentes, na cadência de 2s contraído e 1s relaxado, a 20% da CVM com RFS. Em relação à segunda condição, foi realizado o mesmo procedimento de treino, mas sem RFS. Os resultados deste estudo evidenciaram que a ativação muscular não foi diferente entre as duas condições.

Cronicamente, tem sido demonstrado que o treinamento de força de baixa intensidade com RFS promove um aumento significativo na atividade eletromiográfica de superfície medida por meio da *root-mean-square* (RMS) para a CVM em 3s e 30s, além de promover uma diminuição substancial, ao redor de 11-14%, do percentual da RMS relativo ao teste de CVM em 3s no teste de resistência com uma carga de 20% de 1RM (MANIMMANAKORN et al., 2013). Estes resultados levaram os autores a sugerirem que o treinamento de força com RFS poderia promover um aumento no número de unidades motoras recrutadas e/ou um aumento na frequência de disparos, conforme observado no comportamento da RMS nas CVMs de 3 e 30s; e um menor recrutamento de unidades motoras ou disparos de motoneurônios necessários para realizar uma mesma tarefa relativa.

Por outro lado, dois estudos que observaram o efeito da ativação muscular de forma crônica relataram que não houve diferença significativa para o grupo muscular que treinou com RFS e aquele sem RFS. O primeiro estudo foi de Kubo et al. (2006) que verificaram a ativação muscular do músculo do quadríceps femoral em nove adultos jovens após 12 semanas de trabalho, sendo os três treinos por semana, no exercício de extensão dos joelhos com carga de 20% de 1RM. Assim, não houve mudança nos resultados do músculo analisado entre as condições com RFS e sem RFS. Em relação ao segundo estudo, os pesquisadores observaram a ativação muscular de diferentes grupos

musculares em jovens sem experiência com o treinamento de força. A metodologia desse estudo constituía na aplicação do treinamento de força com baixa intensidade (50% de 1RM) com ou sem RFS por oito semanas. Os resultados mostraram que não houve diferença significante na ativação dos músculos flexores do cotovelo entre a condição de RFS e sem RFS.

Um outro potencial mecanismo adaptativo discutido na literatura é sobre a função dos hormônios anabólicos sistêmicos relacionados ao TF-RFS. Vários estudos utilizando o treinamento de força de baixa intensidade com RFS verificaram que uma sessão aguda promove aumento na concentração do GH (TAKARADA et al., 2000b; TAKARADA; TSURUTA, T.; ISHII, 2004; PIERCE et al., 2006; FUJITA et al, 2007; MADARAME et al., 2008; FRY et al., 2010).

Apresentando como exemplo específico, o estudo de Kim et al. (2014) realizou uma sessão de treinamento que constituía de 1 série de 30 repetições e mais 3 séries de 15 repetições a 20% de 1-RM e verificaram que ocorrem acréscimos significativos sobre a concentração de GH.

Fry et al. (2010) demonstraram que o grupo ocluído obteve diferenças significantes nos níveis de hormônio do crescimento (GH) tanto com relação aos valores de base como para o grupo controle em 15 e 30 minutos após o esforço. Sugerindo ainda que os *cuffs* utilizados durante a RFS podem realmente provocar um represamento dos metabólitos dentro das fibras musculares, desencadeando um estímulo para que ocorra a secreção de GH.

Inagaki et al. (2011) observaram que após um estímulo com eletroestimulação, o nível de lactato sanguíneo somente se elevou após a restauração sanguínea, sendo que no experimento sem RFS, o lactato no sangue encontrava-se elevado imediatamente após o estímulo. Ainda, os valores de GH somente se elevaram significantemente na situação com restrição da circulação de sangue. Este dado corrobora com a hipótese da estimulação das vias aferentes para o aumento da secreção de GH, podendo explicar em partes o incremento observado em diversos estudos.

Alguns estudos têm falhado na tentativa de verificar aumento na concentração de IGF-1 após um treinamento de força com RFS (FUJITA et al., 2007; FRY et al., 2010). Yasuda et al. (2010) não observaram alterações significantes nos níveis séricos deste fator

de crescimento. Adicionalmente, não foi demonstrado aumento na expressão de IGF-1 no músculo plantar de ratos que foram submetidos à RFS crônica de forma cirúrgica (KAWADA; ISHII, 2005).

Alguns pontos podem explicar as discrepâncias entre as respostas de IGF-1 observadas nos estudos com RFS. Primeiramente, os estudos que analisaram de maneira aguda a resposta de IGF-1 após o treinamento de força de intensidade baixa com RFS analisaram um curto intervalo de tempo, que se estende de imediatamente após o treino a 3 horas após o estimulo. Este período de tempo pode ser insuficiente para que se notem alterações significantes nos níveis de IGF-1 plasmático, pois, conforme dito anteriormente, o IGF-1 circulante é predominantemente hepático e este é sintetizado pelas células hepáticas em resposta á estimulação de GH, um processo que leva entre 8 e 30 horas (McARDLE; KATCH F. L.; KATCH, 2003).

Outro ponto que deve ser considerado é que os exercícios de baixa intensidade podem não impor uma carga mecânica suficientemente intensa para estimular a expressão destes fatores por parte das células musculares, o que poderia ajudar a explicar o não aumento da síntese de IGF-1 no estudo de Kawada e Ishii (2005).

Adicionalmente, TF de baixa intensidade com RFS induz ao aumento significativo de até 4 vezes mais em relação ao GH quando se comparou com o TF a 70% de 1-RM sem RFS. No entanto, parece não existir efeitos sobre a testosterona total, testosterona livre ou o cortisol (REEVES et al., 2006). De acordo com a revisão de Loenneke et al. (2011) não se observa aumentos notáveis de testosterona endógena para acontecer a hipertrofia muscular. Aparentemente, respostas agudas e crônicas da testosterona durante os exercícios de força com RFS representa ser um aspecto mínimo necessário para o favorecimento de acréscimos da massa muscular.

Algumas das respostas do aumento da massa muscular são condicionadas pelo fator de crescimento por meio da sinalização intracelular, mudança ocasionada no ambiente local e, no caso do TF de baixa intensidade com RFS, um dos motivos é o estado de hipóxia/isquemia e entre outras respostas (WERNBOM; AUGUSTSSON; RAASTAD, 2008).

Assim, alguns estudos têm analisado a atividade da *mammalian target of rapamcyin* (mTOR) (FUJITA et al., 2007; FRY et al., 2010; GUNDERMANN et al.,

2012; WERNBOM et al., 2013; GUNDERMANN et al., 2014; OZAKI et al., 2014), atividade de algumas proteínas e/ou a expressão do RNA mensageiro (mRNA) (WERNBOM; AUGUSTSSON; RAASTAD, 2008; LARKIN et al., 2012) de proteínas específicas relacionada essa via e de seus alvos antes e após de uma sessão ou de um programa de exercício físico com ou sem RFS.

O primeiro estudo sobre essa temática é o de Fujita et al. (2007), na qual adultos jovens saudáveis e fisicamente ativos foram separados em dois grupos que realizaram o exercício de extensão de joelhos bilateral a 20% do 1RM com ou sem a RFS. Os principais resultados deste estudo mostraram que 3 horas após a realização dos protocolos de exercício, o grupo com RFS apresentou um aumento significativo na fosforilação da proteína S6 kinase (S6K1), marcador de regulação de início da transladação celular, e diminuição da fosforilação do fator eucariótico de início de tradução 2, gerando um aumento de 46% da síntese proteica muscular comparando-os o grupo com RFS e sem RFS.

O segundo é o de Fry et al. (2010), que estudaram sete idosos com média de 70 anos. O primeiro grupo fez o protocolo de exercício, este mesmo protocolo do estudo supracitado, com RFS e o segundo, o grupo controle, na qual efetuou-se o mesmo protocolo de exercício sem a RFS. Os resultados mostraram que houve aumento significativo após 1 hora e 3 horas do exercício na densidade da proteína S6K1 no sítio Thr389 no grupo exercício com RFS, o que resultou, especialmente em um incremento de 56% na síntese proteica muscular no grupo exercício com RFS, enquanto que o grupo controle não apresentou aumentos na síntese proteica muscular. Outro interessante dado, é que houve incremento na fosforilação da ERK1/2 e da Mnk1 no grupo exercício com RFS, o que indica que ocorreu uma ativação simultânea de ambas as vias de sinalização concorrentes como a mTORC1 e a m*itogen-activated protein kinases* (MAPK), uma via importante que age como regulador da iniciação da transdução celular. Tal resposta parece ser necessária afim de maximizar a resposta no aumento da síntese proteica muscular após o exercício e parece que o exercício combinado com RFS é capaz de sinalizar ambas as vias musculares em idosos.

O terceiro estudo é o de Wernbom et al. (2013) no qual foram observados incrementos nos valores de fosforilação da proteína S6K1 no sitio Thr389 após 1 e 24 horas após o exercício no grupo com RFS, porém, no grupo controle também foi

verificado acréscimo após 24 horas do exercício. Em relação, a fosforilação da Mtor, não foram constatadas alterações em relação ao basal em ambos os grupos.

O quarto e último estudo é o de Gundermann et al. (2012) a qual corrobora com todos os estudos supracitados, investigou-se jovens adultos saudáveis e fisicamente ativos em duas condições (com ou sem RFS). Foi realizada uma sessão de treinamento de força na cadeira extensora de joelhos bilateral a uma carga de 20% de 1-RM com um total de quatro séries de 30, 15, 15 e 15 repetições, respectivamente, com 30s de intervalo entre as séries. Os resultados demonstraram incrementos na fosforilação da proteína S6K1 no sitio Thr389 após três horas, e o mesmo efeito para a via de sinalização da mTOR na condição exercício com RFS. Por consequência, o efeito foi apresentado por meio de um aumento de 49% na taxa de fração da síntese proteica no grupo que treinou com RFS.

Logo, parece ser aceitável que exista uma ligação entre a liberação do GH e a transdução de proteínas, uma vez que nos estudos com exercício com RFS, o valor de GH imediatamente após uma sessão é incrementado em aproximadamente de 290 vezes o valor basal (TAKARADA et al., 2000b), sugerindo uma associação entre o GH e o aumento da síntese proteica muscular. No entanto, essas suposições ainda não estão claras, ademais, ainda não existe estudos que relacionem o GH ao aumento da atividade da síntese proteica muscular quando aplicado o treino de força de alta intensidade.

Uma outra possível explicação para o acréscimo da S6K1 seria o aumento da ativação das unidades motoras das fibras tipo II após uma sessão de treinamento com RFS (KOOPMA et al., 2006). Complementando, o acumulo de metabólitos, devido a diminuição da magnitude do pH devido ao aumento dos íons H^+ e acúmulo de lactato, nessa perspectiva de condição possa a ter papel importante em gerar incremento do número de unidades motoras e frequência de disparo das fibras tipo II, levando ao aumento representativo da proteína S6K1 (FUJITA et al., 2007).

Tem sido sugerido também que o treinamento com RFS afeta a regulação da miostatina (LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2010; POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013). De fato, já se tem documentado em ratos, que foram submetidos à restrição crônica do fluxo venoso, uma diminuição do conteúdo de miostatina no músculo plantar (KAWADA; ISHII, 2005) e uma diminuição na expressão de RNAm em humanos após treinamento de baixa intensidade ocluído (DRUMMOND et al., 2008;

LAURENTINO et al., 2012) e sem RFS (DRUMMOND et al., 2008). Apesar do conhecimento do papel da miostatina na regulação do crescimento muscular, muitos detalhes dos mecanismos moleculares de suas ações são pobremente conhecidos (ELKINA et al., 2011).

Laurentino et al. (2012) analisaram a expressão de RNAm de diversos genes envolvidos na sinalização da miostatina, encontrou-se uma diminuição desta variável e um aumento para folistatina, proteína 3 semelhante a folistatina, proteína sérica associada a fator de diferenciação e crescimento 1 (GASP-1) e proteína relacionada a MAD (SMAD-7) após oito semanas de treinamento de força de baixa intensidade com RFS. A miostatina exerce seu efeito inibitório sobre o crescimento muscular através da sua ligação com o receptor de actínia IIA ou IIB, sendo a afinidade pela segunda maior que a primeira, e promovendo a ativação, através de fosforilação, das SMAD-2 e SMAD-3 seguido pela oligomerização com a SMAD-4, permitindo a formação de um complexo que é translocado para dentro do núcleo onde regula a transcrição de genes, tais como a MyoD (um fator transcricional que está envolvido no desenvolvimento do músculo esquelético e participa no reparo de musculatura esquelética danificada) (ELKINA et al., 2011; KOLLIAS; McDERMOTT, 2008).

Algumas SMADs (SMAD-6 e SMAD-7) atuam como contra reguladores dos sinais das TGF-ßs, funcionando assim como um mecanismo de *feedback* negativo (ELKINA et al., 2011; KOLLIAS; McDERMOTT, 2008). Portanto, estes fatores inibitórios quando expressados e/ou ativados em maiores quantidades, juntamente com a diminuição da concentração e/ou atividade da miostatina podem levar a um aumento no desenvolvimento muscular, podendo ter papel importante nas respostas adaptativas similares entre o treinamento convencional de alta intensidade e o treinamento com RFS de baixa intensidade (LAURENTINO et al., 2012). Contudo, o estudo de Laurentino et al. (2012) analisou-se apenas a expressão de RNAm de genes envolvidos na via de sinalização da miostatina e não na expressão destes componentes e sua atividade propriamente dita.

Apesar de ser um tema bastante estudado nos dias atuais, o TF-RFS apresenta efeitos positivos, mas, ainda necessita de muitas investigações para esclarecimento dos seus reais potenciais mecanismos e das suas respostas adaptativas. Além disso, deve-se ter atenção com os resultados pois, existem diversos protocolos experimentais

divergentes na literatura. Na qual, os autores modificam as variáveis do treino, como, por exemplo, intensidade, volume, frequência, exercícios, diferentes aparelhos e níveis de oclusão e até mesmo a amostra. Dessa forma, é plausível ter cuidados no momento de aplicação do TF de baixa intensidade com RFS com o objetivo de ganhos de força e hipertrofia muscular.

3.2.1 Treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo e o dano muscular

Tradicionalmente, o TF de alta intensidade está associado com o dano muscular, inflamatório e a dor. Sabe-se que o dano muscular está identificado pelo rompimento do sarcolema, tecido conectivo, túbulos T, retículo sarcoplasmático e pelas modificações causadas nos elementos contráteis e no citoesqueleto (PEAKE; NOSAKA; SUZUKI, 2005; LIXANDRÃO, 2015). No entanto, pesquisas sobre o dano muscular após o TF de baixa intensidade com RFS ainda são inconclusivos (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013).

O primeiro estudo que analisou o TF de baixa intensidade com RFS sobre as respostas inflamatórias foi o de Takarada et al. (2000b). Os autores aplicaram um treino de baixa intensidade com (em média, 5 séries com 14 repetições a 20% de 1-RM, na qual, cada sujeito realizava as séries de repetições até a exaustão) ou sem RFS (controle). Foram mensuradas as concentrações da interleucina-6 (IL-6) e da atividade da CK, entre outras variáveis, antes e após o exercício. As concentrações de IL-6 mostraram um acréscimo significativo do min. 30 até o min. 120 de forma gradual, e depois houve redução, porém, ainda se observava que os níveis continuaram elevados após 24 horas do exercício no grupo que treinou com RFS e também, quando se comparou os grupos, o grupo experimental apresentava os maiores valores de IL-6 do que o grupo controle. Para atividade da CK não houve nenhuma mudança significativa entre os momentos.

Demais estudos, como o de Wilson et al. (2013) e o de Umbel et al. (2009), também indicaram que não há mudanças em relação ao dano muscular. No primeiro estudo, os participantes desempenharam 4 séries, sendo a primeira série de 30 repetições e as outras 3 séries de 15 repetições a 30% no exercício leg press com ou sem RFS.

Observa-se que não houve diferença entre as condições (com ou sem RFS) sobre a dor muscular, assim, segundo estes autores sugere-se que não ocorre dano muscular no exercício de força de baixa intensidade com RFS.

No segundo estudo, foi realizada uma sessão com 3 séries a 35% de 1-RM até a exaustão no exercício de extensão de joelho unilateral, na cadência de 2s na concêntrica/2s na excêntrica. Os resultados mostraram que houve aumento significativo na escala de dor em ambos os grupos até 96 horas (24 e 48 horas) pós exercício, com diferença significativa entre os grupos no momento 24 horas, em contrapartida, não foram encontradas diferenças nos demais momentos. Assim, pode-se dizer que aumentou significativamente as taxas de dor por meio do exercício com RFS até a falha, porém tal fato, não suporta a hipótese que ocorre dano muscular durante a realização de um exercício com RFS. Outra parte deste mesmo estudo, demonstra incrementos da dor muscular após a realização da ação muscular concêntrica e excêntrica com RFS. Diferenças foram encontradas entre as duas ações, no momento 24 e 48 horas pós exercício, demonstrando que a fase concêntrica com RFS realizada até a exaustão apresenta maior dor do que a ação muscular excêntrica. Dessa maneira, pode-se concluir que mudanças ocorrem quando se compara as condições concêntricas e excêntricas, entretanto, parece que não foi encontrado dano muscular quando houve a separação das ações musculares.

De acordo com o estudo de Wernbom et al. (2012) objetivou-se investigar a função muscular e a morfologia fibrilar após um exercício de baixa intensidade com e sem RFS. Os sujeitos realizaram 5 séries até a exaustão a 30% de 1-RM no exercício de extensão de joelhos. O achado mais interessante foi que na condição com RFS revelou os maiores níveis plasmáticos da proteína tetractina após 24 horas do exercício, exibindo que aumentou a permeabilidade sarcoplasmática, juntamente com decréscimos na CVM em ambas as condições. Além disso, os dados da dor muscular e da proteína tetractinia indicam que alguns danos ocorrem também na condição sem RFS. Dessa maneira, nota-se que o treino sem RFS também mostrou incrementos sobre a proteína tretactinia. Estes dados corroboram com o estudo de Umbel et al. (2009) que foi reportado que a dor muscular aumenta e a força muscular diminui imediatamente após o exercício, sugerindo que a isquemia eleva a suscetibilidade do trabalho muscular de modo que o exercício não se torne prejudicial. Ademais, outro fator explicativo seria que as ações excêntricas são ações mais inerentes do regime de treinamento de força muscular dinâmica com RFS.

Entretanto, deve-se ter a cautela de determinar a eficácia da proteína tetractinia na quantificação do dano muscular (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013).

Estudos mais recentes, como o de Thiebaued et al. (2014) compararam as contrações musculares excêntricas dos flexores dos cotovelos com ou sem a RFS sobre as mudanças dos marcadores indiretos de dano muscular. A sessão era a composta por uma série com 30 repetições e mais três séries de 15 repetições a 30% de 1-RM, a cadência na fase excêntrica era de 2s. Os resultados mostraram que houve diminuição significativa da CVM imediatamente após, porém, não houve diferenças significativas entre os momentos pré e 1, 2, 3 e 4 dias após o TF. O mesmo autor Thiebaued et al. (2013) em um estudo anterior, propôs uma sessão com similares métodos, alterando a cadência de 1,5s na concêntrica e também na excêntrica. Também foi relatado decréscimo significativo da CVM imediatamente após o treino em ambas as condições, mas, com os maiores decrescimentos na condição com RFS. Os dados evidenciaram que não existiu diferença significativa sobre a dor muscular quando se comparou o pré com 24, 48, 72 e 96 horas pós exercício, sugerindo que as alterações relacionadas a outras variáveis (i.e. força muscular) foram agudas e que supostamente o dano muscular não se altera.

Por outro lado, um estudo que reportou altos níveis de CK e extrema dor muscular individual entre 48 e 96 horas pós exercício de força de baixa intensidade com RFS. Sendo assim, o estudo de Iversen e Røstad (2010) é o primeiro a apresentar dados de dano muscular sobre a condição TF-RFS, curiosamente, observa-se que os níveis de CK foram tão altos que se sugere que houve a instalação de um quadro de rabdomiólise.

De acordo com os estudos levantados, é aceitável assumir que na literatura ainda há discordâncias entres os resultados encontrados. Em geral, os estudos não sustentam que o TF de baixa intensidade com RFS aumenta a incidência de dano muscular. Além disso, existem evidências que não ocorre incrementos dos biomarcadores sanguíneos de dano muscular, e as taxas de dor muscular são similares entre as condições de TF de baixa intensidade com ou sem RFS (LOENNEKE; THIEBAUD; ABE, 2014).

No entanto, a dor muscular não é necessariamente bem correlacionada com os marcadores de dano muscular incluindo a força máxima isométrica, medidas de circunferência e níveis de CK plasmático (NOSAKA; NEWTON; SACCO, 2002). Nesse

sentindo, até o presente momento, sugere-se que o dano muscular seja um dos mecanismos inerentes as respostas adaptativas do TF-RFS.

4. MÉTODOS

4.1 Amostra

Este estudo contou com 20 participantes fisicamente ativos do sexo masculino, que não estavam envolvidos com qualquer tipo de TF durante o programa de treinamento proposto pelo estudo, que não apresentassem histórico de lesões que impediam a realização do protocolo experimental e também, não apresentassem histórico de doença coronariana ou hipertensiva. Para caracterização dos participantes foram coletados os dados da composição corporal: idade, massa corporal e estatura (TABELA 1).

Os participantes foram alocados por conveniência em dois grupos, grupos estes definidos como treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo (TP-RFS) e treinamento pliométrico (TP).

Todos os procedimentos do estudo, possíveis riscos e benefícios foram explicados aos participantes, que assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para participação (Apêndice A). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clinicas de Ribeirão Preto – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (n. 775.212) e está em acordo com a declaração de Helsinki.

TABELA 1. Média ± desvio padrão da idade cronológica, massa corporal e estatura dos grupos TP-RFS e TP.

Variáveis	Grupos	
	TP-RFS (n = 12)	TP (n = 8)
Idade (anos)	23,8 ± 5, 3	22,3 ± 3,3
Massa Corporal (kg)	79,4 ± 6,8	77,1 ± 9,1
Estatura (cm)	173,9 ± 3,7	175,2 ± 5,6

Nota: TP-RFS: treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo; TP: treinamento pliométrico.

4.2 Procedimentos experimentais

Antes de iniciar as sessões do programa de treinamento, os participantes foram submetidos a uma semana de aprendizagem do movimento (dois dias na semana). No primeiro dia os participantes foram familiarizados com os testes de SH unilateral e bilateral, SVs (SJ e CMJ) e o teste de 1-RM no agachamento guiado e no segundo dia com os saltos *hurdlle jumps* e os *drops jumps*, com o objetivo de praticar a técnica correta das ações musculares (saltos sobre as barreiras e quedas do caixote seguidas de saltos) para proporcionar uma prática adequada afim de maximizar a eficácia dos exercícios e diminuir o risco de lesões durante o programa de treinamento (BAECHLE; EARLE, 2010).

Posteriormente à primeira semana de aprendizagem do movimento, os participantes foram avaliados em três momentos: início do treinamento (pré), final de quatro semanas (durante) e ao final (pós) das oito semanas (16 sessões) de treinamento de TP com ou sem RFS. Os participantes foram submetidos a uma semana de avaliações: coleta de sangue, antropometria e testes de *performance* musculoesquelética (velocidade em 10m e 30m, teste T-40, SH unilateral e bilateral, SJ, CMJ e teste de 1RM). Também, foi determinada a pressão de RFS de treinamento pré e durante o programa de treinamento (FIGURA 1).

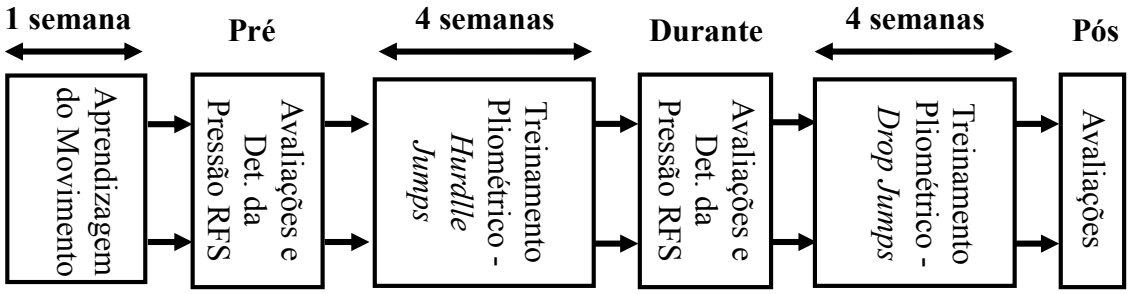

FIGURA 1. Esquema representativo dos procedimentos experimentais com oito semanas de treinamento (16 sessões).

A sequência de aplicação deste procedimento de coleta de dados (TABELA 2) foi padronizada em todas as avaliações, com o intuito de garantir os melhores desempenhos e o tempo de recuperação necessário. Todos os testes de performance musculoesquelética foram antecedidos pelo aquecimento padrão das sessões de TP.

TABELA 2. Sequência de aplicação dos procedimentos utilizados para a coleta de dados.

Primeiro Dia	**Segundo Dia**
Coleta de Sangue	Salto Horizontal Unilateral
Antropometria	Salto Horizontal Bilateral
Velocidade em 10m	*Squat Jump*
Velocidade em 30m	*Countermovement Jump*
Teste T-40	Teste de 1RM

4.3 Determinação da pressão de restrição do fluxo sanguíneo de treinamento

A determinação da pressão de RFS (mmHg) foi feita com a utilização de um esfigmomanômetro de pressão sanguínea personalizado (17,5cm de largura X 96,5cm de comprimento) (JPJ®, São Paulo, São Paulo, Brasil) e de um aparelho *doppler* vascular (DV-600, Marted, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil). Os participantes ficaram na posição ereta com esfigmomanômetro posicionado na região inguinal da coxa e o transdutor posicionado sobre a artéria tibial, próximo ao maléolo medial, assim o manguito de pressão foi insuflado até o ponto em que o pulso escultórico da artéria tibial deixasse de ser audível, dessa maneira, obtendo-se a pressão total de RFS (LAURENTINO et al.,

2008). Durante o programa de treinamento, foi utilizado uma RFS de 10% acima da obtida na avaliação afim de garantir a pressão total durante todo o momento de realização dos exercícios de saltos. O grupo TP-RFS teve uma pressão média de oclusão de 184,0 ± 12,80 mmHg no momento pré e 195,0 ± 23,19 mmHg no momento durante.

4.4 Determinação da velocidade de deslocamento cíclico

Para determinação da velocidade de deslocamento cíclico dos participantes foi aplicado o teste de velocidade de 10m e 30m. O participante foi posicionado atrás da linha de saída, aguardou o sinal do avaliador para dar início ao teste. Após o sinal, o avaliado correu a distância de 30 metros, em linha reta até a marca de chegada. Foram quantificados os tempos de ambas as distâncias: 10m e 30m.

O tempo de corrida em segundos foi mensurado utilizando três fotocélulas Fspeed (FEsistemas®, Sorocaba, São Paulo, Brasil). Foram realizadas duas tentativas com intervalo de 2-3 minutos entre as mesmas, de modo a considerar a média aritmética.

4.5 Determinação da velocidade de deslocamento cíclico-acíclico

Para determinação da velocidade de deslocamento cíclico-acíclico dos participantes foi aplicado o teste T-40, adaptado por Moreira et al. (2005). O participante avaliado, posicionado atrás da marca de saída-chegada, aguardou o sinal do avaliador para dar início ao teste. Após o sinal, o avaliado correu 10 metros, em linha reta, até o primeiro cone (cone do centro); após tocar a mão no cone do centro, mudava-se a direção para a esquerda, de forma rápida, em direção ao próximo cone posicionado a 5 metros do cone do centro; após o contato no cone da esquerda, o avaliado retornava-se na direção anterior, porém se deslocando até o outro cone do T, percorrendo então mais 10 metros (5 metros até o cone do centro mais 5 metros até o cone do lado direito); ao tocar no cone da direita, o avaliado retornou até o cone do centro, percorrendo uma distância de 5 metros e então finalizava o teste percorrendo mais 10 metros em direção à marca de saída-chegada, totalizando 40 metros com quatro paradas bruscas, seguidas de rápidas mudanças de direção.

O tempo de corrida em segundos foi mensurado utilizando-se o sistema de fotocélulas Fspeed (FEsistemas®, Sorocaba, São Paulo, Brasil). Foram realizadas duas tentativas com intervalo de 2-3 minutos entre as mesmas, de modo a considerar a média aritmética.

4.6 Determinação da *performance* de salto

Para inferir o comportamento da *performance* de SH, foram utilizados dois testes, o primeiro o SH unilateral e o segundo o SH bilateral saindo da posição parada.

O salto horizontal unilateral foi realizado saindo da posição parada. O avaliado iniciou o teste em pé, com um dos pés apoiado no chão e o outro levantado, com a ponta do pé atrás da linha de saída, ao sinal do avaliador o avaliado, flexionando ligeiramente o joelho e saltava a maior distância horizontal possível. O salto horizontal bilateral ocorreu quase da mesma maneira, porém ambos os pés do participante ficaram ligeiramente afastados e apoiados no solo, após o sinal do avaliador, realizava-se um movimento de balanceio dos braços como preparação para o salto, faziam um semi-agachamento e saltavam a maior distância possível. Estas distâncias foram medidas por meio de uma trena estendida fixada no solo a partir da linha de saída. Foram consideradas as distâncias em centímetros entre a linha de saída e o calcanhar mais próximo desta (MOREIRA; SOUZA; OLIVEIRA, 2003).

Os testes de SV foram realizados com o auxílio do equipamento *ergojump* – tapete ligado a circuitos eletrônicos que medem o tempo que o participante avaliado fica sem estar em contato com o equipamento durante a execução do salto (BOSCO et al., 1995). O tapete possui *softwares* que calculam a altura do salto em centímetros, potência absoluta em *watts* e a potência relativa em *watts*/Kg de massa corporal.

Para inferir o comportamento da *performance* dos SVs, foram utilizados dois testes, o primeiro foi o SJ e o segundo foi o CMJ.

No teste SJ, os participantes partiram de uma posição de semi-agachamento, em cima do tapete, com os pés paralelos e mãos nos quadris para neutralizar a ação dos membros superiores. Entretanto, o teste consiste em realizar um movimento de extensão dos joelhos até que essas articulações fiquem totalmente estendidas. Já no teste CMJ, foi

realizado o mesmo posicionamento dos pés e dos membros superiores do teste anterior, porém os indivíduos saíram da posição ereta e, executaram um movimento contínuo, semelhante ao agachamento, no qual houve um movimento de flexão e extensão dos joelhos, ou seja, com um momento de transição da fase descendente para a fase ascendente, na qual os segmentos articulares foram estendidos. Ambos os testes tiveram como objetivo saltar o mais alto possível (TOURINHO FILHO, 2001).

Os participantes avaliados realizaram três tentativas em cada tipo de salto (SH unilateral, SH bilateral, SJ e CMJ), de modo a considerar a média aritmética das duas melhores.

4.7 Determinação da força muscular máxima dinâmica de membros inferiores

O teste de 1-RM no exercício de agachamento com barra guiada foi realizado de acordo com orientações sugeridas por Fleck e Kraemer (2006): 1) 5 a 10 Repetições (40% a 60% da carga máxima prevista); 2) 1min. intervalo mais alongamento do grupo muscular avaliado; 3) 3 a 5 Repetições (60% a 80% da carga máxima prevista); 4) 2min. intervalo; 5) 2 a 3 Repetições (90% da carga máxima prevista); 6) 3min. a 5min. intervalo; 6) 1RM (100% da carga máxima prevista).

Para considerar o teste válido, era necessária a realização, sem auxílio, do movimento completo (fase excêntrica e concêntrica). Caso a carga relativa ao 1-RM não fosse obtida na primeira tentativa, repetia-se o teste mais uma vez após 3-5min. de descanso. Máximo de três tentativas por carga, caso contrário, o participante era orientado a retornar para uma próxima avaliação após 48 horas.

4.8 Antropometria

A determinação das dobras cutâneas foi realizada com um compasso da marca Harpenden® com capacidade de 80mm e precisão de 0,2mm. Foram avaliadas sete dobras cutâneas: triciptal, subescapular, peitoral, axilar médio, supra ilíaca, abdominal e região média da coxa. Cada dobra foi mensurada três vezes, sendo que o valor da mediana foi utilizado para o cálculo da densidade corporal pela equação de Jackson, Pollock e

Gettman (1978). Após a obtenção dos valores de densidade corporal, foi utilizada a equação de Siri para o cálculo da % de gordura e da massa magra (SIRI, 1961).

O protocolo para as medidas de circunferência do Colégio Americano de Medicina do Esporte (*American College of Sports Medicine* - ACSM) (ARENA, 2013) foi usado como base em todas as medidas de coxa. Assim, foi feita a medida de coxa medial, onde foi colocado uma fita métrica Lufkin® horizontalmente ao redor da porção mediana da coxa para obtenção da medida.

4.9 Análises dos marcadores indiretos de dano muscular

A coleta de sangue venoso foi realizada no mesmo local, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP-USP) e, sempre no início da semana. Tomou-se o cuidado de orientar os participantes a não realizarem exercícios físicos entre o período do último treino e a coleta de sangue, para garantir que não ocorresse uma possível alteração no resultado das amostras coletadas no início da semana, portanto, obteve-se um intervalo de no mínimo de 72 horas entre o último treino e a coleta de sangue. Foram coletados 10ml de sangue de cada participante, sendo essa quantidade armazenada em um tubo com anticoagulante. Por conseguinte, o sangue retirado foi imediatamente centrifugado a 3.500 rpm durante 15 minutos para obtenção do plasma. Após estes procedimentos, o plasma foi separado em alíquotas e imediatamente congelado a -80°C para posterior análise bioquímica (AQUINO, et al., 2016).

As atividades plasmáticas da CK e da LDH foram determinadas com *kits* comerciais da marca Vida-Biotecnologia® (Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil), que seguem o método proposto pela manufaturadora, que utiliza a inclusão de N-Acetil-Cisteína (NAC) na reação de forma a assegurar a total ativação de CK-MM (isoforma muscular). Os procedimentos de análises bioquímicas foram realizados a partir da junção da solução tampão (frasco de 2,5ml) a um reativo específico, deixando-os em banho-maria a 37°C por um minuto. Logo após, adicionou-se 20µl de plasma à solução reativa, deixando novamente a mistura em banho-maria a 37°C por mais um minuto. Imediatamente ao final desse um minuto, processou-se quatro leituras, esses momentos foram: imediatamente a colocação e um minuto de intervalo entre uma leitura e outra para que fosse obtido o valor do Δ, com absorbâncias de uma onda de 334nm. Os cálculos das

atividades da CK (U/A) e LDH (U/A) nas amostras foram realizados por meio da equação CK = 8252 x Δ absorbância/minuto e LDH = 8321 x Δ respectivamente.

4.10 Programa de treinamento pliométrico

Ambos os grupos (TP-RFS e TP) realizaram o TP com frequência de duas vezes por semana ao longo de oito semanas (16 sessões), respeitando um intervalo de 72 horas entre os estímulos. Estas oito semanas de treinamento foram divididas em dois blocos de exercícios, *hurdle jumps* (1º bloco) e *drop jumps* (2º bloco), com isso, cada bloco teve a duração de quatro semanas.

Ao início de cada sessão de treinamento, foi feito um aquecimento, sendo este dividido em: uma corrida leve com velocidade constante de 8 $km.h^{-1}$ em uma esteira ergométrica (Movement techonology®, Brudden, São Paulo, Brasil), exercícios educativos para a corrida - dribling, skipping, anfersen, kick out e houpserlauf (2 séries de cada exercício na distância de 10m) e saltitos – saltos baixos par frente (2 séries de 5 repetições).

Posteriormente, o grupo TP-RSF vestiram manguitos de pressão em ambas as pernas sendo eles posicionados na parte proximal da coxa (FIGURA 2), sendo este insuflado a 10% acima da pressão total de RFS estabelecida nas avaliações (*i.e.* cada perna possuía uma pressão individualizada), a fim de garantir a pressão total durante todo o momento de realização dos exercícios de saltos. Os participantes estavam com os membros inferiores com RFS durante a execução das séries, sendo os mesmos desinflados após o término de cada série. Assim, a pressão de RFS foi total durante a execução e de maneira intermitente, pois era liberado o fluxo sanguíneo durante os intervalos de recuperação entre as séries. O programa de treinamento pliométrico está descrito na TABELA 3.

FIGURA 2. Posição dos manguitos de pressão em ambas as pernas.

TABELA 3. Descrição da progressão da carga do programa de treinamento pliométrico.

Blocos	Semanas	Exercício x Séries* x Repetições
1º Bloco de TP	1	40cm *hurdle jumps* x 3 x 20
	2	40cm *hurdle jumps* x 4 x 20
	3	40cm *hurdle jumps* x 2 x 20
	4	60cm *hurdle jumps* x 3 x 20
2º Bloco de TP	5	40cm *drop jumps* x 6 x 10
	6	40cm *drop jumps* x 8 x 10
	7	40cm *drop jumps* x 10 x 10
	8	60cm *drop jumps* x 6 x 10

Nota: TP: treinamento pliométrico; *Intervalo de recuperação entre as séries de 3min. Adaptado de Chelly et al. (2010).

O grupo TP seguiu o mesmo programa de treinamento do grupo TP-RSF, diferenciando-se apenas pela não RFS dos membros inferiores.

Para o controle e registro da carga interna individual durante a sessão foi monitorado o tempo gasto de cada série dos participantes durante o treinamento. Também

se aplicou a escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) CR-10, adaptada por Foster (1998), após o término de cada sessão.

4.11 Análise Estatística

Todos os resultados obtidos na presente dissertação foram analisados por meio do s*oftware* SPSS (*Statistical Package for Social Science*) for Windows®, versão 17.0. Os dados foram analisados utilizando-se de estatística descritiva (média e desvio padrão). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste Shapiro-Wilk. Os efeitos do treinamento foram testados usando o *ANOVA* para medidas repetidas, e em seguida, quando necessário, usou-se o teste "post-hoc" de *Tukey-Kramer*. A comparação entre os grupos foi encontrada pela mudança percentual (%) entre o pré e pós treinamento e também para as variáveis de tempo gasto de cada série e os *scores* da PSE por meio da aplicação do teste T não pareado. Foi aplicado o coeficiente de correlação de *Spearman* (r) para o cálculo da associação entre as variáveis de velocidade e força em cada grupo. De acordo com Hopkins (2002) adotou-se para a magnitude do coeficiente de correlação os valores: insignificante ($r < 0,1$), pequeno ($0,1 \leq r < 0,3$) moderado ($0,3 \leq r < 0,5$), grande ($0,5 \leq r < 0,7$), muito grande ($0,7 \leq r \leq 0,9$) e quase perfeito ($0,9 < r < 1,0$) e perfeito ($r = 1,0$). O nível de significância adotado foi de 5%.

5. RESULTADOS

Na Figura 3 estão demonstrados os resultados referentes ao monitoramento da carga interna ao longo do programa de treinamento. Foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos para o tempo gasto em cada série (Figura 3A) e os *scores* da PSE (Figura 3B) apresentaram comportamento similares, ou seja, para ambas as variáveis se observaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nas comparações das sessões 10 a 16 para o tempo gasto em cada série e de 9 a 16 para os *scores* da PSE. Assim, o grupo TP foi mais rápido praticamente em todas as sessões pertencentes ao 2º bloco de treinamento e também, esse mesmo grupo relatou menores *scores* em relação a PSE na comparação com o grupo TP-RFS durante as últimas sessões do programa de treinamento.

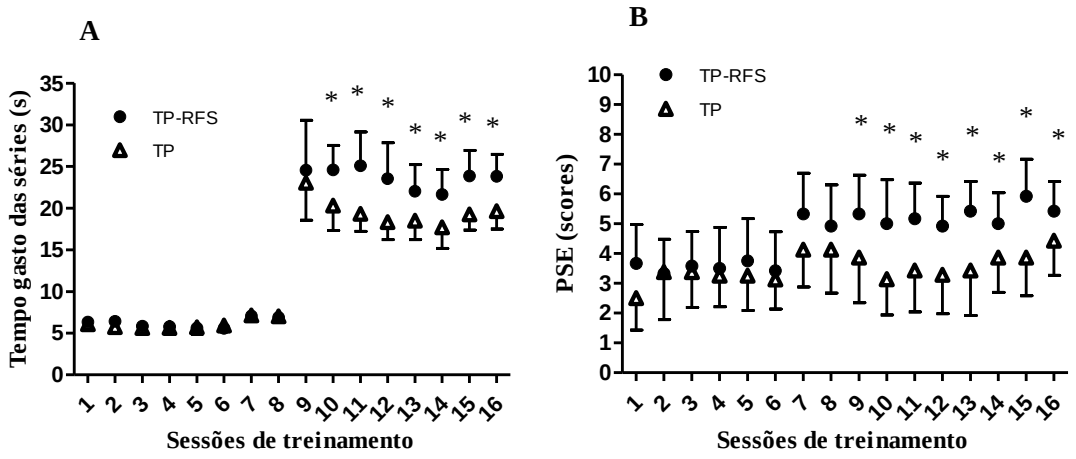

FIGURA 3. Impacto das oito semanas (16 sessões) de treinamento pliométrico sobre o tempo gasto em cada série (A) e os *scores* de percepção subjetiva de esforço (B).
*p < 0.05, diferença entre os grupos.

5.1 *Performance* da velocidade e da força

A Tabela 4 mostra a *performance* da velocidade e da força antes, durante e depois das oito semanas de treinamento. Desta maneira, a velocidade de deslocamento cíclico de 10m apresentou diferença significativa entre os valores pré e pós (p = 0,008) no grupo TP. O mesmo comportamento segue na velocidade de deslocamento de 30m e na velocidade de deslocamento cíclico-acíclico, onde foram observadas alterações dos valores entre os momentos pré e pós (p = 0,002 e p = 0,001) em ambos os testes e também, no teste T-40 foi encontrada diminuição significativa entre as comparações durante e pós (p = 0,023) no grupo TP-RFS.

Em relação a *performance* da força, os resultados do teste SH unilateral direita observou-se diferença significativa nas comparações pré e pós no grupo TP-RFS (p = 0,005) e no grupo TP (p = 0,030). Todavia, os valores do teste SH unilateral esquerda verificou-se aumento significativo entre os momentos pré e pós (p = 0,023) apenas no grupo TP-RFS. Além disto, o desempenho no teste SH bilateral, identificou-se melhoras significativas em ambos os grupos, TP-RFS e TP, no tocante da comparação pré e pós (p < 0,001 e p = 0,040 respectivamente).

Complementarmente, a *performance* dos testes SJ apresentou ganhos significativos quando comparado os momentos pré e pós ($p = 0,025$) no grupo TP-RFS e a mesma dinâmica de alteração ocorre no grupo TP ($p = 0,024$). Entretanto, os valores relacionados ao teste CMJ apresentou-se incremento significativo ($p = 0,045$) somente no grupo TP. Na comparação pré com pós para os resultados do teste de 1-RM observa-se diferença significativa ($p < 0,001$) no grupo TP-RFS. Não existem diferenças estatísticas entre os valores obtidos na velocidade de deslocamento cíclico de 10m e CMJ em relação ao grupo TP-RFS, já sobre o grupo TP não foram observadas diferenças significativas no desempenho da velocidade de deslocamento cíclico de 30m, da velocidade de deslocamento cíclico-acíclico e do 1-RM antes e depois do treinamento.

TABELA 4. *Performance* da velocidade e da força pré, durante e pós de oito semanas (16 sessões) de treinamento.

	TP – RFS (n=12)			TP (n=8)		
	Pré	Durante	Pós	Pré	Durante	Pós
Vel. cíclica 10m (s)	1,82 ± 0,1	1,86 ± 0,1	1,86 ± 0,2	1,91 ± 0,1	1,86 ± 0,1	1,83 ± 0,1*
Vel. cíclica 30m (s)	4,60 ± 0,2	4,55 ± 0,2	4,47 ± 0,2*	4,52 ± 0,2	4,52 ± 0,3	4,47 ± 0,2
Vel. cíc-acíc. (s)	9,5 ± 0,6	9,4 ± 0,4	9,06 ± 0,5*¶	9,7 ± 0,2	9,5 ± 0,4	9,5 ± 0,4
SH unil. dir. (m)	1,93 ± 0,2	1,97 ± 0,1	2,03 ± 0,1*	1,82 ± 0,3	1,82 ± 0,2	1,91 ± 0,2*
SH unil. esq. (m)	1,92 ± 0,2	1,94 ± 0,2	2,02 ± 0,2*	1,76 ± 0,3	1,79 ± 0,2	1,85 ± 0,2
SH bilateral (m)	2,2 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,4 ± 0,2*	2,1 ± 0,3	2,1 ± 0,2	2,2 ± 0,2*
SJ (cm)	35,4 ± 4,3	35,8 ± 4,0	37,2 ± 4,3*	32,9 ± 5,7	34,4 ± 4,5	36,9 ± 5,1*
CMJ (cm)	38,7 ± 5,3	38,2 ± 5,0	40,9 ± 4,0	37,7 ± 6,1	36,6 ± 4,2	40,1 ± 6,6*
1-RM (kg)	102 ± 10,4	105,1 ± 7,6	112,8 ± 8,6*	92 ± 18,3	95 ± 15,8	104 ± 12,7

Nota: TP-RFS: treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo; TP: treinamento pliométrico; Vel.: velocidade; Cíc-acíc.: cíclica-acíclica; SH: salto horizontal; Uni: unilateral; Dir.: direita; Esp.: esquerda; SJ: *squat jump*; CMJ: *countermovement jump*; 1-RM: força muscular máxima dinâmica.
Valores estão representados por média ± desvio padrão.
* Diferença significante entre pré e pós treinamento ($p < 0.05$).
¶ Diferença significante entre durante e pós treinamento ($p < 0.05$).

A Figura 3 expõe o percentual de mudança da *performance* da velocidade e da força em ambos os grupos após o programa de treinamento. Ocorre diminuição de 12,28 ± 2,8% da velocidade de deslocamento de 10m ao longo do treinamento no grupo TP, acompanhado pelo ganho significativo do percentual de mudança ($p = -0,016$) quando comparado o grupo TP-RFS (Figura 4A). Adicionalmente, existem ganhos de 14,35 ± 9,6% e 16,85 ± 8,0% sobre o percentual de mudança do teste SJ e CMJ, o que representa uma diferença significativa ($p = 0,025$ e $p = 0,031$ respectivamente) entre o TP-RFS e o TP (Figura 4B). Não foram encontradas diferenças estatísticas para os demais testes

relacionados a *performance* da velocidade e da força obtidos antes e depois o treinamento quando comparados os grupos.

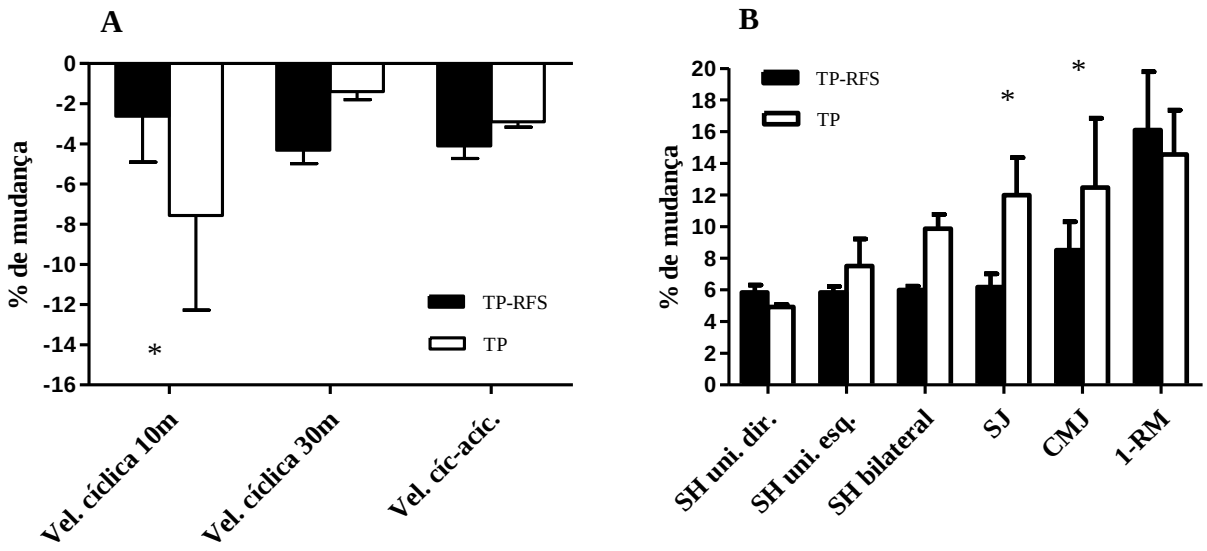

FIGURA 4. Porcentagens das mudanças da *performance* da velocidade (A) e da força (B) pré para pós treinamento nos grupos TP-RFS e TP.

Nota: TP-RFS: treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo; TP: treinamento pliométrico; Vel.: velocidade; Cíc-acíc.: cíclica-acíclica; SH: salto horizontal; Uni: unilateral; Dir.: direita; Esp.: esquerda; SJ: *squat jump*; CMJ: *countermovement jump*; 1-RM: força muscular máxima dinâmica.
*$p < 0.05$, diferença entre os grupos.

Observa-se na Figura 5, a associação entre o percentual de mudança do CMJ e do percentual de mudança da velocidade de deslocamento cíclico de 30m no grupo TP, no qual encontrou-se um coeficiente de correlação negativa muito grande significante (r= -0,83; p = 0,015). Enquanto que com as demais variáveis (SH bilateral, SJ, CMJ e 1-RM *vs* vel. cíc. 10m e 30m) não foram observadas correlações significantes em ambos os grupos.

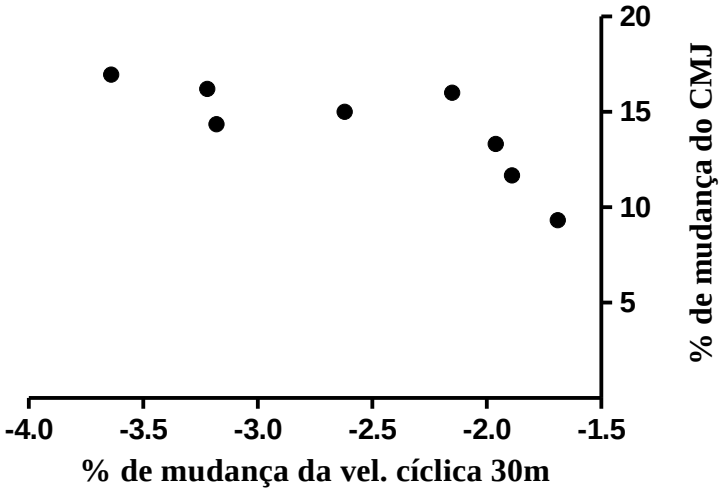

FIGURA 5. Relação entre a porcentagem da mudança da *performance* da velocidade cíclica de 30m e do CMJ no grupo TP.

5.2 Antropometria

A Tabela 5 mostra os valores médios das variáveis, porcentagem de gordura, massa magra e circunferência de coxa direita e esquerda antes, durante e após o TP e o percentual de mudança antes e após o programa de treinamento de cada variável em ambos os grupos. Assim, para a porcentagem de gordura, houve uma diminuição significativa entre o momento pré e pós ($p<0,001$; $p = 0,027$) e também entre as coletas pré e durante ($p = 0,051$; $p = 0,006$) em ambos os grupos TP-RFS e TP, respectivamente. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas em relação as outras medidas antropométricas mensuradas antes, durante e após o programa de treinamento, bem como, o percentual de mudança tanto no grupo TP-RFS quanto no grupo TP.

TABELA 5. Dinâmica das alterações das medidas antropométricas pré, durante e pós oito semanas de treinamento.

	TP – RFS (n=12)				TP (n=8)			
	Pré	Durante	Pós	Mudança (%)	Pré	Durante	Pós	Mudança (%)
% de gordura	14,3 ± 4,4	13,4 ± 4,0¶	13,0 ± 3,8*	-8,4 ± 8,4	12,0 ± 6,3	11,2 ± 6,0¶	11,5 ± 6,2*	-9,2 ± 14,0
Massa magra (kg)	68,1 ± 4,6	68,2 ± 4,2	68,6 ± 4,2	0,8 ± 1,56	68,2 ± 7,2	68,3 ± 7,2	67,7 ± 6,9	-0,6 ± 1,7
Circ. coxa dir. (cm)	52,6 ± 2,4	53,1 ± 2,8	53,6 ± 3,0	0,1 ± 1,8	54,3 ± 3,6	54,0 ± 3,6	54,1 ± 3,1	-0,26 ± 1,5
Circ. coxa esq. (cm)	52,2 ± 2,5	52,6 ± 2,3	52,8 ± 2,5	0,2 ± 1,7	53,8 ± 4,0	53,5 ± 3,2	53,6 ± 3,3	-0,35 ± 1,5

Nota: TP-RFS: treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo; TP: treinamento pliométrico; Circ.: circunferência.; Dir.: direita; Esq.: esquerda.
Valores estão representados por média ± desvio padrão.
* Diferença significante entre pré e pós treinamento ($p < 0.05$).
¶ Diferença significante entre pré e durante treinamento ($p < 0.05$).

5.3 Marcadores indiretos de danos muscular

Na Tabela 6 estão expostos os resultados obtidos pela atividade plasmática da enzima CK e LDH ao longo dos três diferentes momentos de avaliação e o percentual de mudança entre a primeira e a última coleta. Não foram verificadas mudanças significativas entre as os momentos de análises e também quando se comparou os percentuais de mudanças entre os grupos tanto em relação a CK quanto a LDH.

TABELA 6. Comportamento da atividade plasmática das enzimas Creatina Quinase – CK e da Lactato Desidrogenase – LDH ao longo do programa de treinamento.

	TP – RFS (n=12)				TP (n=8)			
	Pré	Durante	Pós	Mudança (%)	Pré	Durante	Pós	Mudança (%)
CK (U/L)	206,6 ± 120,5	149 ± 83,3	141 ± 88,9	-17,7 ± 65,9	206,5 ± 198,9	98,4 ± 45,8	73,1 ± 24,8	-39,6 ± 38,6
LDH (U/L)	181,1 ± 72,7	181,2 ± 39,9	161,9 ± 36,6	-3,6 ± 28,6	137,0 ± 17,8	171,0 ± 50,3	141,3 ± 17,7	3,2 ± 5,6

Nota: TP-RFS: treinamento pliométrico com restrição do fluxo sanguíneo; TP: treinamento pliométrico; CK: creatina quinase; LDH: lactato desidrogenase.
Valores estão representados por média ± desvio padrão.

6. DISCUSSÃO

Até o momento, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos do TP com ou sem RFS sobre a resposta da *performance* musculoesquelética em adultos jovens. Com isso, os principais achados deste estudo revelam que o programa de TP produz ganhos significativos sobre a *performance* da velocidade e da força após a realização de um programa de treinamento com duração de oito semanas (16 sessões) com ou sem a RFS. No entanto, o grupo TP apresentou incrementos significativos sobre o percentual de mudança quando comparado ao grupo TP-RFS relacionados ao desempenho nos testes de velocidade de deslocamento cíclico de 10m, SJ e CMJ.

Reporta-se na literatura sobre os benefícios que o TP promove na *performance* da velocidade, especialmente em relação a curtas distâncias, até 10m, equivalentes a fase de aceleração. Porém, sabe-se que os efeitos do TP tende a diminuir em distâncias superiores a 30m. (YOUNG; JAMES; MONTGOMERY, 1992; DIALLO et al., 2001; MEYLAN; MALATESTA, 2009; MARKOVIC; MIKULIC, 2010; CHELLY et al., 2010; MICHAILIDIS et al., 2013).

Grande parte das investigações mostram que o TP melhora a *performance* dos SVs em adultos treinados e destreinados (PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013). Tais incrementos estão relacionados com o aumento inibitório dos músculos antagonistas após

o treinamento, melhora da co-contração ou incrementos da ativação dos músculos sinergistas, redução dos mecanismos neurais inibitórios e aumento da excitação e sincronização dos motos neurônios (TOUMI et al., 2004; THORSTENSSON et al., 1976).

Além disto, o TP pode resultar no aumento da *performance* de força rápida, especialmente do CMJ, por meio de três respostas principais: pelos mecanismos potenciais, pelo maior tempo de aplicação de força e pela potencialização pós-ativação (DE VILLARREAL et al., 2009.; AAGARD et al., 2003). Desta maneira, seguindo as orientações apropriadas de dose-resposta considera-se que o TP induz a ganhos positivos na curva da força-velocidade.

Percebe-se dificuldade no aprofundamento das discussões acerca dos efeitos do TF-RFS utilizados na literatura com o programa de treinamento proposto na presente dissertação. Isso se deve ao fato dos diferentes tipos de exercícios, intensidade, número de repetições e séries, tempo do intervalo de recuperação e duração do programa de treinamento.

O estudo de Abe et al. (2005) investigou um período curto de TF com RFS sobre a *performance* de *sprint* e salto. O grupo experimental realizou 3 séries de 15 repetições nos exercícios de agachamento e flexora de pernas na intensidade de 20% de 1-RM com intervalo de recuperação de 30 segundos entre as séries, o programa de treinamento constituiu de 8 dias consecutivos sendo realizado treinos duas vezes por dia. A pressão dos *cuffs* eram de aproximadamente de 240mmHg e esses aparelhos foram insuflados durante toda a sessão e sendo apenas liberados ao final do treino. O grupo controle não praticou nenhum tipo de TF. Assim, os resultados indicaram que o TF com RFS melhora a *performance* da velocidade de deslocamento em 30m, corroborando com os dados encontrados neste estudo. Entretanto, a melhora significativa fora encontrada principalmente na primeira fase da corrida de 30m, ou seja, o ganho de desempenho ocorreu durante os primeiros 10m. Ademais, verifica-se que os dados da *performance* de salto demonstraram que não houve diferença significativa entre os momentos pré e pós treinamento, retratando similaridade com os resultados encontrados neste estudo.

Dados semelhantes relacionados a *performance* de velocidade aos obtidos no presente estudo foram encontrados no estudo conduzido por Cook, Kilduff e Beaven

(2014). Os autores investigaram os efeitos de exercícios com intensidades moderadas com e sem a RFS em relação a força máxima, potência, habilidade de *sprints* repetidos e parâmetros salivares hormonais. Após três semanas (9 sessões) de treinamento realizando 5 séries de 5 repetições com 90 segundos de recuperação nos exercícios de agachamento, supino e barra fixa a 70% de 1-RM com ou sem RFS. A pressão do *cuffs* foi de 180mmHg durante a realização dos movimentos, sendo desinflados durante os períodos de recuperação entre as séries e os exercícios. O grupo experimental apresentou melhoras significativas de 0,4 ± 0,3% no percentual de mudança no tempo de *sprint* de 40m quando comparado ao grupo que treinou sem RFS. Por outro lado, quando relacionado ao desempenho do teste de CMJ mostra-se incrementos de 1,8 ± 0,7% no CMJ do grupo com RFS em relação ao grupo sem RFS o que diverge com os dados deste estudo.

Alguns dos aspectos a serem considerados estão relacionados com a prática dos exercícios no decorrer das sessões de TP-RFS, consequentemente, com os resultados finais sobre a *performance* musculoesquelética e, portanto, podem ser fatores explicativos para os efeitos encontrados no grupo TP-RFS. A primeira explicação está relacionada com o incômodo e até algumas vezes levando a uma dor leve ao participante causado pelo largo tamanho dos esfigmomanômetros de pressão sanguínea personalizado que foi utilizado durante o estudo. O segundo motivo está relacionado com a pressão total de RFS (determinado pelo aparelho *doppler* vascular), por isso, foi decidido que fosse liberada a pressão de oclusão durante os períodos de recuperação entre as séries e também por causa do tempo elevado (3min.) de intervalo, assim, essa situação pode ter favorecido a reperfusão vascular levando a equalização das adaptações do *stress* metabólico proveniente da condição de RFS, produzindo ganhos similares sobre a *performance* da velocidade e da força em relação a condição sem a RFS (Laurentino et al., 2008).

Entretanto, a RFS deixou o movimento mais lento significativamente, evidenciado na Figura 3A (página 52), no tocante exclusivamente das sessões pertencentes ao segundo bloco, no qual envolvia o exercício de *drop jump*. Por conta dessas constatações, pode-se dizer que houve alteração do padrão coordenativo do movimento, prejudicando a velocidade de transmissão do impulso ao longo do axônio motor e diminuindo a eficiência na utilização do CAE, pois a energia potencial elástica acumulada é dissipada e o efeito do treinamento prejudicado (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998), dessa forma, essa última explicação pode ter influenciado a não alteração no teste CMJ. Deve ser ressaltado, que estas explicações são especulativas e que podem elucidar os resultados encontrados

nesse estudo, pois não recolhemos dados relacionados as adaptações fisiológicas e neuromusculares.

Portanto, esses dados sugerem que os estímulos provenientes do TP, um tipo de treinamento que apresenta característica de alta intensidade, induzem a nenhum estímulo potencializador resultante da RFS, como visto, na presente dissertação. Logo, este tipo de protocolo experimental de TP-RFS apresenta respostas similares em alguns testes associados com a *performance* da velocidade e da força antes e depois de oito semanas de treinamento quando compara-se a condição TP sem a RFS, como visto no estudo de Laurentino et al. (2008), especialmente com os dados relacionados pela manifestação da força. Não obstante, os resultados do teste de velocidade de deslocamento de 10m, SJ e CMJ do grupo TP-RFS mostraram percentuais de mudanças significativamente inferiores do que o grupo TP.

No tocante dos *scores* da PSE, foi ilustrado na Figura 2B que os números variam entre 3 e 5, ou seja, entre "moderado" a "difícil" ao longo do treinamento. Percebe-se que os *scores* passaram de "moderado" no primeiro bloco de treinamento para "difícil" no segundo bloco de treinamento, especialmente, no grupo TP-RFS. Também, foram verificadas diferenças significativas entre os valores da PSE entre os grupos quando comparado as sessões de 9 a 16, ou seja, o grupo TP-RFS apresentou os maiores *scores*.

Weatherholt et al. (2012) demonstraram que os dados relacionados com a escala visual analógica aplicado após cada série dos exercícios durante um programa de treinamento de oito semanas mostrou que os participantes reportavam taxas em torno de "fraco" para o grupo sem RFS e "moderado" para o grupo com RFS. Assim, esses resultados corroboram com os achados deste estudo, onde o grupo que treinou com RFS relata em média os maiores *scores* da PSE, porém, vale ressaltar que a comparação desses dados deve ser cuidadosa, uma vez que neste estudo os exercícios eram realizados com as pernas e no estudo de WEATHERHOLT et al. (2012) os exercícios eram realizados com os braços. Nesse sentindo, segundo este próprio artigo, a diferença relatada indica que o treinamento para os membros superiores consegue reportar melhor a associação entre o treino e as sensações causadas durante este estímulo quando comparado com os membros inferiores. Porém, estes dados contrariam três outros estudos com a temática do TF-RFS onde foram reportadas altas taxas da PSE (HOLLANDER et al., 2010; WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEE, 2006; WERNBOM et al., 2009). No entanto,

estes resultados se justificam pelo fato de os participantes terem realizado as séries de repetições até a exaustão (WEATHERHOLT et al. 2012).

As variáveis relacionadas com o programa de treinamento podem explicar as razões para as diferenças encontradas em relação aos *scores* da PSE. Estudos anteriores com a temática do TF-RFS utilizaram diferentes tipos de treinamento, duração do programa de treinamento, exercícios, séries, repetições, intensidade do treino, tempo de recuperação entre as séries e os exercícios, frequência de treinamento, dessemelhanças entre as pressões e aparelhos utilizados, RFS aplicada de maneira continua ou intermitente e por fim, amostras com perfis divergentes e familiaridade com o TF-RFS, logo, a combinação de multifatores podem contribuir ao aparecimento de divergências nos resultados repostados (FAHS et al., 2012).

Em relação aos dados da associação entre a porcentagem de alteração da *performance* da velocidade e da força, apenas foi encontrada associação negativa entre os resultados da porcentagem de mudança do CMJ e da velocidade de deslocamento cíclico de 30m no grupo TP.

Estes dados corroboram com alguns estudos (PETERSON; ALVAR; RHEA, 2006) que verificam uma correlação baixa, moderada ou forte, porém, todas significantes entre o desempenho dos dois testes, sendo o primeiro da força e o segundo da velocidade. De acordo com Chamari et al. (2004) o valor do pico de velocidade do teste de CMJ se correlaciona com o tempo da velocidade de deslocamento de 30m, na qual pode ser explicado pelo fato que durante o *sprint* de 30m existe maior pico de velocidade do que quando comparado ao teste de 10m.

Todavia, vale ressaltar que este coeficiente de correlação negativa muito grande e significante ($r= -0,83$; $p = 0,0154$) encontrado neste estudo não necessariamente mostra uma relação de causa e efeito entre a *performance* dessas duas capacidades motoras, ainda que estas estejam relacionadas de alguma forma (JR SILVA et al., 2011).

Os resultados sobre as medidas antropométricas apresentadas no presente estudo evidenciam que, para estes participantes, encontrou-se uma diminuição significativa entre os momentos pré e durante e também, entre o pré e pós em relação a variável porcentagem de gordura, em alternativa, não fora obtida nenhuma diferença significativa para a massa magra, circunferência de coxa direita e esquerda.

Especificamente, sobre as medidas da porcentagem de gordura foram encontradas mudanças após o programa de treinamento, esses resultados contrapõem aos usualmente encontrados na literatura. MacDonald et al. (2013) compararam três tipos de treinamento (TF, TP e treinamento complexo) sobre as medidas antropométricas e da força em adultos treinados. Neste estudo encontrou aumento significativo de 22% da porcentagem de gordura para o grupo que treinou pliometria. Outros estudos reportaram que não houve diferença significativa para esta variável após um programa de TP com duração entre quatro e oito semanas (LUEBBERS et al., 2003; POTTEIGER et al., 1999). Entretanto, pode-se considerar como fato esclarecedor para esta contraposição encontrada, os indivíduos não atletas serem mais sensíveis e reativos para incrementos adaptativos à programa de condicionamento físico, atingindo a mudanças no perfil antropométrico, especificamente quanto a massa de gordura (PIENAAR; COETZEE, 2013).

Ademais, pode-se especular que houve uma adaptação fisiológica durante o treinamento, ou seja, ocorreu aumento da síntese proteica causado pelas alterações dos níveis intracelulares fluídos, levando a perda da gordura (YAMANAKA; FARLEY; CAPUTO, 2012). Além disso, não foi controlada a ingestão de alimentos e também os níveis de hidratação ao longo dos treinos e momentos de coletas de dados.

Em relação aos dados da massa magra, as medidas de circunferência de coxa direita e esquerda nos momentos antes, durante e depois treinamento, bem como, do percentual de mudança, não foram encontrados aumentos significativos em ambos os grupos. Tendo em vista que o estudo de Yamanaka, Farley e Caputo (2012) corrobora com os achados deste estudo. Estes autores não verificaram aumentos significativos das medidas de circunferências da coxa após 4 semanas de TF de baixa intensidade com RFS. Outro estudo que elucida que a RFS não apresenta ganhos suplementares sobre a hipertrofia do quadríceps é o de Laurentino et al. (2008) na qual foi verificado que ambos os grupos, oclusão (alta intensidade com RFS) e controle (moderada intensidade sem RFS), aumentaram a área de secção transversa do musculo após um programa de treinamento de oito semanas. Por outro lado, esses achados contrariam a maioria dos estudos anteriores com RFS, uma vez que ambos os grupos demonstraram mudanças significativas sobre os ganhos da hipertrofia muscular após uma intervenção (REINA; DOMINGUEZ, 2014).

De acordo com estes resultados antropométricos, a habilidade do músculo esquelético em produzir força tem sido relacionada pelos fatores neurais e metabólicos (AAGAARD; MAYER, 2007). Isto é, a melhora significativa da habilidade em produzir força explosiva após o treinamento aplicado na presente dissertação com duração de oito semanas, evidenciado na Tabela 4 (página 53), sem o aparecimento de ganhos sobre a massa magra e as medidas de circunferência de coxa podem ter acontecido por meio de mecanismos que melhorem a ativação e sincronização das unidades motoras, frequência de disparo e a co-contração dos músculos antagonistas, resultando em uma força potencializada, na qual aumenta a eficiência coordenativa também, promovido pelas adaptações neuromusculares (DOCHERTY; SPORER, 2000; CREER et al., 2004). Portanto, além desta possível explicação que pode ajudar a entender o desenvolvimento da força sem que aconteça as adaptações hipertróficas é a interação entre as adaptações da força, hipertrofia e neurais que normalmente seguiram a curva da teoria tradicional, ocorrendo primariamente mudanças relacionadas ao desenvolvimento neuromuscular seguido pela hipertrofia muscular (ACSM, 2001).

Entretanto, Potteiger et al. (1999) verificaram resultados divergentes ao presente estudo, de modo a reportarem incrementos significativos da área de secção transversa das fibras musculares tipo I e II após oito semanas de TP, além do que, o aumento do tamanho do músculo pode favorecer os ganhos relacionados a *performance* da força de saltos.

O presente estudo demonstrou que, após oito semanas de treinamento, não houve efeitos sobre os marcadores indiretos de dano muscular (CK e LDH), ou seja, em ambos os grupos não foi verificado mudança significativa da atividade enzimática. A manutenção da atividade da CK, durante o TF-RFS também foi observado no estudo de Takarada et al. (2000b). Estes autores realizaram a mensuração da atividade plasmática após uma sessão de treino sendo desempenhado o exercício na cadeira extensora de pernas bilateral, sendo cinco séries até a falha com intensidade aproximadamente a 20% do 1-RM. Deste modo, não foram mostradas mudanças em relação a CK entre os momentos pré e pós (15min até 24hr). A similaridade entre os resultados encontrados com o estudo de Takarada et al. (2000b) acontece também com os estudos de Fujita et al. (2007) e Abe, Kearns e Sato (2006).

Na revisão escrita pelo autor Loenneke, Thiebaud e Abe (2014) sobre a temática do TF-RFS e o dano muscular apresenta evidências que não suportam a hipótese que a

combinação entre TF de baixa intensidade combinado com RFS aumenta a incidência de dano muscular. Nesse sentido, até o momento, os estudos sugerem que ocorre o mínimo de dano muscular com este tipo de exercício (UMBEL et al., 2009; WILSON et al., 2013.).

Ademais, observa-se que estudos anteriores indicaram que as contrações musculares excêntricas combinadas com RFS não eleva os biomarcadores associados com o dano muscular em adultos (THIEBAUD et al., 2013; YASUDA et al., 2012). Sudo et al. (2015) sugerem que o exercício excêntrico com RFS, mesmo em intensidades elevadas de exercício, pode aumentar a síntese proteica muscular sem que ocorra dano muscular.

Os achados deste estudo foram ao encontro com a literatura relacionada com a RFS, de forma que não foi observado nenhuma alteração dos biomarcadores indiretos de dano muscular (CK e LDH), porém, vale ressaltar que as características dos treinos aplicados neste estudo foram diferentes do que foi utilizado nas demais pesquisas, entretanto, os resultados encontrados são similares quando se trata de RFS.

Em concordância com grupo TP-RFS, o comportamento da atividade plasmática das enzimas responsivas ao dano muscular (CK e LDH) não sofreu nenhuma alteração ao longo do programa de treinamento no grupo TP. De acordo com estes achados sugere-se que os participantes não estavam com os marcadores de danos muscular altos durante as sessões de treino, uma vez que entre as coletas de sangue e os treinos eram respeitadas no mínimo 72 horas de intervalo.

Tofas et al. (2008) analisaram 9 homens destreinados durante uma sessão de TP. Os resultados evidenciaram elevação significativa dos níveis de CK após 24hr e 48hr pós exercício, enquanto que LDH apresentou aumentos após 24, 48 e 72 horas pós exercício.

Estudos anteriores têm mostrado que os exercícios pliométricos aumentam o risco de dano muscular devido ao fato que durante a execução dos movimentos existe um grande impacto com o solo e também ocorre intensas ações musculares excêntricas (JAMURTAS et al., 2000; MIYAMA; NOSAKA, 2004). Desta maneira, estes estudos relatam que o exercício pliométrico aumenta significativamente o dano muscular, o que contrapõe com os dados deste estudo.

Um fator explicativo para os resultados divergentes se deve ao momento de avaliação, considerando-se o intervalo de no mínimo 72 horas entre o último estímulo e a coleta de sangue. Pode-se entender que quando foi feita a coleta, os níveis de CK e LDH já tinham retornado aos índices basais, pois, sabe-se que o pico dos indicadores indiretos de dano muscular (CK e LDH), geralmente, são encontrados por volta das 48 horas após o exercício (UCHIDA et al., 2009). O motivo de coletar 72 horas pós o último treino se faz em verificar como estava o estado de treinamento do indivíduo, dado que, um período menor do que este a resposta da CK e da LDH poderiam estar alteradas devido ao esforço realizado.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento da *performance* musculoesquelética incrementou significativamente quando comparados os momentos pré e pós em relação aos testes: salto horizontal unilateral direita, salto horizontal bilateral e SJ em ambos os grupos. Na condição com RFS, houveram melhoras significativas sobre a velocidade de deslocamento cíclica de 30m, velocidade de deslocamento cíclica-acíclica, salto horizontal esquerda e 1-RM. Em contrapartida, a condição sem RFS resultou em ganhos significativos em relação a velocidade de deslocamento de 10m e CMJ. De modo geral, após a realização de um programa de treinamento com duração de oito semanas (16 sessões) com ou sem a RFS evidenciou-se incremento significante no desempenho nos testes de velocidade e força.

Apesar disso, o percentual de mudança da *performance* nos testes de velocidade de deslocamento cíclico de 10m, SJ e CMJ do grupo TP mostrou aumentos superiores ao comparar-se com o grupo TP-RFS. Ganhos relacionados com a *performance* musculoesquelética aumentaram sem nenhuma relação com a RFS, ou seja, o grupo TP-RFS apresentou resultados similares quando comparado com o grupo TP. Em relação com os dados da correlação, houve apenas relação entre os dados dos percentuais de mudanças do CMJ com os percentuais de mudanças da velocidade de deslocamento cíclico de 30m, especulando-se que durante o *sprint* de 30m existe maior pico de velocidade e consequentemente maior participação do CAE é necessário.

O grupo TP-RFS apresentou maior tempo gasto nas séries e também relatou os maiores *scores* da PSE nas últimas sessões de treinamento, uma vez que, acredita-se que a RFS reduziu a velocidade e consequentemente acarretou, possivelmente, a não alteração no teste CMJ devido a não eficiência da energia elástica durante os treinos. Ademais, os *scores* da PSE variaram entre "moderado" e "difícil" ao longo do programa de treinamento, um fator explicativo para este achado é que o treino não foi realizado até a exaustão.

Os resultados encontrados neste estudo indicam que não foram verificados ganhos relacionados com a massa magra e as medidas da circunferência das coxas, porém, houve diminuição da porcentagem de gordura em ambos os grupos. O que pode explicar os resultados da *performance* musculoesquelética e das medidas antropométricas é a ocorrência de adaptações neuromusculares.

Ambas as condições com e sem RFS não apresentaram mudanças dos marcadores indiretos de dano muscular, CK e LDH, ao longo do programa de treinamento de oito semanas (16 sessões). Isso possibilita especular que estes biomarcados indiretos de dano muscular podem ser usados como indicadores de monitoramento e controle da carga de treinamento.

Por fim, em relação as variáveis estudadas, o protocolo de TP combinado com RFS aplicado no presente estudo parecem levar a nenhum ganho potencializador em comparação ao TP convencional e até mesmo, ganhos inferiores em relação a *performance* de velocidade de 10m e dos SVs. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, é aceitável continuar a prescrever programas de TP sem a RFS, visto que este parece produzir respostas positivas, especialmente, em relação a *performance* musculoesquelética.

Limitações do estudo

Uma limitação do estudo foi que não se realizou medidas de nenhum marcador de recrutamento de unidades motoras. Embora as mudanças relacionadas a *performance* musculoesquelética ocorreram, estudos têm mostrado alterações desses indicadores devido as adaptações neuromusculares.

Não utilizamos um aparelho de ressonância magnética para obter a área de secção transversa do quadríceps. As imagens registradas por esse tipo de aparelho conseguem determinar exatamente o tamanho do músculo e que em contrapartida, por meio das medidas de circunferência de coxa existe a determinação da massa muscular, mas, também da massa óssea e gorda subcutânea.

Existiu a ausência do monitoramento da atividade plasmática dos marcadores indiretos de dano muscular ao longo de vários instantes de maneira aguda, por exemplo, pré, imediatamente após, 24 horas, 48 horas e 72 horas. Dessa forma, conseguiríamos esclarecer o quanto que o dano muscular estaria envolvido com a *performance* realizados durante os testes. Porém, é difícil os participantes aceitarem coletar sangue ao longo de tantos instantes, pois se trata de um procedimento invasivo.

Finalmente, poderia ter conseguido um *n* amostral maior e ter aplicado outros tipos de exercícios pliométricos, o qual poderia elucidar melhor os efeitos encontrados neste estudo.

Aplicações práticas

De acordo com os dados inovadores da presente dissertação, o TP sem RFS continua sendo o melhor tipo de treinamento para que as pessoas saudáveis busquem melhorar a *performance* musculoesquelética por meio das adaptações neuromusculares e que, portanto, são extremamente importantes para os movimentos realizados em condições de exigência de força rápida.

A possibilidade do TP combinado com RFS parece trazer maiores sensações de esforço e deixar o movimento mais lento quando comparado ao grupo que treinou sem RFS, na qual a velocidade de execução é uma característica determinante para o sucesso nesse tipo de treinamento, prejudicando o desenvolvimento do CAE e levando a não otimização dos exercícios pliométricos, ao contrário que quando o TP é realizado de maneira independente.

A RFS em um ambiente prático não é fácil de manuseá-la e requer paciência dos participantes com essa metodologia, pois alguns problemas durante os treinos podem

surgir e também, estes aparelhos devem ser fortes e regulados durante todo o protocolo experimental, pois estes equipamentos não são fabricados para tal finalidade.

O TP sendo realizado sem nenhum tipo de equipamento acoplado com o participante parece não prejudicar o movimento resultando em um movimento veloz e vigoroso. Além disso, estes movimentos pliométricos sem a RFS tornam-se mais parecidos com a realidade do desempenho atlético, respeitando o princípio da especificidade.

Finalmente, é sugestivo dizer que o TP combinado com RFS não é um treinamento alternativo e eficaz em conseguir ganhos sobre a *performance* musculoesquelética quando comparado ao treinamento sendo realizado sem nenhum recurso externo.

8. REFÊRENCIAS

AAGAARD, P. Training-induced changes in neural function. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 31, n. 2, p. 61-7, 2003.

AAGAARD, P.; MAYER, F. Neuronal adaptations to strength training. **Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin**, v.58, n.2, 2007.

ABE, T.; DEHOYOS D. V.; POLLOCK, M. L.; GRAZARELLA, L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 81, n. 3, p. 174-180, Feb 2000.

ABE, T.; KAWAMOTO, K.; YASUDA, T.; KEARNS, C. F.; MIDORIKAWA, T.; SATO, Y. Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 19-23, 2005.

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. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 100, n. 5, p. 1460-6, May 2006.

ALLEN D. G.; WESTERBLAD, H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. **Journal of Physiology**, v. 536, n. Pt 3, n. 657-65, 2001.

ALLERHEILIGEN, W. B. **Speed development and plyometric training**. In Baechle TR (Eds.). Essentials of Strength Training and Conditioning. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994. 752 p.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. American College of Sports Medicine position stand. Prescription of resistance training for healthy populations. **Sports Medicine**, v. 31, n. 14, p. 953-64, 2001.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.

AQUINO, R. L.; GONCALVES, L.; VIEIRA, L. H.; OLIVEIRA, L. P.; ALVES, G. F.; SANTIAGO, P. R.; PUGGINA, E. F. Biochemical, physical and tactical analysis of a simulated game in young soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Epub ahead of print, Jan 2016.

ARENA, R. **Health-related physical fitness testing and interpretation**. In: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Pescatello Arena Riebeand Thompsoneds. Baltimore,MD: Lippincott Williams &Wilkins, 2013. 480 p.

AURA, O.; KOMI, P. V. The mechanical efficiency of locomotion in men and women with special emphasis on stretch-shortening cycle exercises. **European Journal of Applied Physiology**, v. 55, n. 1, p. 37-43, 1986.

AVELA, J.; KOMI P. V. Reduced stretch reflex sensitivity and muscle stiffness after long-lasting stretch-shortening cycle exercise in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 28, n. 5, p. 403-10, Oct 1998.

BAECHLE, T. R.; EARLE R. W. **Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento / Associação Nacional de Força e Condicionamento.** 3º Ed. Barueri: Manole, 2010. 592 p.

BEHRENS, M.; MAU-MOELLER, A.; BRUHN, S. Effect of Plyometric Training on Neural and Mechanical Properties of the Knee Extensor Muscles. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 2, p. 101-19, Feb 2014.

BEHRENS, M.; MAU-MOELLER, A.; MUELLER, K.; HEISE, S.; GUBE, M.; BEUSTER, N.; HERLYN, P. K.; FISCHER, D. C.; BRUHN, S. Plyometric training

improves voluntary activation and strength during isometric, concentric and eccentric contractions. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 2, p. 170-6, Feb 2016.

BISSAS, A. I.; HAVENETIDIS, K. The use of various strength-power tests as predictors of sprint running performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 48, n. 1, p. 49–54, Mar 2008.

BOJSEN-MØLLER, J.; MAGNUSSON, S. P.; RASMUSSEN, L. R.; KJAER, M.; AAGAARD, P. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 99, n. 3, p. 986-94, Sep 2005.

BOMPA, T.O. **Treinamento de potência para o esporte**. São Paulo: Phorte, 2004. 193 p.

BOSCO, C.; BELLI, A.; ASTRUA, M.; TIHANYI, J.; POZZO, R.; KELLIS, S.; TSARPELA, O.; FOTI, C.; MANNO, R.; TRANQUILLI, C. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, n.5, p. 379-386, 1995.

BRANDNER, C. R.; KIDGELL, D. J.; WARMINGTON, S. A. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 25, n. 6, p. 770-7, Dec 2015.

BRENTANO, M. A.; MARTINS KRUEL, L. F. A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, n. 1, p. 1-10, Mar 2011.

BUCHHEIT, M.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; DELHOMEL, G.; BRUGHELLI, M.; AHMAIDI, S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2715-22, Oct 2010.

BYRNE, C.; ESTON, R. G.; EDWARDS, R. H. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 11, n. 3, p. 134-40, Jun 2001.

CHAMARI, K.; HACHANA, Y.; AHMED, Y. B.; GALY, O.; SGHAÏER, F.; CHATARD, J. C.; HUE, O.; WISLØFF, U. Field and laboratory testing in young elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v.38, n. 2, p.191-6, Apr 2004.

CHELLY, M. S.; GHENEM, M. A.; ABID, K.; HERMASSI, S.; TABKA, Z.; SHEPHARD, R. Effects of in-season short-term plyometric training program o leg power, jump- and sprint performance of soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2670-2676, Oct 2010.

CHESLEY, A.; MACDOUGALL, J. D.; TARNOPOLSKY, M. A.; ATKINSON, S. A.; SMITH, K. Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 73, n. 4, p. 1383-1388, Oct 1992.

CHIMERA, N. J., SWANIK, K. A.; SWANIK, C. B.; STRAUB, S. J. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. **Journal of Athletic Training**, v. 39, n. 1, p. 24–31, Mar 2004.

CHMIELEWSKI, T. L.; MYER, G. D.; KAUFFMAN, D.; TILLMAN, S. M. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 36, n. 5, p. 308-19, May 2006.

CLARKSON, P. M.; SAYERS, S. P. Etiology of exercise-induced muscle damage. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 24, n. 3, p. 234–248, Jun 1999.

CLEAK, M. J.; ESTON, R. G. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 267-72, Dec 1992.

COOK, C. J.; KILDUFF, L. P.; BEAVEN, C. M. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 1, p. 166-72, Jan 2014.

CREER, A. R.; RICARD, M. D.; CONLEE, R.K.; HOYT, G. L.; PARCELL, A. C. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 2, p. 92-8, Feb 2004.

DE VILLARREAL, E. S.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 715-25, May 2008.

DE VILLARREAL, E. S.; KELLIS, E.; KRAEMER, W. J.; IZQUIERDO, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 495-506, Mar 2009.

DESCHENES, M. R.; BREWER, R. E.; BUSH, J. A.; MCCOY, R. W.; VOLEK, J. S.; KRAEMER, W. J. Neuromuscular disturbance outlasts other symptoms of exercise-induced muscle damage. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 174, n. 2, p. 92-9, Mar 2000.

DIALLO, O.; DORE, E.; DUCHE, P.; VAN PRAAGH, E. Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.41, n. 3, p.342-8, Sep 2001.

DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. **Sports Medicine**, v. 30, n.6 p. 385-94, Dec 2000.

DRUMMOND, M. J.; FUJITA, S.; ABE, T.; DREYER, H. C.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Human muscle gene expression following resistance exercise and blood flow restriction. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 4, p. 691-8, Apr 2008.

DURSEV, L., RAEYSKY, L. Strength training for jumpers. **Soviet Sports**, v. 14, n. 2, p. 53-5, 1979.

ELKINA, Y.; HAEHLING, S.; ANKER, S. D.; SPRINGER, J. The role of myostatin in muscle wasting: an overview. **Journal Cachexia Sarcopenia Muscle**, v. 2, n. 3, p. 143-151, Sep 2011.

ENOKA R. M. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 81, n. 6, p. 2339-46, Dec 1996.

FAHS, C. A.; LOENNEKE, J. P.; ROSSOW, L. M.; THIEBAUD, R. S.; BEMBEN, M. G. Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. **Journal of Trainology**, v.1, p.14-22, 2012.

FARLEY, C. T. Role of the stretch-shortening in jumping. **Journal of Applied Biomechanics**, v.3, n.4, p.436-9, 1997.

FATOUROS, I. G.; JAMURTAS, A. Z.; LEONTSINI, D.; TAXILDARIS, K.; AGGELOUSIS, N.; KOSTOPOULOS, N.; BUCKENMEYER, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 14, n. 4, p. 470-6, Nov 2000.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J.; SANZ-RIVAS, D.; SAES DE VILLARREAL, E.; MOYA, M. The Effects of 8-Week Plyometric Training on Physical Performance in Young Tennis Players. **Pediatric Exercise Science**, Epub ahead of print, Aug 2015.

FLECK, S. J.; KRAEMER, J. W. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 376 p.

FORD, H. T.; PUCKETT, J.; DRUMMOND, J.; SAWYER, K.; GANTT, K.; FUSSELL, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. **Perceptual and Motor Skills**, v. 56, n. 3, p. 919–22, Jun 1983.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.30, n.7, p.1164-1168, Jul 1998.

FRY, C. S.; GLYNN, E. L.; DRUMMOND, M. J.; TIMMERMAN, K. L.; FUJITA, S.; ABE, T.; DHANANI, S.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 108, n. 5, p. 1199-209, May 2010.

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. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 103, n. 3, p. 903-10, Sep 2007.

GEHRI, D. J.; RICARD M. D.; KLEINER, D. M.; KIRKENDALL. D. T. A Comparison of Plyometric Training Techniques for Improving Vertical Jump Ability and Energy Production, **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 12, n. 2, p. 85-9, 1998.

GOLLHOFER, A.; STROJNIK, V.; RAPP, W.; SCHWEIZER, L. Behaviour of triceps surae muscle-tendon complex in different jump conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 64, n. 4, p. 283-91, 1992.

GUNDERMANN, D. M.; WALKER, D. K.; REIDY, P. T.; BORACK, M. S.; DICKINSON, J. M.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Activation of mTORC1 signaling

and protein synthesis in human muscle following blood flow restriction exercise is inhibited by rapamycin. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 306, n. 10, p. E1198-1204, May 2014.

HARRISON, A. J.; KEANE, S. P.; COGLAN, J. Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 473-9, Aug 2004.

HENNEMAN, E. Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. **Science**, v. 126, n. 3287, p. 1345-7, Dec 1957.

HOLCOMB, W. R.; LANDER, J. E.; RUTLAND, R. M.; WILSON, G. D. The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 10, n. 2, p. 89-92, May 1996.

HOLLANDER, D.B.; REEVES, G.V.; CLAVIER, J.D.; FRANCOIS, M.R.; THOMAS, C.; KRAEMER, R.R. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 1, p.235-43, Jan 2010.

HOLMYARD, J.; HAZELDINE, R. Plyometric training: what it is, and how to use it effectively. **Coaching Focus**, v. 17, p. 10-12, 1991.

HOPKINS, W. G. **A Scale of Magnitudes for Effect Statistics**. http://www.sportsci.org/resource/stats/ (Acesso em novembro de 2015). 2002.

HUNTER, J. P.; MARSHAL, R. N. Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 3, p. 478-86, Mar 2002.

INAGAKI, Y.; MADARAME, H.; NEYA, M.; ISHII, N. Increase in serum growth hormone induced by electrical stimulation of muscle combined with blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 11, p. 2715-21, Nov 2011.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L.; GETTMAN, L. R. Intertester reliability of selected skinfold and circumference measurements and percent fat estimates. **ResQ**, v. 49, n. 4, p. 546-51, Dec 1978.

JAMURTAS, A. Z.; FATOUROS, I. G.; BUCKENMEYER, P.; KOKKINIDIS, E; TAXILDARIS, K.; KAMBAS, A.; KYRIAZIS, G. Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 14, n. 1, p. 68-74, Jan 2000.

JR SILVA, C. J.; PALMA, A.; COSTA, P.; JR PEREIRA, P. P.; BARROSO, R. C. L.; JR ABRANTES R. C.; BARBOSA, M. A. M. Relação entre as potências de sprint e salto vertical em jovens atletas de futebol. **Motricidade**, v. 7, n. 4, p. 5-13, 2011.

KAMANDULIS, S.; SKURVYDAS, A.; SNIECKUS, A.; MASIULIS, N.; AAGAARD, P.; DARGEVICIUTE, G.; BRAZAITIS, M. Monitoring markers of muscle damage during a 3 week periodized drop-jump exercise programme**. Journal of Sports Science**, v. 29, n. 4, p. 253–345, Feb 2011.

KARABULUT, M.; CRAMER, J. T.; RYAN, E. D.; ANDERSON, R. L.; HULL, H. R.; SATO, Y.;ABE, T.; BEMBEN, M. G. Effects of KAATSU on muscular function during isometric exercise. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 2, n. 2, p. 19-28, 2006.

KAWADA, S.; ISHII, N. Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 7, p. 1144-1150, Jul 2005.

KIM, E.; GREGG, L. D.; KIM, L.; SHERK, V. D.; BEMBEN, M. G.; BEMBEN, D. A. Hormone responses to na acute bout of low intensity blood flow restricted resistance exercise in college-aged females. **Journal of Sports Science**, v. 13, 1, p. 91-6, Jan 2014.

KOLLIAS, W.; McDERMOTT, J. Transforming growth factor-β and myostatin signaling in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 104, n. 3, p.579-587, Mar 2008.

KOMI, P. V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women**. Medicine & Science in Sports**, v. 10, n. 4, p. 261-5, Winter 1978.

KOOPMAN, R.; ZORENC, A. H.; GRANSIER, R. J.; CAMERON-SMITH, D.; VAN LOON, L. J. Increase in S6K1 phosphorylation in human skeletal muscle following resistance exercise occurs mainly in type II muscle fibers. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 290, n. 6, p. E1245-52, Jun 2006.

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. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 22, n. 2, p. 112, May 2006.

KYRÖLÄINEN, H.; AVELA, J.; MCBRIDE, J. M.; KOSKINEN, S.; ANDERSEN, J. L.; SIPILA, S.; TAKALA, T. E.; KOMI, P. V. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 15, n.1, 58-64, Feb 2005.

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. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 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. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 664-7, Aug 2008.

LAURENTINO, G. C. **Treinamento de força com oclusão vascular: adaptações neuromusculares e moleculares**. 2010. 78f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LAURENTINO, G. C.; UGRINOWITSCH, C.; ROSCHEL, H.; AOKI, M. S.; SOARES, A. G.; NEVES, M., JR.; AIHARA, A. Y.; FERNANDES ADA, R.; TRICOLI, V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 44, n. 3, p. 406-12, Mar 2012.

LEJKOWSKI, P. M.; PAJACZKOWSKI, J. A. Utilization of Vascular Restriction Training in post-surgical knee rehabilitation: a case report and introduction to an under-reported training technique. **Journal of the Canadian Chiropractic Association**, v. 55, n. 4, p. 280-7, 2011.

LIXANDRÃO, M. E. **Efeito de diferentes pressões de oclusão e intensidades de exercício sobre as adaptações morfológicas e funcionais a um programa de treinamento de força**. 2015. 48f. Dissertação (Mestre em Educação Física) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, J. M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 1–4, Jan 2010.

LOENNEKE, J. P.; PUJOL, T. J. KAATSU: Rationale for application in Astronauts. **Hippokratia**, v. 14, n. 3, p. 224, Jul 2010.

LOENNEKE, J. P.; KEARNEY, M. L.; THROWER, A. D.; COLLINS, S.; PUJOL, T. J. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2831-2834, Oct 2010.

LOENNEKE, J. P.; BALAPUR, A.; THROWER, A. D.; BARNES, J. T.; PUJOL, T. J. The perceptual responses to occluded exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 3, p. 181-4, Mar 2011.

LOENNEKE, J.P.; WILSON, J. M.; PUJOL, T. J.; BEMBEN, M. G. Acute and chronic testosterone response to blood flow restricted exercise. **Hormone and Metabolic Research**, v. 43, n. 10, p. 669-73, Sep 2011.

LOENNEKE, J. P.; FAHS, C. A.; WILSON, J. M.; BEMBEN, M. G. Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. **Medical Hypotheses**, v. 77, n. 5, p. 748-52, Nov 2011.

LOENNEKE, J. P.;, FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; SHERK, V. D.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T.; BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, p. 2903-12, Aug 2012.

LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T. Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 24, n. 6, p. e415-422, Dec 2014.

LUEBBERS, P. E.; POTTEIGER, J. A.; HULVER, M. W.; THYFAULT, J. P.; CARPER, M. J.; LOCKWOOD, R. H. Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.17 n.4, p. 704-9, Nov 2003.

LYTTLE, A. D.; WILSON, G. J.; OSTROWSKI, K. J. Enhancing performance: Maximal power versus combined weights and plyometrics training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 10, n. 3, p. 173–9, Jul 1996.

MACDONALD, C. J.; LAMONT H. S.; GARNER, J. C.; JACKSON, K. A comparison of the effects of six weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of power. **Journal of Trainology**, v.2, p.13-8, 2013.

MADARAME, H.; NEYA, M.; OCHI, E.; NAKAZATO, K.; SATO, Y.; ISHII, N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 2, p. 258-63, Feb 2008.

MALISOUX, L.; FRANCAUX, M.; NIELENS, H.; THEISEN, D. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 100, n. 3, p. 771-9, Mar 2006.

MANIMMANAKORN, A.; HAMLIN, M. J.; ROSS, J. J.; TAYLOR, R.; MANIMMANAKORN, N. Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 4, p. 337-42, Jul 2013.

MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 6, p. 349-55, Jun 2007.

MARKOVIC, G.; JUKIC, I.; MILANOVIC, D.; METIKOS, D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 543–9, May 2007.

MARKOVIC, G; MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. **Sports Medicine**, v. 1, n. 40, p. 859-95, Oct 2010.

MARQUES, M. C.; PEREIRA, A.; REIS, I. G.; VAN DEN TILLAAR, R. Does an in-season 6-week combined sprint and jump training program improve strength-speed abilities and kicking performance in young soccer players? **Journal of Human Kinetics**, v. 39, n. 31, p. 157-66, Dec 2013.

McARDLE, W. D.; KATCH F. L.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício.** 5ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2003. 543p.

MCHUGH, M. P.; CONNOLLY, D. A.; ESTON, R. G.; GLEIM, G. W. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. **Sports Medicine**, v. 27, n. 3, p. 157-70, Mar 1999.

MEYLAN, C.; MALATESTA, D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 9, p. 2605-13, Dec 2009.

MICHAILIDIS, Y.; FATOUROS, I. G.; PRIMPA, E.; MICHAILIDIS, C.; AVLONITI, A.; CHATZINIKOLAOU, A.; BARBERO-ÁLVAREZ, J. C.; TSOUKAS, D.;

DOUROUDOS, I. I.; DRAGANIDIS, D.; LEONTSINI, D.; MARGONIS, K.; BERBERIDOU, F.; KAMBAS, A. Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 38-49, Jan 2013.

MICHAILIDIS, Y. Plyometric training programs for young soccer players: a systematic review, **International Journal of Sport Studies**, v. 4, n. 12, p. 1455-61, 2014.

MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 206-11, May 2004.

MOREIRA, A.; SOUZA, M.; OLIVEIRA, P. R. A velocidade de deslocamento no basquetebol. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v.24, n.2, p. 201-215, 2003.

MOREIRA, A.; OKANO, A. H.; SOUZA, M.; OLIVEIRA, P. R.; GOMES, A. C. Sistema de cargas seletivas no basquetebol durante um mesociclo de preparação: implicações sobre a velocidade e as diferentes manifestações de força. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.13, n.3, p, 7-16, 2005.

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

NATIONAL STRENGTH AND CONDITIONING ASSOCIATION. Position statement: explosive/plyometric exercises. **NSCA Journal**, v. 15, n. 3, p.16, 1993.

NIELSEN, J. L.; AAGAARD, P.; BECH, R.D.; NYGAARD, T.; HVID, L. G.; WERNBOM, M.; SUETTA, C; FRANDSEN, U. Proleferation of myogenic stem cells in human skeletal muscle in response to low-load resistance training with blood flow restriction. **Journal of Physiology**, v. 590, n. Pt 17, p. 4351-61, Set 2012.

NOSAKA, K.; CLARKSON, P. M. Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage. **Journal of Sports Science**, v. 15, n. 5, p. 477-83, Oct 1997.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 12, n. 6, p. 337-46, Dec 2002.

OZAKI, H.; KAKIGI, R.; KOBAYASHI, H.; LOENNEKE, J. P.; ABE, T.; NAITO, H. Effects of walking combined with restricted leg blood flow on mTOR and MAPK signalling in young men. **Acta Physiol (Oxf)**, v. 211, n. 1, p. 97-106, May 2014.

PEAKE, J.; NOSAKA, K.; SUZUKI, K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. **Exercise Immunology Review**, v. 11, p. 64-85, 2005.

PEARSON, S. J.; HUSSAIN, S. R. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 2, p. 187-200, Feb 2015.

PEREZ-GOMEZ, J.; CALBET, J. A. Training methods to improve vertical jump performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 53, n. 4, p. 339-57, Aug 2013.

PETERSON, M. D.; ALVAR, B. A.; RHEA, M. R. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, n.4, p.867-73, Nov 2006.

PIENAAR, C.; COETZEE, B. Changes in selected physical, motor performance and anthropometric components of university-level rugby players after one microcycle of a combined rugby conditioning and plyometric training program. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 2, p. 398-415, Feb 2013.

PIERCE, J. R.; CLARK, B. C.; PLOUTZ-SNYDER, L. L.; KANALEY, J. A. Growth hormone and muscle function responses to skeletal muscle ischemia. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 101, n. 6, p. 1588-95, Dec 2006.

PINTO, R. R.; POLITO, M. D. Haemodynamic responses during resistance exercise with blood flow restriction in hypertensive subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Epub ahead of print, Jun 2015.

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J. M.; SCHOENFELD, B. J. Exercise and blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2914-26, 2013.

POTTEIGER, J. A.; LOCKWOOD, R. H.; HAUB, M.D.; DOLEZAL, B. A.; ALMUZAINI, K. S.; SCHROEDER, J. M.; ZEBAS, C. J. Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 13, n.3, p. 275-9, Aug 1999.

PROSKE, U.; MORGAN, D. L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. **Journal of Physiology**, v. 537, n. Pt 2, p.333-45, Dec 2001.

PROSKE, U.; WEERAKKODY, N. S.; PERCIVAL, P.; MORGAN, D. L.; GREGORY, J. E.; CANNY, B. J. Force-matching errors after eccentric exercise attributed to muscle soreness. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 30, n. 8, p. 576-9, Aug 2003.

REEVES, G. V.; KRAEMER, R. R.; HOLLANDER, D. B.; CLAVIER, J.; THOMAS, C.; FRANCOIS, M.; CASTRACANE, V. D. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 101, n. 6, p. 1616-22, Dec 2006.

REINA, C. R.; DOMINGUEZ, R. Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo e hipertrofia muscular. **RICYDE. Revista Internacional De Ciências Del Deporte**, v. 38, n. 10, p. 366-82, Oct 2014.

RIMMER, E.; SLEIVERT, G. Effects of a plyometrics intervention program on sport performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 14, n. 3, p. 295–301, Jul 2000.

SÁEZ DE VILLARREAL, E.; REQUENA, B.; CRONIN, J. B. The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 575-84, Feb 2012.

SATO, Y. The history and future of KAATSU training. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2005.

SCOTT, B. R.; LOENNEKE, J. P.; SLATTERY, K. M.; DASCOMBE, B. J. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. S1440-2440, n. 15, p. 96-1, May 2015.

SIRI, W. E. **Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods**. In BROZEK, J.; HENSCHEL, A. (Eds). Techniques for Measuring Body Composition. National Academy of Sciences, National Research Council: Washington, 1961. 932 p.

SLEIVERT, G. G.; BACKUS, R. D.; WENGER, H. A. Neuromuscular differences between volleyball players, middle distance runners and untrained controls. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, n. 6, p. 390-8, Aug 1995.

SÖHNLEIN, Q.; MÜLLER, E.; STÖGGL, T. L. The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players**. Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 8, p. 2105-14, Aug 2014.

SUDO, M.; ANDO, S.; POOLE, D. C.; KANO, Y. Blood flow restriction prevents muscle damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions. **Physiological Reports**, v. 3, n. 7, p. e12449, Jul 2015.

SUGA, T.; OKITA, K.; TAKADA, S.; OMOKAWA, M.; KADOGUCHI, T.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; TAKAHASHI, M.; MORITA, N.; HORIUCHI, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **Journal of Applied Physiology (1985)**, 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. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 11, p. 3915-20, Nov 2012.

TAKADA, S.; OKITA, K.; SUGA, T.; OMOKAWA, M.; KADOGUCHI, T.; SATO, T.; TAKAHASHI, M.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; MORITA, N.; HORIUCHI, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 113, n. 2, p. 199-205, Jul 2012.

TAKANO, H.; MORITA, T.; IIDA, H.; ASADA, K.; KATO, M.; UNO, K.; HIROSE, K.; MATSUMOTO, A.; TAKENAKA, K.; HIRATA, Y.; ETO, F.; NAGAI, R.; SATO, Y.; NAKAJIMA, T. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. **European Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 1, p. 65-73, Sep 2005.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; ISHII, N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2035-39, Dec 2000.

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. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 88, n. 6, p. 2097-106, Jun 2000a.

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. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 88, n. 1, p. 61-5, Jan 2000b.

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

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. **Japanese Journal of Physiology**, v. 54, n. 6, p. 585-92, Dec 2004.

TANIMOTO, M.; MADARAME, H.; ISHII, N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between "KAATSU" and other types of regimen. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 2, p. 51-6, 2005.

TEE, J. C.; BOSCH, A. N.; LAMBERT, M. I. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine**, v. 37, n. 10, p. 827-36, 2007.

THIEBAUD, R. S.; YASUDA, T.; LOENNEKE, J. P.; ABE, T. Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage. **Interventional Medicine and Applied Science**, v. 5, n. 2, p. 53-9, Jun 2013.

THIEBAUD, R. S.; LOENNEKE, J. P.; FAHS, C. A.; KIM, D.; YE, X.; ABE, T.; NOSAKA, K.; BEMBEN, M. G. Muscle damage after low-intensity eccentric contractions with blood flow restriction. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 101, n. 2, p. 150-7, Jun 2014.

THOMAS, K.; DUNCAN, F.; FRENCH, D.; HAYES, P. R. The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 332–5, Jan 2009.

THORSTENSSON, A.; KARLSSON, J.; VIITASALO, J. H.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 98, n. 2, p. 232-6, 1976.

TOFAS, T.; JAMURTAS, A. Z.; FATOUROS, I.; NIKOLAIDIS, M. G.; KOUTEDAKIS, Y.; SINOURIS, E. A.; PAPAGEORGAKOPOULOU, N.; THEOCHARIS, D. A. Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 490-6, 2008.

TOUMI, H.; BEST, T. M.; MARTIN, A.; GUYER, S. F.; POUMARAT, G. Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 5, p. 391-8, Jul 2004.

TOURINHO FILHO, H. **Periodização de regimes de treinamentos antagônicos:** um estudo sobre o futsal. 2001. 261 p. Tese (doutorado) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, 2001.

TURNER, A. M.; OWINGS, M.; SCHWANE, J. A. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 60-7, Feb 2003.

TWIST, C.; GLEESON, N.; ESTON, R. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. **Journal of Sports Science**, v. 26, n. 10, p. 1073-80, Aug 2008.

UCHIDA, M. C.; NOSAKA, K.; UGRINOWITSCH, C., YAMASHITA, A.; MARTINS, E.JR.; MORISCOT, A. S.; AOKI, M. S. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal of Sports Science**, v. 27, n. 5, p. 499- 507, Mar 2009.

UGRINOWITSCH, C.; BARBANTI, V. J. O ciclo de alongamento e encurtamento e a "performance" no salto vertical, **Revista Paulista de Educação Física**, v. 12, n. 1, p. 85-94, 1998.

UMBEL, J. D.; HOFFMAN, R. L.; DEARTH, D. J.; CHLEBOUN, G. S.; MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 6, p. 687-95, Dec 2009.

VECHIN, F. C.; LIBARDI, C. A.; CONCEIÇÃO, M. S.; DAMAS, F. R.; LIXANDRÃO, 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. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1071-6, Apr 2015.

VERSEN, E.; RØSTAD, V. Low-load ischemic exercise-induced rhabdomyolysis. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 20, n. 3, p. 218-9, May 2010.

VESCOVI, J. D; CANAVAN, P. K.; HASSON, S. Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. **Physical Therapy in Sport**, v. 9, n. 4, p. 185-92, Nov 2008.

VILLARREAL, E. S.; REQUENA, B.; CRONIN, J. B. The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p.575-84, Feb 2012.

WEATHERHOLT, A.; BEEKLEY, M.; GREER, S.; URTEL, M.; MIKESKY, A. Modified Kaatsu training: adaptations and subject perceptions. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 45, n. 5, p. 952-61, May 2013.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEE, R. Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different submaximal loads. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p.372–7, May 2006.

WERNBOM, M; AUGUSTSSON, J.; RAASTAD, T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, n. 4, p. 401-416, 2008.

WERNBOM, M.; JÄRREBRING, 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. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2389-95, Nov 2009.

WERNBOM, M.; PAULSEN, N. G.; NILSEN, T.; HISDAL, J.; RAASTAD, T. Contractile function and sarcolemmal permeability after acute low-load resistance exercise with blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 6, p. 2051-63, Jun 2012.

WERNBOM, M.; APRO, W.; PAULSEN, G.; NILSEN, T. S.; BLOMSTRAND, E.; RAASTAD, T. Acute low-load resistance exercise with and without blood flow restriction increased protein signalling and number of satellite cells in human skeletal muscle. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 12, p. 2953-65, Dec 2013.

WILD, J.; BEZODIS, N.; BLAGROVE, R.; BEZODIS, I. Biomechanical comparision of accelerative and maximum velocity sprinting: Specific strength training consideration. **UKSCA**, v. 21, p. 23–36, 2011.

WILLSON, G. J.; NEWTON, R. V.; MURPHY, A. J.; HUMPHRIES, B. J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 25, n. 11, p. 1279–1286, Nov 1993.

WILSON, G. J.; MUPHY A. J.; GIORGI, A. Weight and plyometric training: Effects on eccentric and concentric force production. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 21, n. 4, p. 301-315, Aug 1996.

WILSON, J. M.; LOWERY, R. P.; JOY, J. M.; LOENNEKE, J. P.; NAIMO, M. A. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3068-75, Nov 2013.

YAMANAKA, T.; FARLEY, R. S.; CAPUTO, J. L. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2523-9, Sep 2012.

YASUDA, T.; FUJITA, T.; MIYAGI, Y.;KUBOTA, Y.; SATO, Y.;NAKAJIMA, T.; BEMBEN, M. G.; ABE, T. Electromyographic responses of arm and chest muscle during bench press exercise with and without KAATSU. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 2, n. 1, p. 15-18, 2006.

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. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 30, n. 5, p. 338-343, Sep 2010.

YASUDA, T.; OGASAWARA, R.; SAKAMAKI, M.; OZAKI, H.; SATO, Y.; ABE, T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 10, p. 2525-33, Oct 2011.

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, Dec 2012.

YOUNG, W. B.; JAMES, R.; MONTGOMERY, I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 42, n. 3, p. 282-8, Sep 2002.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Resolução nº 466/12 – Conselho Nacional de Saúde

O Sr._____ está sendo convidado para participar da pesquisa **intitulada** *"Efeitos do treinamento de força com oclusão vascular sobre o desempenho motor em adultos jovens"*, que tem como **objetivo** verificar os efeitos do treinamento (método pliométrico), com oclusão vascular sobre as capacidades motoras força e velocidade em adultos jovens. A realização desta pesquisa pode ajudar a minimizar a escassez de pesquisas acerca da influência do método de treinamento de força com oclusão vascular em variáveis relacionadas à prática esportiva, desta forma **justificando** a sua realização.

A pesquisa tem como **método** a aplicação de um trabalho com duração de 12 semanas, sendo a primeira semana voltada para a aprendizagem dos movimentos a serem realizados durante o programa de treinamento, já a segunda, sétima e décima segunda semanas serão dedicadas às avaliações e as oito demais semanas ao programa de treinamento de força (método pliométrico) com ou sem a restrição do fluxo sanguíneo. O método pliométrico consiste em executar exercícios de saltos e quedas do caixote. O Sr. terá que dispor, aproximadamente, de 1 hora diária para execução dos treinos. A avaliação das variáveis físicas se dará por testes específicos amplamente difundidos e realizados na literatura internacional científica. Já para as variáveis sanguíneas serão obtidas por meio de coleta de sangue (realizada por enfermeiros especializados nesta atividade), na qual serão coletados 30mL de sangue e, posterior serão realizadas análises de enzimas em laboratório pelos pesquisadores e colaboradores. Os critérios de exclusão desta pesquisa são: 1) apresentar histórico de lesões que impeçam a realização do protocolo experimental; 2) apresentar histórico de doença coronariana ou hipertensiva; 3) absenteísmo superior a 25% do número de sessões previstas.

As análises e os resultados dos testes físicos e das análises sanguíneas do Sr. serão tratados de forma **anônima** e **confidencial**, isto é, em nenhum momento será divulgado o nome do participante em qualquer fase da pesquisa. Quando for necessário exemplificar

determinada situação, a **privacidade** será assegurada uma vez que o nome será substituído de forma aleatória. Os **dados coletados** serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ou revistas científicas.

A participação do Sr. é totalmente **voluntária**, ou seja, a qualquer momento o Sr. pode recusar-se a participar dos treinos ou dos testes e **retirar seu consentimento**. A recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador e com a instituição que forneceu o local para realização da pesquisa.

A **participação** do Sr. nesta pesquisa consistirá em frequentar o programa de treinamento de força (método pliométrico) com ou sem oclusão vascular, os testes físicos e as coletas de sangue oferecidos pelo pesquisador. Os resultados dos testes serão guardados por cinco (05) anos e destruído após esse período, de forma que o Sr. poderá a qualquer momento ter acesso aos resultados.

O Sr. não terá nenhum **custo ou quaisquer compensações financeiras** no decorrer da pesquisa. Além disso, caso o Sr. tenha qualquer dano decorrente da pesquisa, o Sr. tem o direito a indenização conforme as leis vigentes no país.

A participação do Sr. nesta pesquisa não trará nenhum **risco** de lesões quando comparado a outros processos de treinamento de força com ou sem oclusão vascular. Portanto, as probabilidades do treinamento de força realizado em condições de restrição do fluxo sanguíneo quando prescrito e controlado de forma correta, apresenta muito poucos efeitos colaterais, sendo a ocorrência mais indesejada advinda do método, segundo a literatura científica, aparece ser os trombos venosos (hematomas). Outro ponto a ser considerado é que durante o programa de treinamento de força (método pliometria) existe a possibilidade de haver algum tipo de lesão, de ordem desde ligamentar total ou parcial, distensões muscular até fraturas, porém não serão aumentados durante a participação do Sr. em relação ao qualquer outro tipo de programa de treinamento físico. Durante a coleta de sangue há o **desconforto** da picada da agulha podendo levar algum tipo de dor leve e em alguns casos a formação de hematoma no local da coleta.

O **benefício** relacionado à participação do Sr. será a oportunidade de melhorar a sua capacidade física, principalmente sobre a capacidade motora desejável, como, aumento da força muscular e, também ganhos de massa muscular. Além de, que o tempo das adaptações do treinamento de força com oclusão vascular quando comparado ao treinamento tradicional de força podem ser mais rápidas.

O Sr. receberá uma via deste Termo, assinado e rubricado em todas as páginas pelo Sr. e pelos pesquisadores responsáveis, onde consta o e-mail/telefone dos pesquisadores responsáveis e o contato da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas, podendo solucionar e esclarecer as suas dúvidas sobre o projeto, antes e durante a realização da pesquisa.

Desde já agradecemos!

_____	_____
Pesquisador responsável	Pesquisador responsável
Luiz Guilherme Cruz Gonçalves	Enrico Fuini Puggina

Pesquisadores responsáveis:

Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina e Luiz Guilherme Cruz Gonçalves.

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Avenida Bandeirantes, 3900, Monte Alegre, Ribeirão Preto/SP.

e-mail: enrico@usp.br / telefone: (16) 3602-0342 – Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina

e-mail: luiz.goncalves@usp.br / telefone: (16) 98110-9020 – Luiz Guilherme Cruz Gonçalves

Contato Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo: (16) 3602-3289 e **Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas**: (16) 3602-2228

Declaro estar ciente do inteiro teor deste TERMO DE CONSENTIMENTO e estou de acordo em participar da pesquisa proposta, sabendo que o Sr. pode desistir a qualquer momento, sem sofrer qualquer punição ou constrangimento.

Data: _____/_____/_____

Assinatura: _____

N° do RG do participante: _____

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO DA USP -

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM OCLUSÃO VASCULAR SOBRE O DESEMPENHO MOTOR EM ADULTOS JOVENS

Pesquisador: LUIZ GUILHERME CRUZ GONÇALVES

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 31037914.7.0000.5440

Instituição Proponente: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP -

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 775.212

Data da Relatoria: 20/08/2014

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os seguintes documentos: a) Folha de rosto, assinada pelo pesquisador responsável e pelo Diretor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP; b) Projeto de Pesquisa, com o orçamento detalhado, cronograma do estudo e referências bibliográficas e c) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Recomendações:

O pesquisador atendeu às recomendações deste CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto e à luz da Resolução CNS 466/2012, o projeto de pesquisa Versão número 2
Data de modificação: 04 de Agosto de 2014, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Versão número 2 Data de modificação: 04 de Agosto de 2014, podem ser enquadrados na categoria APROVADO.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto Aprovado: Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP, relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP em nova versão, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.