



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

MURILO CESAR CARVALHO CHRIST

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO
SANGUÍNEO E SUPERFÍCIE INSTÁVEL NA FORÇA E MASSA
MUSCULAR E NO EQUILÍBRIO**

CAMPINAS 2019

MURILO CESAR CARVALHO CHRIST

EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO
SANGUÍNEO E SUPERFÍCIE INSTÁVEL NA FORÇA E MASSA
MUSCULAR E NO EQUILÍBRIO

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Educação Física na Área de concentração: Biodinâmica do Movimento e Esporte.

Orientador: Renato Barroso da Silva

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DISSERTAÇÃO DEFENDIDA
PELO ALUNO MURILO CESAR CARVALHO CHRIST,
E ORIENTADA PELO PROF. DR. RENATO BARROSO DA SILVA

CAMPINAS 2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação Física
Dulce Inês Leocádio - CRB 8/4991

C461e Christ, Murilo Cesar Carvalho, 1988-
Efeitos do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo e superfície instável na força e massa muscular e no equilíbrio / Murilo Cesar Carvalho Christ. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Renato Barroso da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Treinamento de força. 2. Propriocepção. 3. Fluxo sanguíneo. I. Silva, Renato Barroso da. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Effects of strength training with restriction of blood flow and unstable surface on muscle strength and mass and on balance

Palavras-chave em inglês:

Resistance training

Proprioception

Blood flow

Área de concentração: Biodinâmica do Movimento e Esporte

Titulação: Mestre em Educação Física

Banca examinadora:

Renato Barroso da Silva [Orientador]

Marco Carlos Uchida

Valmor Alberto Augusto Tricoli

Data de defesa: 24-05-2019

Programa de Pós-Graduação: Educação Física

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-7178-728>
- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/9535032875790971>

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Renato Barroso da Silva

(Orientador)

Prof. Dr. Marco Carlos Uchida

(Titular)

Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli

(Titular)

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação e na Secretaria do Programa da Unidade.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais Fernando e Carla. Aos meus irmãos Diogo, Douglas e Isabela. A família é a base de tudo.

Muito obrigado Luana, minha noiva, companheira de todos os dias. Sem você, esta jornada seria muito mais difícil. Te amo.

Ao meu orientador Professor Doutor Renato Barroso pela oportunidade, ensinamentos e paciência por todo este processo.

Obrigado amigos do laboratório. Pelas coletas, leituras, e auxílio em diversos momentos. Este trabalho também é fruto da dedicação de vocês.

Agradeço a equipe do LABFEF pelo apoio e suporte quando necessário durante o período de coletas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O Treinamento de Força (TF) é tradicionalmente conhecido como uma das estratégias de treino mais utilizadas para se obter ganhos de força e hipertrofia muscular. Entretanto, estudos mais recentes apontam que o TF associado a restrição do fluxo sanguíneo tem sugerido resultados similares na hipertrofia se comparados ao TF. Uma outra estratégia de treinamento vem sendo bastante estudada e utilizada por profissionais da saúde e das ciências do esporte envolve a realização de exercícios em superfície instável. Estes requerem uma alta demanda atencional, proprioceptiva, de controle de equilíbrio e ativação. Entretanto, este tipo de treinamento atenua os ganhos na hipertrofia e força apesar de serem importantes para a melhora do equilíbrio, propriocepção e prevenção de lesões. Deste modo, o presente estudo tem como objetivo analisar os efeitos crônicos do TF realizados em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo e verificar as respostas relacionadas a força máxima, hipertrofia, equilíbrio estático e dinâmico. Vinte e nove voluntários, homens, destreinados em força foram divididos em três grupos, sendo que um deles realizou o treino de força tradicional (TF), outro em superfície instável (TF-SI) e o terceiro realizou o treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo (TF-SI-RFS). O estudo foi desenvolvido em onze semanas, sendo duas semanas para avaliações e familiarização, oito semanas de treinamento, com duas sessões semanais de um treinamento de força de membros inferiores e uma semana para reavaliações, e os resultados demonstraram que houve diferença pré e pós para a hipertrofia muscular, porém sem diferença entre os grupos, assim como para a variável força. Sobre o equilíbrio estático, não existiram diferenças entre grupos e também não houve efeito de tempo. Com relação ao equilíbrio dinâmico, existiu efeito simples para os grupos TF-SI para equilíbrio dinâmico a frente e equilíbrio dinâmico pósterolateral, já para o grupo TF-SI-RFS existiu efeito simples para o equilíbrio dinâmico pósterolateral somente. Sendo assim, o estudo conclui que o treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo promove efeitos semelhantes ao treinamento de força tradicional.

Palavras Chaves: Treinamento de Força; Propriocepção; Fluxo Sanguíneo.

ABSTRACT

Strength Training (TF) is traditionally known as one of the most commonly used training strategies for gaining strength and hypertrophy. However, more recent studies indicate that TF associated with blood flow restriction has suggested similar results in hypertrophy if compared to TF. Another training strategy that has been extensively studied and used by health professionals and sports sciences involves performing exercises on an unstable surface. These require a high attentional, proprioceptive demand for balance control and activation. However, this type of training attenuates gains in hypertrophy and strength despite being important for improving balance, proprioception and injury prevention. Thus, the present study aims to analyze the chronic effects of TF performed on an unstable surface with of blood flow restriction and verify the responses related to maximum strength, hypertrophy, static and dynamic balance. Twenty-nine male volunteers, untrained in strength, were divided into three groups, one of which performed traditional strength training (TF), another on an unstable surface (TF-SI), and the third performed strength training on an unstable surface with blood flow restriction (TF-SI-RFS). The study was developed over eleven weeks, two weeks for assessments and familiarization, eight weeks of training, with two weekly sessions of lower limb strength training and one week for reevaluations, and the results showed that there was a pre and post difference to the muscular hypertrophy, but without difference between the groups, as well as for the strength variable. Regarding the static balance, there were no differences between groups and there was also no time effect. In relation to the dynamic balance, there was a simple effect for the TF-SI groups for forward dynamic balance and posterior-lateral dynamic balance, whereas for the TF-SI-RFS group there was a simple effect for the posterior-lateral dynamic balance only. Thus, the study concludes that unstable surface strength training with restriction of blood flow promotes effects similar to traditional strength training.

Key Words: Strength training; Proprioception; Blood Flow.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	11
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1 Adaptações ao treinamento de força.....	12
3.2 Treinamento em superfície instável.....	13
3.3 Treinamento de força em superfície instável.....	15
3.3.1 Equilíbrio.....	16
3.3.2 Força e potência musculares.....	17
3.3.3 Hipertrofia muscular.....	20
3.4 Treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo.....	21
4 MÉTODOS.....	25
4.1 Participantes.....	25
4.2 Desenho Experimental.....	25
4.3 Avaliações.....	26
4.3.1 Teste de força dinâmica máxima.....	26
4.3.2 Espessura Muscular.....	27
4.3.3 Avaliação de equilíbrio estático (Standing Stork Test).....	27
4.3.4 Avaliação de equilíbrio dinâmico (Balance Y Test).....	28
4.3.5 Determinação da pressão de restrição.....	29
4.4 Protocolo de exercícios.....	30
4.5 Análise estatística.....	32
5 RESULTADOS.....	33
5.1 Força dinâmica máxima	33
5.2 Intensidade relativa.....	33
5.3 Volume total.....	34
5.4 Hipertrofia muscular.....	34
5.5 Equilíbrio estático.....	35
5.6 Equilíbrio dinâmico.....	35
6 DISCUSSÃO.....	37
7 CONCLUSÃO.....	42
8 REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O processo de treinamento físico é baseado em um conjunto de sessões de treinamento que são organizadas de forma sistematizada e numa sequência lógica, com o intuito de gerar adaptações positivas. Esse procedimento de sistematizar o treinamento físico visa realizar ajustes específicos para o aumento do desempenho físico esportivo e prevenir o excesso de treinamento (STONE et al., 2000).

O músculo esquelético possui uma grande capacidade de se adaptar aos estímulos proporcionados pelo treinamento físico. Essa enorme capacidade de modificação das estruturas frente às diferentes demandas funcionais é denominada plasticidade muscular (COFFEY e HAWLEY, 2007). Uma das principais adaptações que ocorre neste tecido é a hipertrofia muscular, geralmente decorrente do treinamento de força (CAMPOS et al., 2002).

O treinamento de força (TF) tem como objetivo aumentar a força e massa muscular através da realização de movimentos contra uma resistência é uma maneira de conseguir alcançar esses objetivos (FLECK e KRAEMER, 2006). Na literatura, diferentes protocolos de TF são sugeridos a partir de mudanças nas variáveis do treinamento, como intensidade, volume, intervalos de recuperação, velocidade de execução, tipo de ação muscular e a amplitude de movimento (KRAEMER e RATAMESS 2004; CAMPOS et al., 2002). Controlar corretamente cada uma dessas variáveis durante o TF pode modificar as respostas e as adaptações tanto de forma aguda como crônica. Uma recomendação do *Colégio Americano de Medicina do esporte* (ACSM, 2009) é de que os praticantes iniciantes e intermediários realizem os exercícios no treinamento de força com intensidade entre 60-70% de 1RM, enquanto os indivíduos treinados deveriam utilizar intensidades de 80-100% de 1RM.

Outro tipo de treinamento que é realizado, mas que ainda está muito associado à reabilitação, é o treinamento de força em superfície instável (TF-SI). Neste treinamento, os indivíduos utilizam aparelhos/superfícies (*e.g.*, blocos de EVA, *dyna discs*, *balance disc*, *BOSU®*, *physioball*) para promover a instabilidade (ANDERSON e BEHM, 2005; BEHM e ANDERSON, 2006; BEHM e COLADO, 2012). Também conhecido como treinamento proprioceptivo, visa um melhor equilíbrio e controle postural a partir de contribuições visuais, vestibulares e de cinestesia articular (sensação do movimento da articulação). O TF-SI pode ser considerado uma intervenção de alta complexidade motora, pois requer uma alta demanda atencional, proprioceptiva, de ativação muscular e este tipo de treinamento promove uma melhora no equilíbrio estático e no dinâmico (KIBELE e BEHM, 2009; SILVA-BATISTA et

al., 2016). Porém, a intensidade no exercício em superfície instável tende a diminuir (CRESSEY et al., 2007) e conseqüentemente os ganhos de força e massa muscular podem ser menores.

Considerando que a realização do treinamento de força em superfície instável pode comprometer a sobrecarga mecânica e conseqüentemente os ganhos de força e hipertrofia muscular, pensar em uma estratégia que minimize as possíveis atenuações nas adaptações parece importante. A restrição de fluxo sanguíneo (RFS) surge como uma alternativa para minimizar os efeitos da menor sobrecarga mecânica, uma vez que o TF associado à RFS tem apresentado resultados semelhantes em ganhos de força e de massa muscular (TAKARADA, et al., 2000; MATTAR, GUALANO e PERANDINI, et al., 2014; SLYSZ, STULTZ e BURR, 2016).

A RFS consiste em restringir parcialmente o fluxo sanguíneo para a musculatura exercitada com a utilização de manguitos de pressão ou faixas elásticas durante o exercício (TAKARADA, et al., 2000). Diferentes estudos apontam que ao associar a RFS com um treinamento de força, há uma ativação de uma cascata de eventos decorrentes da diminuição do aporte sanguíneo (SCHOENFELD, 2013). A redução do fluxo sanguíneo causa a queda dos níveis de oxigênio na musculatura exercitada (MANINI e CLARK, 2009), aumentando o metabolismo anaeróbio, e conseqüentemente elevando a concentração de lactato e reduzindo o pH (TAKARADA et al., 2000; FUJITA et al., 2007). Sendo assim, o treinamento de força associado a uma restrição de fluxo sanguíneo promove estresse metabólico, sendo este um estímulo para a hipertrofia muscular (LAURENTINO et al., 2008; TAKARADA et al., 2000). Dessa forma, ao associar o TF-SI com a RFS, existe a possibilidade de os ganhos de massa muscular serem semelhantes ao TF tradicional, mesmo com menor sobrecarga mecânica, e mantendo os benefícios associados ao TF-SI.

2 OBJETIVOS

Comparar o as alterações de força e de massa muscular e no equilíbrio estático e dinâmico obtidos com o Treinamento de Força Tradicional (TFT), o Treinamento de Força em Superfície Instável (TF-SI) e o Treinamento de Força em Superfície Instável com Restrição de Fluxo Sanguíneo (TF-SI-RFS), após um período de 8 semanas em homens jovens destreinados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Adaptações ao Treinamento de Força

O TF tem sido proposto como um importante estímulo para promover o aumento da força, da massa muscular e do equilíbrio (KRAEMER e RATAMESS, 2004; KIBELE e BEHM, 2009). O resultado deste aumento de força é proveniente de adaptações neurais e morfológicas.

De acordo com o *Colégio Americano de Medicina do esporte* (ACSM, 2009), para ganhos de força, os indivíduos deverão trabalhar com cargas de treinamento de 60-70% de 1RM, com séries de 8-12 repetições para sujeitos iniciantes e intermediários, e intensidades de 80-100% de 1RM para indivíduos treinados. É conhecido que o estresse mecânico provocado por esse tipo de treinamento tem um papel importante no desencadeamento dos processos associados a hipertrofia muscular (KRAEMER e RATAMESS, 2004; TIDBALL, 2005).

Nas 4-6 semanas iniciais de um período de TF, há um aumento dos níveis de força, desencadeado primordialmente por adaptações neurais (MORITANI e DE VRIES, 1979). Um estudo que utilizou sujeitos não-treinados demonstrou que o aumento da força muscular ocorreu de forma mais acentuada durante as primeiras semanas de treinamento, atribuindo esse fenômeno às adaptações neurais (HAKKINEN et al., 1998). Dentre essas adaptações, pode-se destacar o aumento da coordenação intramuscular (aumento do recrutamento e da frequência de disparo das unidades motoras dos músculos agonistas) e intermuscular (redução da coativação dos músculos antagonistas e aumento da ativação dos músculos sinérgicos) (ENOKA e GANDEVIA, 2006; HAKKINEN et al., 2000; CORMIE, MCGUIGAN e NEWTON, 2011).

Após esse período inicial, a contribuição das adaptações morfológicas aumenta, enquanto a das adaptações neurais diminui. O ganho de força depende, então, da otimização dessas adaptações durante o treinamento (MORITANI e DE VRIES, 1979). As adaptações morfológicas estão relacionadas principalmente com o aumento da massa muscular (PUTMAN et al., 2004), decorrente da hipertrofia das células existentes (KADI et al., 2004). De maneira simplificada, o aumento da massa muscular é decorrente do balanço positivo na relação entre síntese e degradação proteica (TIDBALL, 2005; CAMPOS et al. 2002;). Esse processo promove um aumento da quantidade de proteínas contráteis e não contráteis, que resulta em aumento de sarcômeros, e do tamanho e do número de miofibrilas. Em última instância, essas alterações levam ao aumento do diâmetro das fibras individuais (BASSEL-DUBY e OLSON, 2006).

Entretanto, diferentes moduladores do processo hipertrófico são estudados na literatura, dentre os quais podemos destacar o dano muscular proveniente do TF (KADI et al., 2004; TIDBALL 2005; CLARKSON e HUBAL, 2002), estresse mecânico (TIDBALL, 2005; HORNBERGER e CHIEN, 2006) o estresse metabólico (BURD et al., 2012; MITCHELL et al., 2012; SCHOENFELD, 2013), além da ação de hormônios (GOTO et al., 2005).

O estresse mecânico está relacionado com quantidade de peso levantada em cada repetição e pelo número de repetições feitas por série (ACSM, 2009). Acredita-se que este seja um dos fatores mais importantes para a hipertrofia decorrente do treinamento de força (GENTIL et al., 2006). As células musculares são capazes de converter sinais mecânicos em sinais químicos que ativam diferentes vias de sinalização para a síntese de proteínas, como a PI3K/Akt/mTOR. Porém, os mecanismos e a investigação dessas vias estão além do escopo deste estudo.

Com a progressão da realização das repetições em uma série de treinamento de força, a produção de energia para a contração muscular gera um acúmulo de subprodutos do metabolismo. O estresse metabólico está relacionado com este acúmulo desses subprodutos e parece ter importante papel no processo de hipertrofia muscular em resposta ao treinamento de força (CREWETHER et al., 2006). O estresse metabólico está associado à diminuição da capacidade de produção de força e pode aumentar o recrutamento de unidades motoras para manter o nível necessário de força. Essas novas unidades motoras recrutadas são formadas por fibras de contração rápida.

3.2 Treinamento em Superfície Instável

O Treinamento em Superfície Instável (TF-SI) é realizado em qualquer aparelho, piso ou superfície que promova algum tipo de instabilidade (*e.g.*, blocos de EVA, *dyna discs*, *balance disc*, *BOSU®*, *physioball*) (ANDERSON e BEHM, 2005; BEHM e ANDERSON, 2006; BEHM e COLADO, 2012). Diferentemente de um treinamento em superfície estável, este tipo de treinamento requer durante o exercício uma alta demanda atencional, proprioceptiva, de controle de equilíbrio e ativação muscular. Além disso, ele exige uma produção de força necessária para superar a intensidade e manter a estabilidade, além de promover um grande desafio ao sistema neuromuscular, sendo que se sugere que um dos seus principais benefícios seja a redução o número de lesões (KIBELE e BEHM, 2009).

O TF-SI tem papel importante no estímulo da propriocepção, definida como a percepção posicional e postural que o indivíduo tem do seu corpo e espaço. Além disso, a propriocepção contribui tanto para a velocidade do movimento, quanto para o seu sentido

(DOMINGUES, 2008). Do ponto de vista prático, a informação dos proprioceptores contribui para o controle postural, para a estabilidade articular e para diversas sensações conscientes. Deste modo, desempenham um papel determinante na capacidade do indivíduo realizar, de maneira segura, eficiente e tecnicamente ajustada os diferentes gestos desportivos (BRITO, SOARES e RABELO, 2009). O processamento dos estímulos sensoriais provenientes do meio através dos exteroceptores e proprioceptores auxiliam nos ajustes posturais que precedem o movimento. Desta maneira, consegue-se a adequação para o início de um movimento voluntário, uma vez que ajustes antecipatórios e os movimentos voluntários parecem ser parte de um mesmo programa motor (FORMIGONI, 2005).

O TF-SI pode seguir uma progressão do nível de dificuldade. Domingues (2008) elaborou um esquema para demonstrar esta progressão de treino como podemos verificar abaixo na Figura 1:

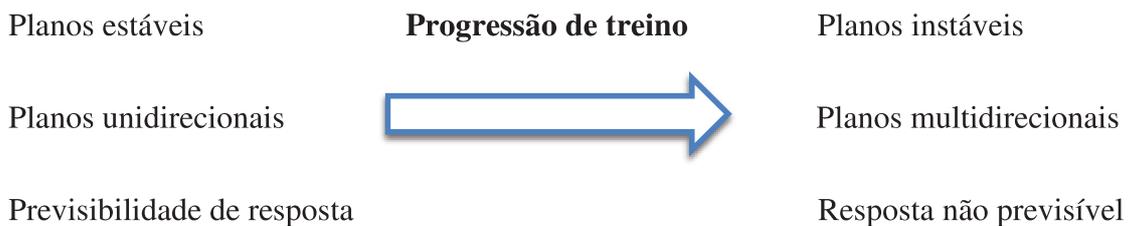


Figura 1 - Progressão no treinamento em superfície instável (adaptado de Domingues, 2008)

Para Ergen e Ulkar (2008), o treino em superfície instável promove alterações proprioceptivas na articulação do tornozelo, fortalecendo os músculos e ligamentos. Indivíduos com uma baixa propriocepção do tornozelo beneficiam-se de programas de exercícios em instabilidade, pois estes estímulos não são positivos somente na fase de reabilitação, mas também, durante o momento de competição, fazendo com que o cérebro consiga reconhecer a posição dos segmentos corporais em todo instante.

Portanto, a utilização do TF-SI, por proporcionar grandes estímulos proprioceptivos, é uma ferramenta na prevenção de lesões esportivas, desde a iniciação até o alto rendimento, pois as execuções repetidas de gestos esportivos equivocados podem sobrecarregar articulações, causar dor e o indivíduo pode se adaptar à realização de movimentos incorretos, gerando problemas posturais, dores e perda de rendimento (FORMIGONI, 2005).

Mandelbaum et al. (2005) verificaram a importância de um treinamento em superfície instável na diminuição da incidência de lesão do ligamento cruzado anterior em

jogadoras de futebol. Foi avaliada a incidência de lesões do ligamento cruzado anterior em duas temporadas de futebol em mais de 2000 jogadoras. Em cada temporada, houve uma divisão randomizada, na qual um grupo era o controle (aquecimento tradicional), e no outro era realizada a intervenção (treinamento neuromuscular e proprioceptivo). Os resultados obtidos do estudo foram que durante a primeira temporada, o grupo que realizou a intervenção teve 88% menos lesões de ligamento cruzado anterior comparado ao grupo controle. Já na temporada seguinte, o grupo intervenção teve 74% menos lesões se comparados com o controle.

Prentice (2002) elaborou um esquema demonstrando o paradigma da instabilidade funcional, descrevendo a influência da instabilidade mecânica e dos déficits proprioceptivos como fatores que predisõem o joelho a lesões repetitivas (Figura 2).

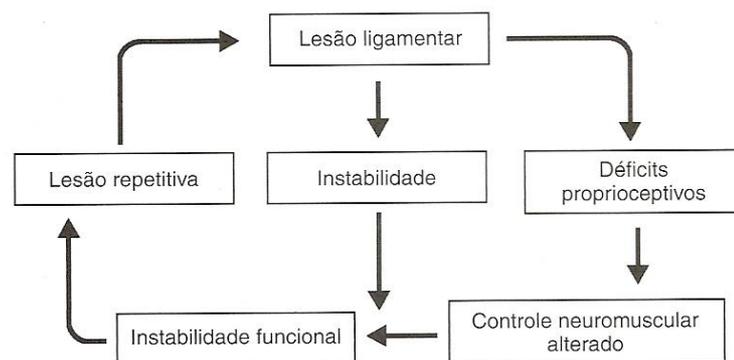


Figura 2 - Fatores que predisõem o joelho a lesões repetitivas (PRENTICE, 2002)

Os exercícios em superfície instável devem ser repetidos por diversas vezes, com curtos intervalos de tempo a fim de induzir um aumento da rigidez muscular que acarretará em uma elevação da sensibilidade dos receptores, fornecendo informações sensoriais para o movimento e posicionamento articular. As atividades devem iniciar sem carga, progredindo para exercícios com carga (treinamento de força), e prioritariamente com exercícios que sejam de cadeia fechada, simulando a atividade dos membros inferiores (PRENTICE, 2002).

Os benefícios do treinamento em superfície instável incluem a redução da instabilidade funcional, a diminuição do risco de lesão, o aumento da estabilidade postural e do tônus muscular (ERGEN e ULKAR, 2008). As informações relacionadas à propriocepção podem ser utilizadas para corrigir a velocidade e erros de regulação induzidos por perturbações

súbitas de resistência durante o movimento que está sendo executado (ERGEN e ULKAR, 2008).

3.3 Treinamento de força em superfície instável

Por muito tempo, os exercícios de força realizados em uma superfície instável eram parte de um treinamento voltado para a reabilitação esportiva. Porém, seu papel no desempenho e treinamento de força tem sido cada vez mais estudado e discutido.

3.3.1. Equilíbrio

Um aumento da ativação dos músculos estabilizadores de tronco é considerado uma das principais características dos exercícios de força em superfície instável, que deste modo, pode promover uma melhora do equilíbrio (ZEMKOVÁ, et al. 2017). De fato, o artigo de revisão de Behm e Colado (2012) reportou uma evolução de 105% no equilíbrio (tamanho do efeito TE=1,2, grande) para estudos nos quais os indivíduos realizaram exercícios de equilíbrio e propriocepção sem sobrecarga. Já outro estudo no qual os voluntários realizaram um treinamento de força em superfície instável por 7 semanas, apresentou melhoras de 4,4% para o equilíbrio estático e 14,7% para o equilíbrio dinâmico em média. (KIBELE e BEHM, 2009). Kibele et al. (2014) não encontraram diferenças entre o grupo TF e o TF-SI para a variável equilíbrio estático (utilizando o *Standing Stork Test*) e nem diferenças entre Pré e Pós treinamento. Entretanto, para o equilíbrio dinâmico, ambos os grupos tiveram efeito de tempo, com destaque para o grupo TF-SI que obteve uma melhora de 18,4% na média do grupo.

Importante destacar que para uma população de adolescentes fisicamente ativos e maturados, foi encontrada uma correlação positiva entre melhores resultados em equilíbrio com melhor desempenho em testes de força e potência (HAMMAMI, et al., 2016). Além disso, um treinamento com exercícios de equilíbrio estático, de 4 sessões semanais, com duração de 6 semanas, melhorou o equilíbrio estático em 33% demonstrando que a especificidade da tarefa é algo que pode influenciar num determinado tipo de teste (KEAN, BEHM E YOUNG, 2006).

Outro dado importante que pode ser destacado é de que o mesmo grupo que treinou exercícios de equilíbrio estático obteve uma melhora no salto vertical de 9,5%, reforçando a ideia de que o treino de equilíbrio pode ter a sua importância também quando falamos de desempenho (KEAN, BEHM E YOUNG, 2006).

Importante destacar que os diferentes programas de treinamento em superfície instável basicamente se baseiam em exercícios que promovam algum tipo de instabilidade,

porém sem sobrecarga. Muitas das atividades do treino de instabilidade envolvem somente o peso corporal do indivíduo e uma plataforma, superfície ou dispositivo que promova algum tipo de instabilidade. Verificar o real efeito do treinamento de força em superfície instável para o equilíbrio estático e dinâmico é algo ainda a ser investigado.

3.3.2. Força e potência musculares

A instabilidade compromete a potência no agachamento em intensidade mais alta (ZEMKOVÁ, et al., 2014). Já com relação ao efeito da fadiga para uma série de agachamento pré-determinada em 25 repetições e intensidade 70% de 1RM, a mesma autora encontrou resultados semelhantes para o exercício feito em superfície estável e o exercício realizado sobre o *BOSU* para a variável potência média da fase concêntrica (ZEMKOVÁ et al., 2017).

No entanto, ao mesmo tempo que a instabilidade aumenta a ativação dos músculos estabilizadores de tronco, ela também diminui a produção de força máxima e potência em aproximadamente 30% (TE = 2,1, grande) (BEHM e COLADO, 2012). Importante salientar que na revisão de Behm e Colado (2012) foram apresentados somente dois estudos relacionados a força e potência de membros inferiores, e que compararam, de maneira aguda, os efeitos da instabilidade no agachamento livre (DRINKWATER, et al., 2007) e no levantamento terra (CHULVI-MEDRANO, et al., 2010).

Drinkwater et al. (2007) avaliaram 3 séries de 3 repetições de agachamento livre em 3 superfícies (piso estável, almofadas de espuma e *BOSU*). Uma das séries foi realizada somente com a barra olímpica, a outra com uma carga de 10 repetições máximas (10RM), e por fim uma série com 40% da carga de 10RM. O uso de superfícies instáveis durante a realização do agachamento livre reduziu a velocidade e a potência concêntricas (DRINKWATER, et al., 2007). Porém, a avaliação de força do estudo utilizada não foi, por exemplo, um teste de 1RM ou 10RM nas três diferentes condições, afim de constatar qual foi a queda relativa da força.

Já o estudo de Chulvi-Medrano et al. (2010) avaliou o levantamento terra em superfície estável e em duas condições de instabilidade diferentes. Os participantes realizaram um teste isométrico do levantamento terra afim de verificar a produção de força isométrica e ativação de músculos do tronco em cada uma das condições. O exercício dinâmico baseou-se em uma série de 5 movimentos e carga de 70% da força isométrica máxima obtida em cada uma das superfícies. Sobre os resultados, o estudo apontou que durante o teste isométrico, a condição superfície estável apresentou melhor desempenho, e com relação a ativação muscular, tanto no exercício isométrico, quanto no dinâmico, ela foi maior na condição de superfície estável. Todavia, este estudo não avaliou se o % de força produzida para o levantamento terra

é menor em condições de instabilidade, assim como não foi feito um teste de força máxima em cada uma das superfícies.

Em ambos os estudos, o exercício em uma condição de instabilidade foi mais afetado se comparado ao mesmo exercício realizado da maneira tradicional, para as variáveis força e potência. De acordo com estes resultados, podemos presumir que os efeitos do treinamento de força em superfície instável de maneira crônica podem ser menores para ganhos de força se comparados ao TF tradicional, pois com uma provável diminuição da intensidade neste tipo de treinamento os ganhos de força podem ser atenuados.

Adaptações a períodos de treinamento de força em instabilidade foram pouco estudadas até o momento. Um estudo comparou o treinamento de força tradicional e o treinamento de força em superfície instável (TF-SI) em indivíduos com doença de Parkinson, sendo que estes foram divididos em três grupos: controle, treino de força tradicional e treino de força em superfície instável (SILVA-BATISTA et al., 2016). Foram realizadas avaliações sobre aspectos clínicos (mobilidade, equilíbrio, desempenho da marcha, qualidade de vida dentre outros), força máxima e hipertrofia além de respostas dos mecanismos inibitórios espinhais.

Após o período de intervenção, os seguintes resultados foram encontrados: o grupo que treinou força em superfície instável melhorou em todos os aspectos clínicos se comparados ao grupo de treinamento de força tradicional. Além disso, ambos os grupos tiveram respostas positivas relacionadas a força e área de secção transversa se comparados ao grupo controle, porém não houve diferença entre ambos os grupos (SILVA-BATISTA et al., 2016).

No caso do estudo demonstrado acima, em que efeitos positivos foram encontrados, é importante destacar que a amostra tinha uma patologia específica, a doença de Parkinson, além do fator idade dos indivíduos que também deve ser destacado por serem idosos. Outro estudo comparou os efeitos do treinamento de força em superfície estável e instável de 7 semanas, porém em jovens homens e mulheres, fisicamente ativos, e sem experiência em treinamento de força (KIBELE e BEHM, 2009). Os participantes foram divididos em dois grupos: um grupo treinou de maneira tradicional (exercícios como supino, fly, pulldown, levantamento olímpico e leg press em séries de 70 a 75% de 1RM) e o outro que treinou os mesmos exercícios, porém não realizou o leg press e executou o levantamento olímpico a uma intensidade de 50% de 1RM em superfície instável. Além disso, a série continha quatro exercícios de estabilização de tronco utilizando a bola suíça. Os protocolos de treinamento foram aplicados 2 vezes por semana durante 7 semanas. Foram avaliadas variáveis relacionadas a força, equilíbrio e desempenho. Os resultados do estudo não demonstraram diferenças entre

os grupos, sugerindo que o treinamento de força em conjunto com exercícios em instabilidade pode ser considerado tão eficiente quanto o tradicional, e ainda proporciona uma maior variabilidade no treinamento (KIBELE e BEHM, 2009).

Importante frisar que o desenho do estudo de Kibele e Behm (2009) não adicionou o exercício de leg press em superfície instável, somente o levantamento olímpico, diferente do nosso estudo, em que cada grupo treinou os mesmos exercícios, sendo um grupo em superfície estável e os outros em superfície instável. Além disso, os exercícios de estabilização de tronco não necessariamente são considerados como um exercício de força em superfície instável por não apresentarem uma sobrecarga externa.

Maté-Muñoz, et al. (2014) dividiram 36 homens saudáveis e não treinados em dois grupos e compararam os efeitos de um treinamento de força em circuito tradicional, com um treinamento em condições de instabilidade (utilizando equipamentos como *BOSU®* e *TRX®*) durante um período de 7 semanas, com 3 sessões semanais. O estudo avaliou força dos membros superiores e inferiores. Como resultados, foram verificados aumentos no 1RM no agachamento de 13,0% e 12,6% e no 1RM no Supino foram de 4,7% e 4,4%, para os grupos Instabilidade e Tradicional, respectivamente. Apesar da diferença entre os momentos pré e pós, não foram encontradas diferenças entre grupos.

Deste modo, os autores apontaram que um treinamento em instabilidade é tão eficaz em homens não treinados como o treinamento tradicional, pensando na variável força (MATÉ-MUÑOZ et al., 2014). Uma crítica a este estudo se dá pelo fato de que em ambos os grupos, o controle da intensidade assim como o aumento da mesma se deu por meio de uma escala de Borg, principalmente no grupo TF-SI, no qual a intensidade durante as sessões aumentava somente mudando a posição corporal ou com uma superfície com maior instabilidade.

Outro estudo verificou os efeitos de um treinamento de 7 semanas para membros inferiores em superfícies estáveis e instáveis (KIBELE, et al., 2014). Participaram do estudo 33 homens fisicamente ativos sem experiência em treinamento de força. Foram realizados testes de força isométrica de extensão de joelho, equilíbrio estático (*Standing Stork Test*), equilíbrio dinâmico (*Balance Beam Test*), salto (salto com contramovimento, *Hurdle Jump Test* e *Left-Right-Hop-Test*), agilidade (*Hexagonal Obstacle Test*). Com relação aos exercícios executados, todos os indivíduos realizaram o agachamento, sendo que o grupo estabilidade executou o exercício com 3 séries de 5 repetições e intensidade de 80% de 1RM, e o grupo instabilidade realizou o mesmo exercício em superfície instável em uma intensidade definida pelo

pesquisador de 50% de 1RM, com o mesmo número de séries e repetições que o grupo estabilidade.

Além disso, os indivíduos de ambos os grupos realizaram saltos com contramovimento, saltos em profundidade e saltos com obstáculos (KIBELE, et al., 2014). Foram encontrados efeitos principais de tempo para a força isométrica de extensão de joelho, equilíbrio dinâmico, salto com contramovimento, *Hexagonal obstacle test*. Deste modo, os resultados do estudo demonstram que o treinamento para membros inferiores em superfícies instáveis com intensidade mais baixa melhorou desempenho físico de maneira similar ao grupo que treino em superfície estável com intensidade mais alta (KIBELE, et al., 2014).

3.3.3. Hipertrofia muscular

Somente o estudo de Silva-Batista et al. (2016), analisou os efeitos de um treinamento de força em superfície instável sobre a hipertrofia muscular. Sobre os resultados obtidos, a área de secção transversa do quadríceps femoral aumentou significativamente nos grupos TF (MD = 402,0 mm²; IC=289,5 a 514,6; $P<0,001$; TE= 0,38) e TF-SI (MD= 220,2 mm²; IC= 107,6 a 332,8; $P<0,001$; TE= 0,17) , porém sem diferenças entre os grupos no Pós treinamento.

Porém, a amostra era composta por indivíduos idosos com Parkinson, e este tipo de população pode ter adaptações morfológicas diferentes de uma população mais jovem e sem nenhuma patologia. Para a população do estudo supracitado, talvez, um estímulo com qualquer carga seja suficiente para promover esta adaptação morfológica.

Ao que tudo indica, durante o TF-SI há a redução da intensidade por conta da dificuldade da manutenção da carga de treinamento se comparado ao TF. Essa diminuição faz com que haja um menor estresse mecânico (importante modulador do processo hipertrófico), e por consequência, pode atenuar o ganho de massa muscular em adultos jovens fisicamente ativos apesar do estudo de Silva-Batista et al. (2016) não ter encontrado esse resultado. Dessa forma, a elaboração de uma estratégia para minimizar a atenuação dos ganhos de massa muscular em decorrência da redução da sobrecarga mecânica é a associação do TF-SI com uma estratégia que tem sido utilizada com sucesso juntamente no treinamento de força em baixa intensidade: a restrição de fluxo sanguíneo.

3.4 Treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo

A restrição de fluxo sanguíneo (RFS) aplicada durante os exercícios diminui o fluxo sanguíneo em determinada musculatura (TAKARADA et al., 2000; MANINI e CLARK, 2009). Geralmente, este tipo de treinamento é associado a um treino de baixa intensidade (20-50% 1RM) e tem apresentado resultados similares para ganhos de massa muscular se comparados com o treinamento de força tradicional (>65% 1RM). (MATTAR, et al., 2014; LIXANDRÃO, et al., 2015; SLYSZ, et al., 2016).

A diminuição do aporte sanguíneo na musculatura envolvida durante o exercício provoca uma hipóxia muscular que potencializa o estresse metabólico, que pode aumentar o recrutamento de fibras e a hipertrofia (TAKARADA et al., 2000; SCHOENFELD, 2013). Diferentes estudos na literatura compararam efeitos do TF com RFS. YASUDA et al. (2005) compararam os efeitos da adição da RFS ao TF de baixa intensidade (20% de 1RM). Dois grupos treinaram duas vezes por dia durante 2 semanas, enquanto um grupo treinou sem RFS o outro grupo treinou na mesma intensidade com a RFS. Os resultados foram melhores para o grupo que treinou com a RFS em teste de 1RM de agachamento, área de secção transversa do músculo quadríceps femoral, assim como um aumento da área das fibras do tipo II (YASUDA et al., 2005). Esses resultados sugerem que a RFS adicionada ao treinamento de baixa intensidade otimiza os resultados de força e hipertrofia. Entretanto, neste estudo, em nenhum dos grupos o treinamento de força de baixa intensidade foi executado até a falha concêntrica, uma estratégia mais utilizada quando se pensa em treinamento de força de baixa intensidade (BURD et al., 2012; MITCHELL et al., 2012).

Takarada et al. (2000) encontraram em indivíduos idosos, resultados semelhantes para as variáveis força e hipertrofia. O exercício executado pelos participantes era uma flexão de cotovelo e as intensidades de treinamento eram de 50% de 1RM com RFS x 80% de 1RM. Ou seja, com uma sobrecarga mecânica menor sobre as estruturas contráteis e não contráteis, o grupo que treinou com RFS obteve resultados similares ao grupo tradicional o que pode ser algo interessante para a preservação de tendões, cartilagem, ligamentos.

Clark et al. (2011) não encontraram diferenças no ganho de força entre os grupos que treinaram em alta (80% de 1RM) e baixa (30% de 1RM) intensidade, quando os grupos realizaram as repetições até a falha concêntrica. Porém neste caso, os autores não utilizaram nenhuma avaliação para verificar a hipertrofia muscular.

Ainda pensando em protocolos com diferentes intensidades de treinamento e RFS, um estudo utilizou o TF com RFS, porém com intensidades consideradas moderada e alta (LAURENTINO et al., 2008). Os participantes do estudo foram divididos em dois grupos: intensidade moderada e intensidade alta, sendo que o primeiro grupo treinou com 12 repetições a 60% de 1RM e o segundo grupo treinou com 6 repetições a 80% de 1RM. Foi realizada a extensão de joelho na cadeira extensora, um dos membros treinou com RFS e o outro sem. Os resultados encontrados apontaram aumentos na força e na hipertrofia similares em todas as condições. Deste modo, a partir dos resultados encontrados chegou-se à conclusão de que não há nenhum efeito adicional no treinamento de força associado a RFS quando esse é realizado em moderada e alta intensidades (LAURENTINO et al., 2008).

Porém, de acordo com os autores, uma limitação do estudo foi que entre as séries de exercício houve a liberação da RFS, o que pode ter facilitado a reperfusão local no intervalo entre as séries. Considerando que o acúmulo de metabólitos é um fator determinante para os efeitos positivos da RFS, a liberação do fluxo entre as séries pode ter sido responsável pela ausência de efeitos naquela musculatura envolvida. Sendo assim, a manutenção da RFS nos intervalos entre as séries do exercício pode ser importante a fim de preservar o acúmulo de metabólitos e potencializar os efeitos decorrentes do estresse metabólico.

Lixandrão et al. (2015) analisaram protocolos de treinamento com intensidades de treinamento e percentuais de RFS. Os participantes realizaram 12 semanas de treinamento com duas sessões semanais. Neste trabalho, foi avaliada a área de secção transversa do quadríceps femoral, assim como a força dinâmica máxima na cadeira extensora. Interessante, que neste estudo, para diminuir a variabilidade intra-sujeitos, cada um dos voluntários realizou dois dos cinco protocolos de treinamento possíveis, realizando um protocolo diferente em cada membro.

Os protocolos do trabalho variavam tanto em intensidade de treinamento quanto em percentual da pressão de restrição sendo que os cinco protocolos eram: TF-RFS20/40: 20% de 1RM e 40% pressão de restrição; TF-RFS20/80: 20% de 1RM e 80% pressão de restrição; TF-RFS40/40: 40% de 1RM e 40% pressão de restrição; TF-RFS40/80: 40% de 1RM e 80% pressão de restrição e TF80: 80% de 1RM (sem restrição de fluxo sanguíneo). Importante ressaltar que diferentemente do estudo de Laurentino et al. (2008) os manguitos de pressão permaneceram insuflados entre as séries a fim de favorecer um maior estresse metabólico (LIXANDRÃO et al., 2015).

Com relação aos resultados obtidos, o estudo concluiu que os protocolos de treinamento de força com RFS quando realizados com baixas intensidades de exercício (*i.e.*,

20% de 1RM) parecem se beneficiar com o aumento do nível de pressão de restrição (*i.e.*, 80% de pressão de restrição) para o aumento da área de secção transversa. Porém, ainda quando comparamos com a hipertrofia do treinamento de força de alta intensidade (*i.e.*, 80% de 1RM) os resultados ainda são menores. O nível da pressão de restrição não interfere em intensidades maiores de exercício (*i.e.*, ~ 40% de 1RM), já que não foram observados efeitos adicionais com o incremento do nível da pressão de restrição. O aumento da intensidade no mesmo nível de pressão apontou respostas adicionais. Por fim, com relação a resposta de força, todos os protocolos com RFS tiveram resultados inferiores ao treinamento de força tradicional (LIXANDRÃO et al., 2015).

Os protocolos de treinamento de força com RFS têm utilizado quatro maneiras diferentes para envolver a musculatura que irá realizar o exercício e induzir a restrição do fluxo sanguíneo na região: cintos elásticos com bolsa pneumática, tiras elásticas, manguitos pneumáticos de *nylon* e manguitos tradicionais, como aqueles utilizados para aferir a pressão arterial (LAURENTINO et al., 2008; MANINI et al., 2011; LOENNEKE, FAHS, ROSSOW, et al., 2012). Um detalhe que deve ser destacado é a largura do manguito a ser utilizado, pois, quanto maior a sua largura menor a pressão necessária para promover a restrição total do fluxo sanguíneo (LOENNEKE, FAHS, ROSSOW, et al., 2012).

Outro ponto importante sobre a RFS, além da intensidade do treinamento destacada no estudo de Takarada et al. (2000), é a prescrição da pressão de restrição. A individualização da prescrição é primordial para evitar possíveis diferenças entre os indivíduos (LOENNEKE, FAHS, ROSSOW, et al., 2012). A prescrição da pressão de restrição era realizada de maneira generalizada, sem que houvesse uma diferença de pressão absoluta entre os sujeitos (TAKARADA et al., 2000). Dessa forma, uma maneira encontrada para determinar a pressão de restrição foi a de se basear na pressão braquial sistólica do indivíduo (LOENNEKE, FAHS, ROSSOW, et al., 2012). Porém, a associação entre a pressão braquial sistólica não parece estar associada com o nível de pressão de restrição, principalmente se levarmos em conta os membros inferiores. A variável que tem um maior nível de associação é a circunferência da coxa, porém essa associação é considerada insignificante quando são adotados manguitos de pressão mais largos.

Atualmente, uma outra forma vem sendo utilizada e aplicada em estudos relacionados com a RFS a fim de individualizar a pressão parcial que é a partir do pulso auscultatório da artéria tibial. Este procedimento consiste em posicionar o manguito no terço proximal da coxa e um *Doppler* vascular sobre a artéria tibial para que se possa auscultar o

pulso. Depois, o manguito é insuflado até que ocorra a interrupção do pulso auscultatório da artéria tibial. Assim o dado da pressão de oclusão total é obtido, e a pressão de restrição se torna individualizada, pois em cada indivíduo se tem uma pressão para que ocorra a oclusão vascular total (GUALANO, NEVES, et al., 2010; LIXANDRÃO et al., 2015). A pressão de restrição utilizada no treinamento é um percentual da pressão de oclusão total.

4 MÉTODOS

4.1 Participantes

O estudo iniciou com uma amostra de trinta e quatro homens, saudáveis, com idade de 18 a 35 anos, do sexo masculino, que não estavam engajados em programas de treinamento de força por pelo menos 12 meses antes do estudo. Cinco participantes não concluíram o estudo por motivos não relacionados aos procedimentos e um por não atender a no mínimo 90% das sessões de treinamento. Para seleção da amostra foram excluídos participantes com doença crônica diagnosticada, qualquer lesão ortopédica que impedisse o exercício, cirurgia de grande porte dentro dos 6 últimos meses, histórico de varizes, histórico familiar ou pessoal de trombose venosa profunda. Antes do início do estudo, os voluntários foram informados sobre os procedimentos, os riscos e os benefícios do experimento e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para participar deste estudo aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Campinas (parecer 2.288.365).

4.2 Desenho experimental

O estudo teve duração total de 11 semanas, 2 semanas de avaliações pré e uma semana de avaliações pós. O *timeline* do estudo está descrito na Figura 3. Após terem sido informados dos benefícios, riscos e procedimentos do estudo, os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, e realizaram na primeira semana do estudo a medida de espessura muscular do reto femoral por meio de ultrassom e foi determinada a pressão de oclusão vascular total dos participantes. Além disso, duas sessões de familiarização com intervalo mínimo de 48 horas entre elas foram realizadas para os testes de força máxima e equilíbrio. Na segunda semana, foram realizados testes de força dinâmica máxima (Teste de 1RM) e equilíbrio estático (*Standing Stork Test*) e dinâmico (*Balance Y Test*) com um intervalo de pelo menos 72h da última sessão de familiarização. Durante as oito semanas de treinamento os voluntários treinaram duas vezes por semana, com um intervalo de pelo menos 48h entre elas e na última semana do estudo os voluntários realizaram as reavaliações de espessura muscular, força dinâmica máxima, equilíbrio estático e dinâmico.

Os voluntários foram divididos de forma randomizada e balanceada a partir dos resultados obtidos na avaliação de espessura muscular, entre os grupos treinamento de força tradicional (TF), treinamento de força em superfície instável (TF-SI), e treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo (TF-SI-RFS).

Semanas	Pré		Período de Treinamento								Pós	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Espessura Muscular	▲											▲
Determinação da pressão de oclusão total	▲											
Equilíbrio Estático	▲▲	▲										▲
Equilíbrio Dinâmico	▲▲	▲										▲
Força dinâmica máxima no Agachamento Smith	▲▲	▲										▲
Força dinâmica máxima no Leg Press 45	▲▲	▲										▲

▲	Familiarização
▲	Avaliação

Figura 3 - Timeline do estudo

4.3 Avaliações

4.3.1 Avaliação de força dinâmica máxima

Foi realizada por meio da avaliação de uma repetição máxima (1-RM) seguindo as orientações da American Society of Exercise Physiologists (ASEP), para avaliação da força máxima dinâmica (BROWN e WEIR, 2001). Antes do início do teste, os voluntários realizaram um aquecimento geral de cinco minutos em uma bicicleta ergométrica com uma potência de 25-50W e alongamentos leves para as musculaturas envolvidas no teste.

Já o aquecimento específico foi executado da seguinte maneira: uma série de oito repetições com intensidade próxima a 50% da intensidade estimada para 1RM e uma série de três repetições, após 3 minutos, com uma intensidade estimada de 70% de 1RM (STONE et al., 2008). Posteriormente, se deu início na avaliação e as intensidades foram progressivamente incrementadas até que o indivíduo não conseguisse realizar a tarefa de maneira correta. Cada voluntário teve até cinco tentativas de 1RM (BROWN e WEIR, 2001). O intervalo entre cada tentativa foi de três minutos.

A avaliação de 1RM foi realizada em dois exercícios. No agachamento, executado no *Smith Machine*, o voluntário partiu da posição ortostática, com a barra guiada apoiada sobre os ombros e flexionou os joelhos até o ângulo de 90° determinado por um goniômetro e depois o participante deveria tocar um caixote (com altura que correspondesse os 90° de flexão de joelhos) com os glúteos e em seguida realizar a extensão das articulações do quadril e joelhos e retornar à posição original. Para o leg press 45°, o voluntário realizou a flexão dos joelhos até 90° em seguida realizou a extensão até a posição inicial. A amplitude do movimento foi controlada individualmente com uma marca fixada no equipamento, sendo que esta

representava 90° de flexão de joelhos do voluntário, determinada na sessão de familiarização. A intensidade inicial para o teste máximo foi estimada durante as sessões de familiarização, e o intervalo entre cada um dos testes foi de 10 minutos, a ordem de teste dos exercícios foi primeiramente o leg press 45° e posteriormente o agachamento no *Smith Machine* (BROWN e WEIR, 2001).

4.3.2 Espessura muscular

A medida de espessura muscular do músculo reto femoral foi feita em 50% do comprimento do fêmur (distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral), e foi realizada através de imagens de ultrassom utilizando o modo B de imagem (Nanomaxx, Sonosite®, Bothell, EUA). Foi aplicado um gel de transmissão solúvel em água no local de medição (OLIVEIRA, CARNEIRO e OLIVEIRA, 2016). Com o participante deitado em decúbito dorsal, a sonda de ultrassom foi posicionada perpendicularmente sobre o local sem pressionar a pele. Durante todas as medidas os sujeitos foram instruídos a relaxar sua musculatura o máximo possível. A partir do momento em que a imagem foi considerada satisfatória pelo avaliador, ela foi salva para análise da espessura muscular. A medida da espessura muscular foi dada pela distância do tecido adiposo subcutâneo até a aponeurose profunda do músculo a ser avaliado (ABE et al., 1994; OLIVEIRA, CARNEIRO e OLIVEIRA, 2016), sendo que a medida dessa imagem foi realizada através do software Image J (NIH, Bethesda, EUA).

4.3.3 Avaliação de equilíbrio estático (*Standing Stork Test*)

O participante colocou as mãos nos quadris, um dos pés apoiados no solo. O outro pé era posicionado com a sua superfície plantar na região medial do joelho do membro inferior que está com o pé apoiado no solo (Figura 4). No comando verbal do avaliador, o sujeito levantou o calcanhar do pé que está no solo, realizando uma flexão plantar e tentou manter-se na posição pelo maior tempo que conseguiu.



Figura 4 - Posição inicial do teste *Standing Stork Test*

(<http://www.nettvejohanson.com/2012/07/health-tip-strengthen-your-balance.html>)

O teste se encerrava quando o participante movesse as mãos da cintura, mudasse a posição do pé que estava apoiado na face medial do joelho do membro apoiado, ou se o calcanhar que estava suspenso, tocasse no solo. Cada voluntário teve três tentativas e a pontuação registrada (tempo registrado por um cronômetro) foi a de melhor desempenho. Além disso, o teste sempre foi realizado com o membro dominante (determinado pelo próprio voluntário), (HAMMAMI, 2016).

4.3.4 Avaliação de Equilíbrio Dinâmico (*Balance Y Test*)

O voluntário ficou em apoio unipodal, descalço, com o membro dominante no equipamento. Havia uma marcação no dispositivo, partindo do ponto de apoio do pé, sendo uma a frente do voluntário e outras duas alinhadas a 135° nas direções póstero-medial e póstero-lateral. Partindo desta posição, o sujeito recebeu o comando para tentar alcançar a direção solicitada, mantendo a sua posição inicial (HAMMAMI et al., 2016). Em cada uma das direções o voluntário realizou três tentativas, sendo que os resultados obtidos (distâncias entre o apoio do pé e o alcance máximo) foram normalizados a partir do tamanho do membro como referência (Figura 5).



Figura 5 - Execução do *Balance Y Test* com participante realizando o deslocamento pósterolateral (<https://www.emaze.com/@AWTOQTRZ/Y-Balance-Test>)

O teste não foi considerado válido quando o participante não conseguiu empurrar a placa com o pé de alcance; caso ele retirasse o calcanhar do pé que estava apoiado; se perdesse o equilíbrio em alguma fase da tentativa; não conseguisse manter-se na posição inicial e final por ao menos um segundo; tocasse o pé de alcance de forma que faça um apoio para buscar se equilibrar.

Já a pontuação do teste foi dada da seguinte maneira. Primeiramente foi feita uma média das três tentativas de cada uma das direções. Posteriormente, essa média das distâncias foi dividida pelo comprimento da perna do participante, e depois multiplicada por 100. Deste modo, se chegou em valores de porcentagem da distância de tentativa em relação ao comprimento da perna do participante (HAMMAMI et al., 2016).

4.3.5 Determinação da pressão arterial de oclusão vascular total

A determinação da pressão arterial de oclusão vascular total foi realizada com os voluntários deitados em decúbito dorsal em uma maca. Por dez minutos eles ficaram em repouso nessa posição. Após isso, na mesma posição, um Doppler vascular (DV-610B, MedMega, Ribeirão Preto, Brasil) foi colocado sobre a artéria tibial, próximo ao maléolo medial. Em seguida um manguito personalizado (195mm de largura x 800 mm comprimento) foi colocado no terço proximal da coxa e insuflado até que houvesse a interrupção do pulso auscultatório da artéria tibial. O resultado obtido foi o da pressão de oclusão vascular total (GUALANO, NEVES, et al., 2010). Para o presente estudo, foi utilizada uma pressão de 40% da pressão de oclusão total individualizada para cada indivíduo, seguindo os resultados

apresentados por Lixandrão et al. (2015), pois em intensidades mais altas, ao que tudo indica, aumentar a restrição parece não exercer mais efeitos sobre as adaptações.

4.4 Protocolo de exercícios

Os indivíduos realizaram os exercícios de agachamento no *Smith Machine* e leg press 45°. Em todos os grupos foram realizadas 3 séries de 8-12 RM, com 90 segundos de pausa entre as séries e 120 segundos entre os exercícios. O primeiro grupo (TFT) realizou os exercícios da maneira tradicional em superfície estável. Já o segundo grupo (TF-SI) treinou com os mesmos exercícios, porém em superfície instável. Por fim, o terceiro grupo (TF-SI-RFS) treinou com uma restrição baseada em 40% de pressão de oclusão vascular total individualizada e ambos os exercícios foram executados em uma superfície instável (pés apoiados na plataforma demonstrada na figura 5 abaixo).

A pressão utilizada para o TF-SI-RFS foi determinada com base no trabalho de Lixandrão et al. (2015) e também por observações de um estudo piloto, em que foram realizados dois exercícios multiarticulares (agachamento no *Smith Machine* e leg press 45°) com 3 séries de 8 a 12 RM e intervalo de 1' entre séries e de 2' entre os exercícios, e uma pressão para RFS foi padronizada em 80mmHg. O estudo piloto visou verificar qual seria o comportamento dos indivíduos ao realizarem exercícios multiarticulares (agachamento no *Smith Machine* e leg press 45°), diferente do estudo de Lixandrão et al. (2015) no qual o exercício aplicado era uniarticular (cadeira extensora). Como resultado, os voluntários não suportaram a intensidade com a pressão aplicada (no caso 80mmHg).



Figura 6 - Plataforma de Instabilidade



Figura 7 - Realização do leg press 45° utilizando a plataforma de instabilidade



Figura 8 - Execução do agachamento no *Smith Machine* em cima da plataforma de instabilidade

Apesar do protocolo de exercícios consistir numa zona de repetições (8-12 RM), no estudo também foi verificado o número total de repetições realizadas ao longo das séries e sessões de treinamento para ambos os exercícios para que pudessemos controlar o número total de repetições de cada indivíduo durante o treinamento. Além disso, também foi verificada a intensidade relativa em que os indivíduos trabalharam nos exercícios. Para obter este dado, utilizamos as informações dos testes pré de 1RM em ambos os exercícios e calculamos o

percentual da carga de treino com relação a estes testes. Por fim, também verificamos o volume total (repetições x peso levantado). Estas informações nos auxiliaram no entendimento do comportamento dos grupos TF-SI e TF-SI-RFS ao longo do treinamento com relação as variáveis intensidade e volume, pois ao que tudo indica, a intensidade em exercícios em superfície instável, assim como o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo tem uma tendência em ser menor.

4.5 Análise estatística

Os dados são apresentados de acordo com estatística descritiva, média e desvio padrão. Modelos mistos tendo tempo e grupo como fatores fixos e participantes como fator aleatório foram utilizados para as análises de força máxima, espessura muscular, equilíbrio estático e dinâmico. ANOVA one-way foi utilizada para a comparação entre volume de treino em cada exercício e total. Em caso de valor de F significativo, o post hoc de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS

5.1 Força Dinâmica Máxima

Após as oito semanas de treinamento houve apenas efeito principal de tempo no teste de 1RM para ambos os exercícios em comparação ao momento pós ($p < 0,001$).

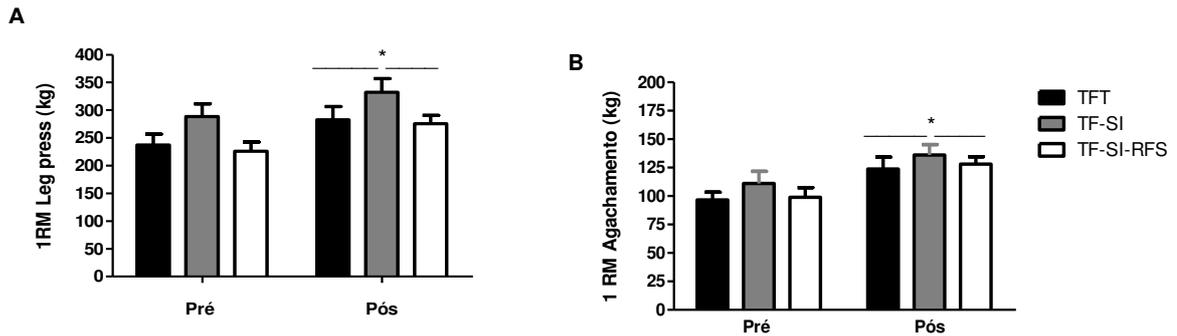


Figura 9 - Teste de 1RM no leg press 45° (A) e agachamento no *Smith Machine* (B). TFT: treinamento de força tradicional, TF-SI: treinamento de força em superfície instável, TF-SI-RFS: treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo. Pré: teste realizado antes das 8 semanas de treinamento. Pós: teste realizado após as 8 semanas de treinamento. *Significativamente diferente de Pré para os três os protocolos (efeito principal de tempo) em ambos exercícios.

5.2 Intensidade relativa

A intensidade relativa utilizada por cada um dos grupos durante as oito semanas de treinamento nos exercícios agachamento no *Smith Machine* e leg press 45° está apresentada na Figura 10. A intensidade relativa utilizada pelo grupo TFT foi maior do que a utilizada pelos grupos TF-SI e TF-SI-RFS. No leg press 45°, não houve diferença entre os grupos.

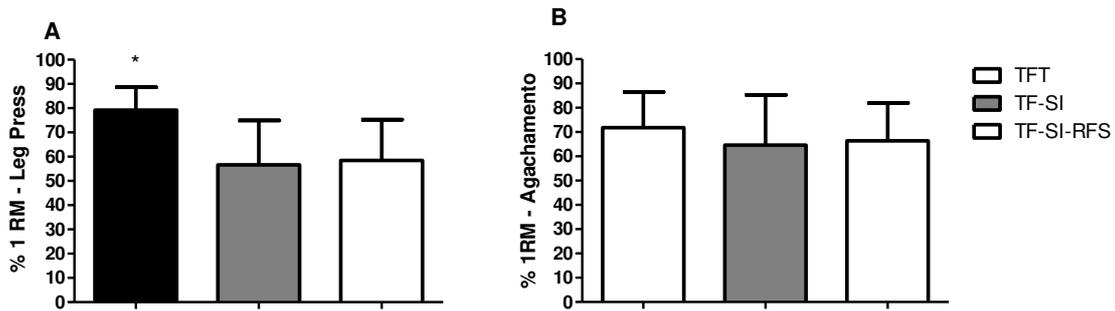


Figura 10 – Intensidade relativa em % no leg press 45° (A) e intensidade relativa em % do agachamento no *Smith Machine* (B). TF: treinamento de força tradicional, TF-SI: treinamento de força em superfície instável, TF-SI-RFS: treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo. * TFT significativamente diferente dos grupos TF-SI e TF-SI-RFS.

5.3 Volume total

Durante o treinamento de 8 semanas, não existiu diferenças estatísticas no volume total para ambos os exercícios realizados.

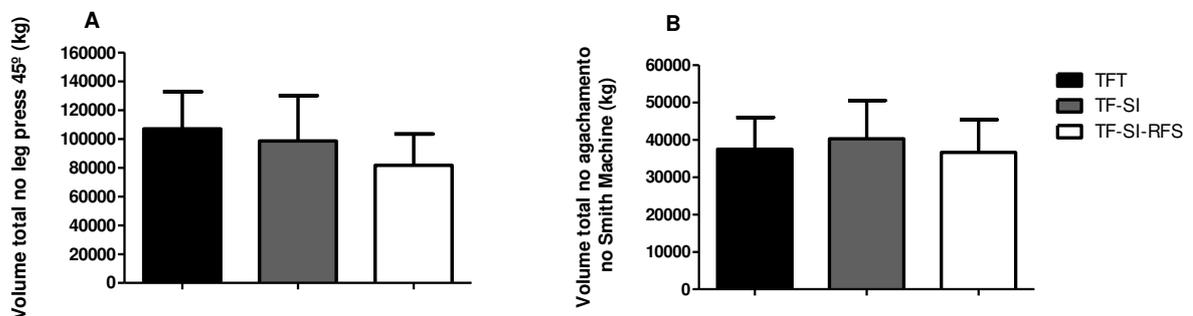


Figura 11 – Volume total no leg press 45° (A) e Volume total no agachamento no *Smith Machine* (B). TFT: treinamento de força tradicional, TF-SI: treinamento de força em superfície instável, TF-SI-RFS: treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo.

5.4 Espessura muscular

Todos os grupos apresentaram efeito principal de tempo após as 8 semanas de treinamento no momento pós treinamento em comparação ao momento pré da espessura do músculo reto femoral ($p < 0,001$), porém não houve diferença entre grupos em ambos os momentos.

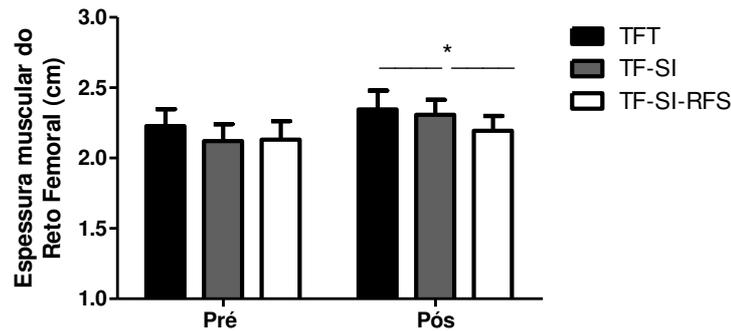


Figura 12 – Espessura muscular do músculo reto femoral (cm). TFT: treinamento de força tradicional, TF-SI: treinamento de força em superfície instável, TF-SI-RFS: treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo. Pré: teste realizado antes das 8 semanas de treinamento. Pós: teste realizado após as 8 semanas de treinamento. *Significativamente diferente do Pré para os três os protocolos (efeito principal de tempo).

5.5 Equilíbrio Estático

Entre os grupos TFT, TF-SI, TF-SI-RFS não houve diferença para a variável Equilíbrio Estático em comparações entre grupos ou de tempo.

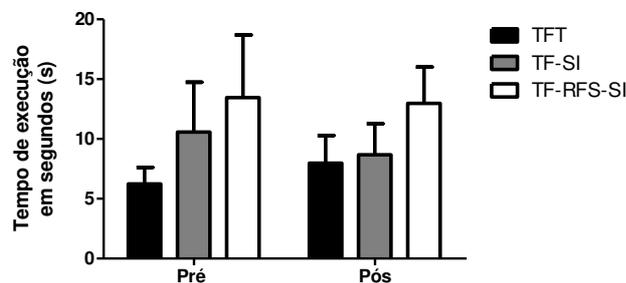


Figura 13 - Tempo de execução em segundos (s) no teste para Equilíbrio Estático. TFT: treinamento de força tradicional, TF-SI: treinamento de força em superfície instável, TF-SI-RFS: treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo e superfície instável. Pré: teste realizado antes das 8 semanas de treinamento. Pós: teste realizado após as 8 semanas de treinamento.

5.6 Equilíbrio Dinâmico

Com relação ao equilíbrio dinâmico, houve efeito simples para os grupos TF-SI ($p=0,0083$) e TF-SI-RFS ($p=0,0289$) para o equilíbrio dinâmico pósterolateral. Já para a variável equilíbrio dinâmico a frente, existiu efeito simples somente para o grupo TF-SI com ($p=0,0058$). Por fim, para o equilíbrio dinâmico pósteromedial, não existiu diferenças estatísticas entre os grupos tanto no período pré, quanto após 8 semanas de treinamento.

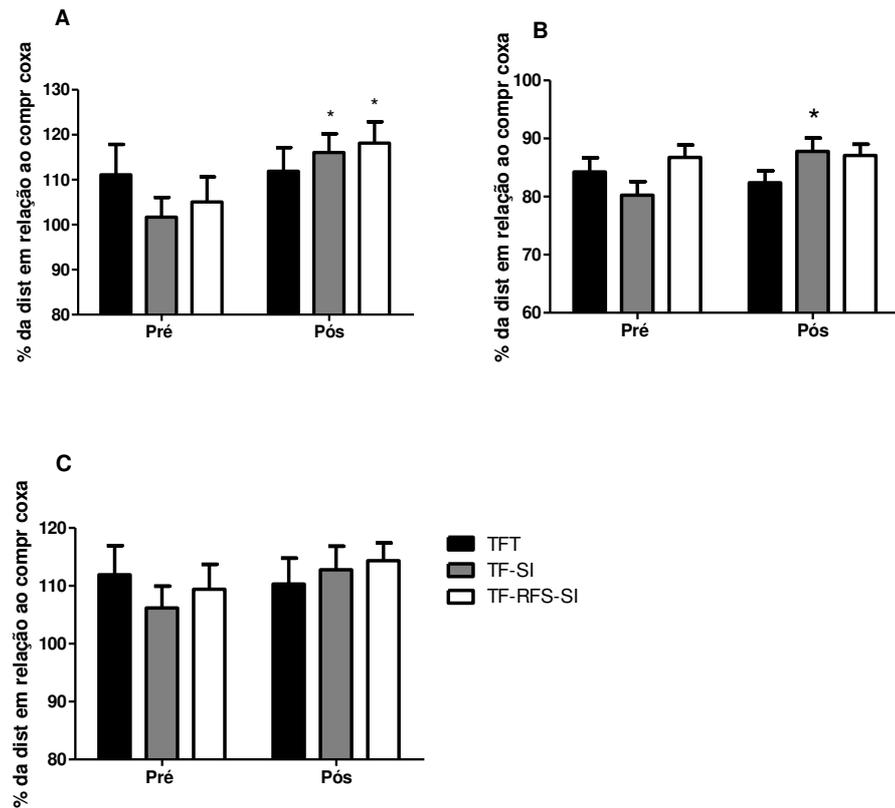


Figura 14 - Equilíbrio dinâmico pótero lateral (A). Equilíbrio estático a frente (B). Equilíbrio dinâmico pótero medial (C). TFT: treinamento de força tradicional, TF-SI: treinamento de força em superfície instável, TF-SI-RFS: treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo e superfície instável. Pré: teste realizado antes das 8 semanas de treinamento, Pós: teste realizado após as 8 semanas de treinamento. * $p < 0,05$ em relação ao pré do próprio grupo.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar o ganho de força e massa muscular, e alterações de equilíbrio estático e dinâmico em resposta a três protocolos de treino. O treinamento de força em superfície instável com restrição de fluxo sanguíneo, com o treinamento de força tradicional e o treinamento de força em superfície instável. Os principais achados do estudo indicam que a) os três grupos aumentaram a força e a massa muscular, sem diferença entre eles.; b) o equilíbrio estático não foi afetado por nenhuma das estratégias de treino utilizadas; c) os dois grupos que treinaram em superfície instável (TF-SI e TF-SI-RFS) melhoraram em alguma variável do equilíbrio dinâmico. A intensidade relativa das séries do leg press 45° foi maior no grupo TFT comparado aos dois grupos que utilizaram a plataforma de instabilidade.

O estudo de Cowley, Swensen e Sforzo (2007) verificou os efeitos do treinamento de força em superfície instável em uma amostra de mulheres jovens e não treinadas em força. As participantes realizaram três semanas de treinamento, totalizando sete sessões. Um dos grupos realizou o exercício supino sobre a bola suíça (grupo instabilidade), enquanto o outro grupo treinou o exercício supino em um banco tradicional (grupo tradicional). Os resultados indicaram aumentos de força similares entre os dois grupos (15% para o grupo instabilidade e 16% para o grupo tradicional), corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

ECKARDT (2016) comparou três grupos de treinamento. Um deles realizou o treinamento de força tradicional no qual foram realizados exercícios leg press 90°, agachamento *Smith Machine*, avanço com dumbbells e elevação de quadril. O segundo grupo realizou os mesmos exercícios sobre dispositivos que promovessem instabilidade, e o terceiro grupo que realizou exercícios de membros inferiores sem nenhum equipamento como o leg press e o *Smith Machine*, porém sobre dispositivos que promovessem instabilidade (ECKARDT, 2016). Os participantes eram idosos e treinaram duas vezes por semana por 10 semanas. Os dois primeiros grupos aumentaram a força máxima no agachamento mais do que o grupo que treinou os exercícios somente em condição de instabilidade. O grupo que treinou força sobre a instabilidade melhorou a força isométrica de extensão de joelho em 26%, enquanto o grupo tradicional e somente instabilidade aumentaram 14% e 15%, respectivamente, entretanto, existiu somente efeito de tempo, sem diferenças entre os grupos (ECKARDT, 2016).

Chulvi-Medrano et al. (2010) e Drinkwater et al. (2007) observaram, de maneira aguda, que a produção de força isométrica e força concêntrica respectivamente, em exercícios realizados em superfície instável é menor quando comparada com a realização dos exercícios

em superfície estável. Porém, ambos os estudos não realizaram avaliações de força máxima nas duas condições. Sparkes e Behm (2010) observaram que a instabilidade diminui a força isométrica máxima, e apesar desse fato, os efeitos positivos do treinamento sobre 3RM no supino, 3RM no agachamento foram similares entre os grupos que treinaram sobre superfícies instáveis e estáveis. Porém, ao que parece, mesmo com o TF-SI sendo realizado com intensidades mais baixas, estudos como de Sparkes e Behm (2010), de Eckardt (2016) e de Silva-Batista (2016) demonstraram que os ganhos de força são similares entre grupos que treinaram força em superfície estável e em superfície instável.

A intensidade relativa utilizada pelo grupo TFT em nosso estudo no exercício leg press 45° foi mais alta quando comparada com a utilizada pelos grupos que treinaram com a plataforma de instabilidade. No entanto, não houve diferença na intensidade relativa no agachamento. A intensidade relativa mais baixa dos grupos que utilizaram a plataforma se justifica pela dificuldade de executar os exercícios. O *Colégio Americano de Medicina do esporte* (ACSM, 2009) recomenda que praticantes iniciantes e intermediários devem treinar com intensidade entre 60-70% de 1RM e com séries de 8-12 repetições. Este estudo utilizou como critério para determinação de intensidade a zona alvo de repetições entre 8-12 RM. Para o agachamento, a intensidade relativa ficou entre 60-70% de 1RM para os três grupos de treinamento, enquanto que no leg press 45° ficou abaixo de 60% nos grupos que utilizaram a plataforma de instabilidade e próximo a 80% no grupo TFT.

No entanto, é possível que o limiar para desencadear efeitos positivos no treinamento seja mais baixo do que o sugerido pelo ACSM. Por exemplo, Eckardt (2016) sugeriu que esse limiar é baixo em idosos e, portanto, uma vasta amplitude de intensidades do TF pode promover adaptações positivas nessa população. Essa suposição pode também ser verdadeira para a população do presente estudo (jovens adultos não treinados em força), uma vez que a diferença de intensidade no exercício leg press 45° nos grupos que utilizaram a plataforma de instabilidade e o grupo sem plataforma, não afetou os resultados obtidos.

Apesar de a intensidade ser apontada como grande responsável para ganhos de força e sabendo que a força isométrica é menor nos exercícios de força sobre instabilidade, assim com a intensidade relativa durante as sessões de treinamento no presente estudo e nos de Sparkes e Behm (2010), de Eckardt (2016) e de Silva-Batista et al. (2016), era esperado que o ganho de força decorrentes do TF-SI fossem atenuadas com relação ao TF. No entanto, os ganhos de força observados no presente estudo variaram entre 13,2% e 17,8% para o leg press 90° e entre 18,3% e 22,8% para o agachamento, sem diferenças entre os grupos, desafiando a

importância da intensidade como responsável por essa adaptação (KRAEMER e FLECK, 1988; ANDERSON e BEHM, 2004; BEHM et al. 2010).

Alternativamente, pode ter havido grande ativação de músculos antagonistas (co-contracção) para estabilizar a articulação (GRANACHER, 2011). Essa co-contracção dos músculos antagonistas diminui o torque líquido na articulação, mas não afeta a tensão produzida pela musculatura agonista. Portanto, apesar de o torque líquido ser menor a tensão produzida pelo músculo alvo não foi afetada desencadeando as mesmas respostas adaptativas.

Interessantemente, a RFS não potencializou os ganhos de hipertrofia em nosso estudo. A RFS foi adicionada a um dos grupos que treinou sobre a plataforma de instabilidade para reverter possíveis efeitos negativos da menor intensidade sobre a hipertrofia. Inicialmente, era esperado que a hipertrofia muscular com o uso da plataforma de instabilidade fosse menor devido a provável diminuição da intensidade. No entanto, nossos achados demonstram que não houve diferença entre os três grupos com relação a hipertrofia muscular. Os grupos TF-SI e TF-SI-RFS realizaram os exercícios com intensidade relativa de aproximadamente 60% de 1RM (próximo ao que é recomendado pelo ACSM, 2009). A hipertrofia similar encontrada com intensidade moderada nos grupos TF-SI e TF-SI-RFS corroboram com os achados de Laurentino et al. (2008) de que a RFS não provoca efeitos adicionais nos ganhos de massa muscular em intensidades moderadas e altas.

Silva-Batista et al. (2016) demonstrou que a hipertrofia foi similar em grupos de idosos com Parkinson que treinaram com e sem instabilidade assim como o nosso estudo que apresentou resultados semelhantes para esta variável. Apesar dos nossos resultados similares com relação a hipertrofia, a intensidade relativa e o volume total de treino do grupo TF-SI-RFS foi ~24% menor que do grupo TFT, o que sugere que a instabilidade associada a RFS pode reduzir a sobrecarga mecânica.

Uma possível explicação para que os grupos obtivessem ganhos semelhantes com relação a hipertrofia muscular é de que a associação entre a instabilidade e exercícios com sobrecarga, conforme discutido anteriormente, pode ter auxiliado a manter/aumentar a tensão muscular. Considerando que a tensão muscular é um dos estímulos para hipertrofia muscular (HORNBERGER e CHIEN, 2006), a manutenção da tensão produzida pode explicar a similaridade entre a hipertrofia encontrada.

Para dar suporte a essa afirmação de que a co-contracção dos antagonistas pode contribuir para a manutenção dos ganhos de massa muscular, COUNTS et al. (2016) avaliaram os efeitos do treino sem carga externa (*no load training*) na hipertrofia. Este trabalho comparou

um TF de alta intensidade (4 x 8-12 repetições com 70% 1RM e 90 segundos de pausa) com o treinamento sem carga externa (4 x 20 repetições com 30 segundos de pausa). A espessura muscular aumentou de maneira semelhante nos dois grupos. O treino sem carga externa requeria que o participante realize uma contração muscular de um músculo agonista contra a contração realizada pelo antagonista. Sendo assim, este estudo demonstrou que a hipertrofia ocorre em resposta a contração muscular independente da existência de carga externa.

Um ponto importante que deve ser destacado é de que foram encontrados resultados similares em força e hipertrofia muscular, mesmo entre os grupos de menor volume total (os que treinaram com superfície instável). Este menor volume total implica em menor carga de treinamento o que pode ser benéfico para os praticantes. MCCALL, DUPONT e EKSTRAND (2016) observaram que a carga de treinamento excessiva foi o segundo fator extrínseco mais associado com a ocorrência de lesões durante a *Champions League* 2014/2015. A ocorrência de lesões não foi avaliada no presente estudo e tecer recomendações acerca dessa é especulativo.

No entanto, existem sugestões de que o treino em superfícies instáveis desempenhe um papel importante na prevenção de lesões (MANDELBAUM et al., 2005; ERGEN e ULKAR, 2008; KIBELE e BEHM, 2009). Assim, a menor sobrecarga mecânica associada à similaridade de resultados em força e hipertrofia e ao potencial profilático do TF-SI e do TF-SI-RFS pode otimizar o tempo utilizado para o treinamento com intuito de aumento de força, massa muscular e de prevenção de lesões. Estudos futuros poderiam aplicar os protocolos de treino utilizados em praticantes de modalidades esportivas e verificar os índices de lesão ao longo da temporada.

Para o equilíbrio estático, não foram encontradas diferenças entre os grupos tanto antes do período de treinamento, quanto após a intervenção, assim como não existiu efeito de tempo. Porém, o teste aplicado era diferente da tarefa a ser executada, pois os exercícios do treino tinham caráter dinâmico. Em um estudo envolvendo dois grupos de TF (superfície instável vs. estável), o resultado obtido em um teste de equilíbrio estático (*wobble board balance test*) indicou aproximadamente 45% de melhora entre período Pré e Pós treinamento, porém sem diferenças entre os grupos (KIBELE e BEHM, 2009). Outro estudo envolvendo TFT e TF-SI encontrou no mesmo *wobble board balance test*, uma melhora de 12,4% entre período Pré e Pós treinamento, porém sem diferenças entre os grupos (SPARKES e BEHM, 2010).

Importante ressaltar que o teste aplicado no nosso estudo foi diferente (*Standing Stork Test*) e pode ser um fator a ser considerado, pois nos dois estudos supracitados, foram encontrados resultados positivos do treinamento no equilíbrio. O teste de equilíbrio estático apresentou grande variabilidade, e mesmo as sessões de familiarização não foram suficientes para diminuir essa variação entre os testes. Um ponto que deve ser destacado foi a dificuldade encontrada pelos participantes de se manterem na posição estática sustentando a posição com o calcanhar sem tocar o solo. Essa dificuldade foi percebida muito por conta da fraqueza de musculatura de panturrilha dos voluntários, pois alguns deles encerravam a tentativa mais por conta de uma questão de falta de força muscular do que pelo desequilíbrio propriamente dito.

Os grupos que treinaram com a plataforma de instabilidade melhoraram em algumas das movimentações realizadas no teste de equilíbrio dinâmico, como póstero-lateral para TF-SI e TF-SI-RFS, e a frente para o grupo TF-SI. Possivelmente, devido ao caráter dinâmico do treinamento e da complexidade da tarefa e de controle postural, os participantes desses grupos conseguiram aprimorar o seu desempenho (SILVA-BATISTA, 2016). Nossos resultados corroboram com os achados de Kibele e Behm (2009) que encontraram resultados positivos após um período de TF e TF-SI com ganhos de 12,4% no teste de equilíbrio dinâmico (*transverse a balance beam*) após o período de treinamento. Entretanto não existiram diferenças entre TF e TF-SI.

Alguns dos estudos que realizaram um treinamento de equilíbrio dinâmico e avaliaram o equilíbrio dinâmico identificaram melhora nessa variável. A adição da instabilidade ao treinamento de força proporcionou melhoras em algumas das variáveis de equilíbrio dinâmico testadas, sugerindo que tanto o TF-SI quanto o TF-SI-RFS podem ser utilizados para ganhos no equilíbrio dinâmico. Porém, de acordo com os resultados obtidos no nosso estudo, não existiu nenhum efeito adicional da RFS ao se associar ao TF-SI para esta variável.

7. CONCLUSÃO

Os TF, TF-SI e TF-SI-RFS encontraram respostas semelhantes para as variáveis força e hipertrofia. Com relação ao equilíbrio estático, nenhum dos grupos teve diferença entre os períodos Pré e Pós intervenção. Por fim, para o equilíbrio dinâmico, os grupos TF-SI e TF-SI-RFS conseguiram resultados positivos com relação ao período Pré no equilíbrio dinâmico pósterolateral, e somente o grupo TF-SI melhorou Pós intervenção para o equilíbrio dinâmico a frente.

8 REFERÊNCIAS

- ABE, T. et al. "Prediction equations for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound." **American Journal of Human Biology** v.6, n.2, p.161-170. 1994.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v.41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.
- ANDERSON, K e BEHM, D. Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. **J Strength Condition Res** 18: 637–640, 2004.
- ANDERSON, K.; BEHM, D. G. The impact of instability resistance training on balance and stability. **Sports Med**, v.35, n.1, p.43-53, 2005.
- BASSEL-DUBY, R. e OLSON, E. N. Signaling pathways in skeletal muscle remodeling. **Annu Review Biochemical** 75: 19-37. 2006
- BEHM, D. G.; ANDERSON, K. G. The role of instability with resistance training. **J Strength Cond Res**, v.20, n.3, p.716-22, 2006.
- BEHM, D. et al. Canadian Society for Exercise Physiology Position Stand: The use of instability to train the core in athletic and non-athletic conditioning. **Appl Physiol Nutr Metabol** 35: 11–14, 2010.
- BEHM, D.; COLADO, J. C. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. **Int J Sports Phys Ther**.7:226–41. 2012
- BRITO, J.; SOARES, J.; RABELO, A. N. Prevenção de lesões do ligamento cruzado anterior em futebolistas **Rev Bras Med Esporte**. v.15, n.1, p. 62-69 Jan/Fev, 2009.
- BROWN, L. E. e WEIR, J. P. Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.
- BURD, N. A. et al. Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. **Appl Physiol Nutr Metab** 37(3):551-4. 2012.
- CAMPOS, G. E.; T. J. LUECKE, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol** v. 88, n. 1-2, p. 50-60. 2002.
- CHULVI-MEDRANO I, et al. Deadlift muscle force and activation under stable and unstable conditions. **J. Strength Cond.Res.**;24(10):2723- 2730. 2010
- CLARK, B. C, MANINI, T. M, HOFFMAN, R. L, et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. **Scand J Med Sci Sports**. 21(5):653–62 2011.

- CLARKSON, P. M. e HUBAL, M. L. Exercise- Induced Muscle Damage in Humans. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**. v.11(Suppl), p. 52-69. 2002.
- COFFEY, V. G. e HAWLEY, J. A. The molecular bases of training adaptation. **Sports Med**, v. 37, n. 9, p.737-63. 2007.
- CORMIE, P., MCGUIGAN, M. R., e NEWTON, R. U. Developing maximal neuromuscular power: Part 2 training considerations for improving maximal power production. **Sports Medicine**, 41(2), 125–146. 2011.
- COUNTS, B. R., et al. The acute and chronic effects of "NO LOAD" resistance training. **Physiol Behav**. Oct 1;164(Pt A):345-52, 2016
- COWLEY, P.M et al. Efficacy of Instability Resistance Training **Int J Sports Med**; 28: 829 – 835 2007
- CRESSEY, E. M.; WEST, C. A.; TIBERIO, D. P.; KRAEMER, W. J.; MARESH, C. M. The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. **Journal of Strength and Conditioning Research** v. 21, n. 2, p.561–567. 2007.
- CREWETHER, B. et al. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses. **Sports Medicine**, v. 36, n. 1, p. 65-78, 2006.
- DOMINGUES, M. L. P. Treino Proprioceptivo na Prevenção e Reabilitação de Lesões nos Jovens Atletas. **Revista Motricidade** v. 4, n. 4, p. 30-38 Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro Vila Real, Portugal, 2008.
- DRINKWATER, E., PRITCHETT e, BEHM, D. G. Effect of Instability and Resistance on Unintentional Squat Lifting Kinetics. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. 2:400-413. 2007
- ECKARDT, N. Lower-extremity resistance training on unstable surfaces improves proxies of muscle strength, power and balance in healthy older adults: a randomised control trial. **BMC Geriatrics** 16:191. 2016
- EKSTRAND J. Keeping your top players on the pitch: the key to football medicine at the professional level. **Br J Sports Med** 47:723–4. 2013
- ENOKA, R. M. e GANDEVIA, S. C. Neural changes associated with training. **J Appl Physiol**, v. 101, n. 4, p.1009-10. 2006
- ERGEN, E. e ULKAR, B. Proprioception and ankle injuries in soccer. **Clinics in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 195–217, 2008.
- FLECK, S. J. e KRAEMER, W. J. Fundamentos do Treinamento de Força Muscular. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- FORMIGONI, A. Principais lesões e como preveni-las no basquetebol feminino. In: DE ROSE JUNIOR, D.; TRICOLI, V. **Basquetebol – uma visão integrada entre ciência e prática**. Barueri, SP: Manole, 2005.

FUJITA, S., ABE, T., DRUMMOND, M. J., CADENAS, J. G., DREYER, H. C., SATO, Y.,... Bb, R. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 Phosphorylation and muscle protein synthesis. **J Appl Physiol** Sep;103(3):903-10. 2007.

GENTIL, P.; OLIVEIRA, E; FONTANA, K. et al. Efeitos agudos de vários métodos de treinamento de força no lactato sanguíneo e características de cargas em homens treinados recreacionalmente. **Rev Bras Med Esporte** v. 12, n.6, p. 303-307. 2006

GOTO, K., ISHII, N., et al. The Impact of Metabolic Stress on Hormonal Responses and Muscular Adaptations. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 6, p.955. 2005.

GRANACHER U. Effects of balance and resistance training in children, adolescents, and seniors. **Sportwissenschaft**. 42:17–29. 2011

GUALANO, B.; NEVES, M., JR.; LIMA, F. R.; PINTO, A. L.; LAURENTINO, G.; BORGES, C.; BAPTISTA, L.; ARTIOLI, G. G.; AOKI, M. S.; MORISCOT, A.; LANCHI, A. H., JR.; BONFA, E.; UGRINOWITSCH, C. Resistance training with vascular occlusion in inclusion body myositis: a case study. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 2, p. 250-4, Fev 2010.

HAKKINEN K, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal Applied Physiology**. v.84, n.1, p.1341-1349, 1998.

HAKKINEN, K.; ALLEN, M.; KALLINEN, M.; NEWTON, R.U.; KRAEMER, W.J. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re strength-training in middle-aged and elderly people. **Eur J Appl Physiol** v. 83, n. 1, p.51-62. 2000.

HAMMAMI, R.; CHAOUACHI, A.; MAKHLOUF, I.; GRANACHER, U.; BEHM, D.G. Associations Between Balance and Muscle Strength, Power Performance in Male Youth Athletes of Different Maturity Status **Pediatric Exercise Science** v. 28, n. 4, p. 521-534, 2016.

HORNBERGER, T. A.; CHIEN, S. Mechanical stimuli and nutrients regulate rapamycin sensitive signaling through distinct mechanisms in skeletal muscle. **J Cell Biochem**, v.97, n.6, p.1207-16, 2006

KADI, F.; CHARIFI, N., et al. Satellite cells and myonuclei in young and elderly women and men. **Muscle Nerve**, v. 29, n. 1, Jan, p.120-7. 2004.

KEAN, C.O, BEHM, D.G. YOUNG, W. B. Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. **Journal of Sports Science and Medicine**.5:138 148. 2006

KIBELE, A. e BEHM, D. G. Seven Weeks of Instability and Traditional Resistance Training Effects on Training on Strength, Balance and Functional. **The Journal of Strength and Conditioning Research** v. 3, N. 9, p. 2443-50 Dec 2009

KIBELE, A. et al. Metastability in plyometric training on unstable surfaces: a pilot study **BMC Sports Science, Medicine, and Rehabilitation**, 6:30 2014

KRAEMER WJ AND FLECK, S. Resistance training: Exercise prescription. **Phys Sports Med** 16: 69–81, 1988.

KRAEMER, W.J.; FRY, A.C. Strength testing: Development and evaluation of methodology, in Maud PJ, Foster C (eds): *Physiological Assessment of Human Fitness*. Champaign, IL, **Human Kinetics**, p. 115–138. 1995

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N.A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Med Sci Sports Exerc** v. 36, n. 4, p. 674-688. 2004.

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**, Stuttgart, v.29, n.8, p.664-667, 2008.

LIXANDRAO, M.E.; UGRINOWITSCH, C.; LAURENTINO, G.; LIBARDI, C.A.; AIHARA, A.Y.; CARDOSO, F.N.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 12, p. 2471-2480, Dec 2015.

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. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 8, p. 2903-12, Aug 2012.

MANDELBAUM, B.R.; SILVERS, H.J.; WATANABE, D.S.; KNARR, J.F.; THOMAS, S.D.; GRIFFIN, L.Y.; KIRKENDALL, D.T.; GARRETT, W. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-Year follow-up. **Am J Sports Med** v. 33, n. 7, p. 1003-1010, 2005.

MANINI, T. M., e CLARK, B. C. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, 37(2), 78–85. 2009

MATTAR M. A, GUALANO B., PERANDINI, L. A, et al. Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polymyositis and dermatomyositis. **Arthritis Res Ther.**;16(5):473. 2014

MATÉ-MUÑOZ, J. L. et al Effects of Instability versus Traditional Resistance Training on Strength, Power and Velocity in Untrained Men. **Journal of Sports Science and Medicine**. 13, 460-468, 2014

MITCHELL, C. J.; CHURCHWARD-VENNE, T. A.; WEST, D. W.; BURD, N. A.; BREEN, L.; BAKER, S. K.; PHILLIPS, S. M. Resistance exercise load does not determine training mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol** v. 113, n. 1, p. 71-7, Jul 2012.

MORITANI, T. DEVRIES, H.A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. **Am J Phys Med.** v. 58, n. 3 p. 115-30. 1979.

OLIVEIRA V.B, CARNEIRO, S.P e OLIVEIRA, L. F., Reliability of biceps femoris and semitendinosus muscle architecture measurements obtained with ultrasonography. **Res. Biomed. Eng** v.32, n. 4, p. 365-371, 2016

PRENTICE, W. E. Modalidades Terapêuticas em Medicina Esportiva. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002.

PUTMAN, C.T.; XU, X.; GILLIES, E.; MACLEAN, I.M.; BELL, G.J. Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. **Eur J Appl Physiol** v. 92, n. 4-5, p. 376-84. 2004

SCHOENFELD, B. J. Is there a minimum intensity threshold for resistance training-induced hypertrophic adaptations? **Sports Med.** v. 43, n. 12, p. 1279-88, Dec 2013

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

SILVA-BATISTA, C.; CORCOS, D.M. et al. Resistance Training with Instability for Patients with Parkinson's Disease. **Medicine and science in sports and exercise,** v. 48, n. 9, p. 1678-1687, Sep 2016.

SLYSZ, J., STULTZ J., BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review and meta-analysis. **J Sci Med Sport.**19(8):669–75. 2016

SPARKES, R e BEHM, D.G. Training adaptations associated with an 8 week instability resistance training program with recreationally active individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 2010;24(7):1917-1924

STONE, M.H.; POTTEIGER, J.A.; PIERCE, K.C.; PROULX, C.M.; O'BRYANT, H.S.; JOHNSON, R.L.; STONE, M.E.; Comparison of the effects of three different weight training programs on the one repetition maximum squat. **J. Strength Cond. Res,** v.14, n. 3, p.332-337, 2000.

STONE, M. H.; SANDS, W. A.; PIERCE, K. C.; RAMSEY, M. W.; HAFF, G.G. Power and Power Potentiation Among Strength–Power Athletes: Preliminary Study **International Journal of Sports Physiology and Performance** v. 3, n. 1, p. 55-67 2008.

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

TIDBALL, J. G. Mechanical signal transduction in skeletal muscle growth and adaptation **Journal of Applied Physiology** Published 1 May v. 98, n.5, p. 1900-1908. 2005.

YASUDA, T. et al. Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. **International Journal of KAATSU Training Research,** v. 1, p. 65-70, 2005.

ZEMKOVÁ, E, et al. Weight lifted and countermovement potentiation of power in the concentric phase of unstable and traditional resistance exercises **Journal of applied biomechanics** 30, 213-220, 2014.

ZEMKOVÁ, E. instability resistance training for health and performance **Journal Tradition Complement Med** Jun 30;7(2):245-250, 2017