



Taíse Mendes Biral

**Efeitos do treinamento resistido associado à restrição parcial
de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia de extensores do
joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com
metanálise e um estudo randomizado controlado**

Presidente Prudente – SP

2019

Taíse Mendes Biral

**Efeitos do treinamento resistido associado à restrição parcial
de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia de extensores do
joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com
metanálise e um estudo randomizado controlado**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCT/UNESP) – Presidente Prudente, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Fisioterapia.

Orientadora: Profa. Dra. Franciele Marques Vanderlei.

Presidente Prudente – SP

2019

Dedicatória

"Aos meus pais, Nilton e Regina, pelo incansável amor dedicado a mim durante toda minha vida e a todos os meus professores, que foram essenciais na minha trajetória profissional e acadêmica."

Agradecimentos

Eu não poderia deixar de expressar o quanto esse período de dois anos de mestrado significou para mim. Foram anos dedicados intensamente a pesquisa e a vida acadêmica. Foi onde eu pude pela primeira vez ser chamada de Professora e talvez o período onde eu mais pude compartilhar ideias e aprender ao mesmo tempo. Passaram tão rápido!

Agradeço a Deus, por ser sempre o meu suporte, pois na alegria e na tristeza Ele me sustentou e acalmou meu coração, mesmo quando eu não compreendia. Deus é bom o tempo todo, o tempo todo Deus é bom!

Agradeço infinitamente aos meus pais, Regina e Nilton, vocês sempre serão a alavanca para que eu sempre persevere no caminho da vida!

Agradeço imensamente a Prof. Dra. Franciele Marques Vanderlei por todos os ensinamentos acadêmicos e de vida e por sempre acreditar no meu trabalho mesmo quando eu mesma não acreditava. Sem dúvidas você se tornou um espelho de admiração como profissional e ser humano. Eu nunca vou esquecer o que fez por mim durante esse período.

Agradeço os Professores que participaram das bancas de qualificação e defesa: Prof. Dra. Aryane Flauzino, Prof. Dr. Diego Christofaro e Prof. Dr. Ítalo Lemes por todas as contribuições realizadas para que esse trabalho se tornasse melhor.

Meu muito obrigado a todos os integrantes do LAFIDE (Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre, doutorandos, mestrandos, residentes, especializandos e graduação) tenham certeza que todos contribuíram para que em conjunto conseguíssemos atingir os objetivos almejados. Nunca irei me esquecer dos momentos alegres e de trabalho que vivenciei com vocês!

Obrigada a todos amigos que estiveram presentes na minha vida durante essa jornada. Em especial não poderia deixar de citar o meu parceiro de pesquisa Leonardo Lemos, que dividiu todos os momentos comigo, desde o início do projeto, e toda a bendita logística que foi responsável por engrenar toda rotina incessante de coletas no Ceafir. Eu devo muito a você! Conte comigo sempre! A Allysiê que sempre contribuiu e também foi responsável pelos momentos de alegria que contagiavam a sala 67 e as avaliações na coleta; Altair por todas as discussões relacionadas a pesquisa, artigos e filosofias de vida desde a Residência; Anne e Amanda que foram minhas alunas de TG e que considero como se fossem filhas e Dudu pelo apoio nas coletas.

Agradeço também a todos os voluntários que participaram e programaram boa parte do seu tempo (que é o que temos de mais valioso na vida) para se dedicar a essa pesquisa.

Quero agradecer a todos os professores e funcionários desta instituição (FCT-UNESP) por todo profissionalismo e ajuda durante esses anos.

E por fim meu muito obrigado a todas as pessoas que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

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

Epígrafe

***"Nós somos o que fazemos repetidamente. A excelência, portanto, não é um ato,
mas um hábito."***

(Aristóteles)

B617e Biral, Taíse Mendes
Efeitos do treinamento resistido associado à restrição parcial de fluxo
sanguíneo na força e hipertrofia de extensores do joelho em adultos saudáveis
: uma revisão sistemática com metanálise e um estudo randomizado
controlado / Taíse Mendes Biral. -- Presidente Prudente, 2019
108 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientadora: Franciele Marques Vanderlei

1. Fisioterapia. 2. Exercícios físicos. 3. Força muscular. 4. Hipertrofia. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências
e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada

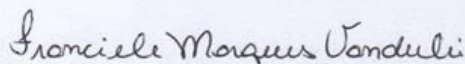
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeitos do treinamento resistido associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia de extensores do joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com metanálise e um estudo randomizado controlado.

AUTORA: TAÍSE MENDES BIRAL

ORIENTADORA: FRANCIELE MARQUES VANDERLEI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em FISIOTERAPIA, área: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. FRANCIELE MARQUES VANDERLEI

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - Pós-doutorado

Profª Drª ARYANE FLAUZINO MACHADO RODRIGUES
Fisioterapia / Faculdade Dom Bosco

VIDEOCONFERÊNCIA


Prof. Dr. ÍTALO RIBEIRO LEMES
Educação Física / Faculdade de Dracena (UNIFADRA)

Presidente Prudente, 19 de dezembro de 2019

Efeitos do treinamento resistido associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia de extensores do joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com metanálise e um estudo randomizado controlado

RESUMO

Introdução: estudos sobre o treinamento resistido de baixa intensidade associado à restrição de fluxo sanguíneo (RFS) atualmente tem ganhado destaque, porém ainda existem lacunas que podem ser exploradas em relação aos seus efeitos fisiológicos quando associado a treinamentos excêntricos, principalmente na força e hipertrofia muscular. **Objetivo:** Realizar uma revisão sistemática com metanálise e um estudo aleatorizado controlado a fim de esclarecer os reais efeitos do TRBI associado à RFS nos desfechos de força, hipertrofia muscular e desempenho funcional, e se a RFS quando associada a treinamentos excêntricos de baixa e alta intensidade é capaz de aumentar as respostas desses desfechos dos extensores de joelho em homens adultos saudáveis. **Métodos:** A revisão sistemática foi registrada no PROSPERO (número do registro #CRD42018104065). Os estudos foram selecionados por meio de sete bases de dados. Todos os estudos incluídos foram avaliados quanto à qualidade metodológica, utilizando a Escala PEDro, bem como foi avaliada a qualidade da evidência. Somente ensaios clínicos randomizados que avaliaram a eficácia do treinamento com RFS na força e hipertrofia muscular dos músculos extensores de joelho em adultos do sexo masculino, saudáveis e/ou fisicamente ativos, com idade de 18 a 35 anos, contra algum grupo de intervenção foram considerados elegíveis. Todas as metanálises foram conduzidas por meio do *software Review Manager – RevMan* e descritos como diferenças médias padronizadas (*standardized mean difference - SMD*) ou diferenças médias (*mean difference - MD*) com intervalos de confiança de 95% (IC). O estudo randomizado

controlado foi composto por 61 participantes do sexo masculino randomizados em quatro grupos: GTREAI (n=15), GTREBI (n=14), GTREAI-RFS (n=17) e GTREBI-RFS (n=15). Os participantes foram submetidos a um programa de treinamento excêntrico do músculo quadríceps no dinamômetro isocinético com duração de seis semanas nas intensidades de 80% com e sem RFS e 40% com e sem RFS do pico de torque excêntrico três vezes na semana e os desfechos de força muscular excêntrica, concêntrica e isométrica no dinamômetro isocinético, estrutura muscular do vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) por meio de ultrassonografia e desempenho funcional através do *Single Leg Hop Test* foram avaliados uma semana antes, na quarta semana e uma semana após o treinamento. Foram utilizados o método estatístico descritivo e as comparações dos desfechos foi realizada por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores com nível de significância de 5%.

Resultados: Os principais resultados da revisão sistemática na comparação de TRBI+RFS x TRAI mostraram que não houve diferença para o desfecho de força: DMP= -0,21, 95% IC [-0,72, 0,31] e hipertrofia: DM= -2,92 95% IC [-12,27, 6,44] e na comparação de TRBI+RFS x TRBI o desfecho de força foi favorável para TRBI+RFS (DMP= 1,01, 95% IC [0,07, 1,94]) e para a hipertrofia não houve diferença entre as intervenções (DM= -0,83, 95% IC [-5,66, 4,01]). Em relação ao estudo randomizado controlado foram observadas diferenças estatisticamente significantes no pico de torque excêntrico (na interação grupo vs momento $p=0,002$; intergrupos $p=0,040$ no momento intermediário entre o GTEAI e GTEBI e no momento final do GTEBI e GTEBI-RFS em relação ao GTEAI; intragrupo $p=0,000$ nos momentos intermediário e final em relação ao momento basal nos GTEAI-RFS, GTEBI-RFS e GTEAI); picos de torque isométrico (intragrupo $p=0,003$ no GTEAI-RFS do momento final em relação ao momento basal e no GTEBI-RFS do momento intermediário em relação ao momento basal) e para o pico

de torque concêntrico ($p= 0,000$ entre momento final em relação ao basal foram identificadas diferenças significativas nos GTEAI-RFS e GTEAI). Não foram encontradas diferenças para espessura de VL, mas para RF houve interação momento vs grupo ($p=0,023$) e diferença intragrupo ($p=0,04$) do momento final em relação ao basal para o GTEAI-RFS. No *Single Leg Hop Test* não foram encontradas diferenças intergrupos ($p= 0,784$) e interação momento vs grupo ($p= 0,317$), porém houve diferenças ($p=0,000$) entre os momentos intermediário e final em relação ao basal em todos os grupos. **Conclusão:** os achados da presente revisão sistemática com metanálise sugerem que para ganhos de força e hipertrofia de extensores do joelho não existe superioridade entre o TRBI+RFS e TRAI, portanto, o treinamento de TRBI+RFS é uma alternativa para homens jovens saudáveis. E na comparação entre TRBI+RFS e TRBI, a adição da restrição parcial de fluxo sanguíneo favoreceu os ganhos no TRBI+RFS quando o objetivo é força, mas não teve diferença para o resultado de hipertrofia. o treinamento excêntrico levou ao fortalecimento dos extensores do joelho e melhora do desempenho funcional, porém sem aumento da resposta hipertrófica. A adição da RFS sobreposta ao exercício excêntrico não influenciou as magnitudes das adaptações induzidas pelo treinamento excêntrico em homens jovens saudáveis.

Palavras-chave: treinamento com restrição de fluxo sanguíneo; treinamento excêntrico; treinamento resistido.

Effects of resistance training associated with partial blood flow restriction on the strength and hypertrophy of knee extensors in healthy adults: a systematic review with meta-analysis and a randomized controlled study

ABSTRACT

Introduction: studies on low intensity resistance training associated with blood flow restriction (RFS) are currently gaining prominence, however there are still gaps that can be explored in relation to their physiological effects when associated with eccentric training, especially in muscle strength and hypertrophy. **Objective:** To carry out a systematic review with meta-analysis and a randomized controlled study in order to clarify the real effects of TRBI associated with RFS on the outcomes of strength, muscle hypertrophy and functional performance, and whether RFS when associated with low and high intensity eccentric training is able to increase the responses of these knee extensor outcomes in healthy adult men. **Methods:** The systematic review was registered in PROSPERO (registration number # CRD42018104065). The studies were selected through seven databases. All included studies were assessed for methodological quality, using the PEDro Scale, as well as the quality of evidence was assessed. Only randomized controlled trials that assessed the effectiveness of RFS training on muscle strength and hypertrophy of knee extensor muscles in healthy, male and / or physically active adults, aged 18 to 35, against any intervention group were considered eligible. All meta-analyses were conducted using the Review Manager - RevMan software and described as standardized mean differences (SMD) or mean differences (mean difference - MD) with 95% confidence intervals (CI). The randomized controlled study was composed of 61 male participants randomized into four groups: GTREAI (n = 15), GTREBI (n = 14), GTREAI-RFS (n = 17) and GTREBI-RFS (n = 15). The participants underwent an

eccentric training program of the quadriceps muscle in the isokinetic dynamometer lasting six weeks at intensities of 80% with and without RFS and 40% with and without RFS of the eccentric torque peak three times a week and the outcomes of eccentric, concentric and isometric muscle strength in the isokinetic dynamometer, muscular structure of the vastus lateralis (VL) and rectus femoris (RF) by means of ultrasound and functional performance through the Single Leg Hop Test were evaluated one week before, in the fourth week and one week after training. The descriptive statistical method was used and the outcome comparisons were performed using the analysis of variance technique for repeated measures model in the two-factor scheme with a 5% significance level. **Results:** The main results of the systematic review in the comparison of TRBI + RFS x TRAI showed that there was no difference for the strength outcome: DMP = -0.21, 95% CI [-0.72, 0.31] and hypertrophy: DM = -2.92 95% CI [-12.27, 6.44] and when comparing TRBI + RFS x TRBI the strength outcome was favorable for TRBI + RFS (DMP = 1.01, 95% CI [0, 07, 1.94]) and for hypertrophy there was no difference between the interventions (DM = -0.83, 95% CI [-5.66, 4.01]). In relation to the randomized controlled study, statistically significant differences were observed in the peak eccentric torque (in the interaction vs group $p = 0.002$; intergroups $p = 0.040$ in the intermediate moment between GTEAI and GTEBI and in the final moment of GTEBI and GTEBI-RFS in relation to to GTEAI; intragroup $p = 0.000$ in the intermediate and final moments in relation to the baseline moment in GTEAI-RFS, GTEBI-RFS and GTEAI); isometric torque peaks (intragroup $p = 0.003$ in the GTEAI-RFS of the final moment in relation to the baseline moment and in the GTEBI-RFS of the intermediate moment in relation to the baseline moment) and for the concentric torque peak ($p = 0.000$ between final moment in In relation to baseline, significant differences were identified in the GTEAI-RFS and GTEAI). No differences were found for VL thickness, but for RF, there was interaction

between time vs group ($p = 0.023$) and intra-group difference ($p = 0.04$) from the final moment in relation to baseline for GTEAI-RFS. In the Single Leg Hop Test, no intergroup differences ($p = 0.784$) and moment vs group interaction ($p = 0.317$) were found, but there were differences ($p = 0.000$) between the intermediate and final moments in relation to baseline in all groups. **Conclusion:** the findings of this systematic review with meta-analysis suggest that for strength gains and hypertrophy of knee extensors there is no superiority between TRBI + RFS and TRAI, therefore, TRBI + RFS training is an alternative for healthy young men. And in the comparison between TRBI + RFS and TRBI, the addition of partial blood flow restriction favored gains in TRBI + RFS when the goal is strength, but there was no difference for the result of hypertrophy. eccentric training led to the strengthening of knee extensors and improved functional performance, but without increased hypertrophic response. The addition of the superimposed RFS to the eccentric exercise did not influence the magnitudes of the adaptations induced by the eccentric training in healthy young men.

Keywords: training with blood flow restriction; eccentric training; resistance training.

Lísta de abreviaturas

❖ Artigo I

1RM: Teste de uma repetição máxima;

ABQ: Abdução do quadril;

ADQ: Adução do quadril;

AI: Alta intensidade;

BI: Baixa intensidade;

BI + RFS: Baixa intensidade associada à restrição de fluxo sanguíneo;

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior;

Cm²: Centímetro quadrado;

CVM: Contração voluntária máxima;

DI: Dinamômetro isocinético;

DM: Diferença média (*Mean difference*);

DMP: Diferença média padronizada (*Standardized mean difference*);

DP: Desvios padrão;

EJ: Extensão do joelho;

FC: Flexão do cotovelo;

FJ: Flexão do joelho;

FLQ: Flexão do quadril;

GRADE: Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation System;

I²: Heterogeneidade;

IC: intervalo de confiança;

IRM: Imagem de ressonância magnética;

Kg: Quilograma;

Mm²: Milímetro quadrado;

mmHg: Milímetros de mercúrio;

Nm: Newton-metro;

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses;

RFS: Restrição parcial de fluxo sanguíneo;

TRAI: Treinamento resistido de alta intensidade;

TRBI: Treinamento resistido de baixa intensidade;

TRBI+RFS: Treinamento resistido de baixa intensidade associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo;

US: Ultrassonografia.

❖ *Artigo II*

CEAFIR: Centro de Estudos e Atendimento em Fisioterapia e Reabilitação;

CVIM: contração voluntária isométrica máxima;

GTEAI: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade com 80% do pico de torque excêntrico;

GTEAI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade associado a RFS com 80% do pico de torque excêntrico;

GTEBI: grupo de treinamento excêntrico de baixa intensidade com 40% do pico de torque excêntrico;

GTEBI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de baixa intensidade associado a RFS com 40% do pico de torque excêntrico;

POA: pressão de oclusão absoluta;

RF: reto femoral;

RFS: restrição de fluxo sanguíneo;

TREAI: treinamento resistido excêntrico de alta intensidade sem RFS;

TREAI-RFS: treinamento resistido excêntrico de alta intensidade associados à RFS;

TREBI: treinamento resistido excêntrico de baixa intensidade sem RFS;

TREBI-RFS: treinamento resistido excêntrico baixa intensidade associados à RFS;

VL: vasto lateral.

Lista de figuras

❖ Artigo I

Figura 1. Fluxograma do estudo.

Figura 2. *Forest plot* ilustrando os efeitos de TRBI + RFS em comparação com TRAI para os resultados força (Nm e Kg) e hipertrofia (cm²) dos extensores do joelho.

Figura 3. *Forest plot* ilustrando os efeitos do TRBI + BFR em comparação com o TRBI para os resultados força (Nm e Kg) e hipertrofia (cm²) dos extensores do joelho.

❖ Artigo II

Figura 1. Fluxograma do estudo.

Figura 2. Delineamento do estudo.

Lísta de tabelas

❖ Artigo I

Tabela 1. Características dos estudos incluídos.

Tabela 2. Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos.

Tabela 3. Avaliação da qualidade das evidências por meio do sistema GRADE da comparação entre TRBI+RFS e TRAI.

Tabela 4. Avaliação da qualidade das evidências por meio do sistema GRADE da comparação entre TRBI+RFS e TRBI.

❖ Artigo II

Tabela 1. Programa de treinamento excêntrico.

Tabela 2. Caracterização dos participantes.

Tabela 3. Desfechos de picos de torque excêntrico, isométrico e concêntrico; espessura dos músculos vasto lateral e reto femoral e *Single Leg Hop Test* nos momentos basal, intermediário e final dos grupos estudados.

Tabela 4. Valores da magnitude de ganho dos picos de torque excêntrico, isométrico e concêntrico, espessura de VL e RF e *Single Leg Hop Test* dos grupos estudados.

Sumário

Apresentação.....	24.
Contextualização.....	26.
Referências.....	27.
Artigo I: Treinamento de baixa intensidade associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo <i>versus</i> treinamento de alta e baixa intensidade na força e hipertrofia de extensores do joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com metanálise.....	28.
Artigo II: Efeitos do treinamento resistido excêntrico de baixa intensidade e de alta intensidade associado a restrição parcial de fluxo sanguíneo na força, espessura muscular e desempenho funcional de homens saudáveis: um ensaio clínico controlado.....	72.
Considerações Finais.....	108.

Apresentação

Essa dissertação está apresentada em consonância com as normas do modelo alternativo de dissertação do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. O conteúdo desse trabalho contempla o material originado a partir da pesquisa intitulada “*Efeitos do treinamento resistido associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia de extensores do joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com metanálise e um estudo randomizado controlado*” realizado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente – SP, Brasil e financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Bolsa de Mestrado).

Desta forma o material está dividido nas seguintes sessões:

- Contextualização do tema pesquisado;
- Referências;
- Artigo I: Biral TM, Lemos LK, Cavina APS, Pastre CM, Vanderlei FM
Treinamento de baixa intensidade associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo versus treinamento de alta e baixa intensidade na força e hipertrofia de extensores do joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com metanálise submetido no *Journal of Science and Medicine in Sport* (Fator de impacto: 3,623);
- Artigo II: Biral TM, Lemos LK, Cavina APS, Pastre CM, Vanderlei FM.
Efeitos do treinamento resistido excêntrico de baixa intensidade e de alta intensidade associado a restrição parcial de fluxo sanguíneo na força,

espessura muscular e desempenho funcional de homens saudáveis: um ensaio clínico randomizado controlado à ser submetido na *Sports Medicine* (Fator de impacto: 7,583);

- Considerações finais.

Contextualização

Há aproximadamente 50 anos os japoneses desenvolveram um método de treinamento resistido de baixa intensidade (TRBI) (20-50% 1RM) associado a restrição de fluxo sanguíneo (RFS), também conhecido como treinamento “KAATSU” ⁽¹⁾.

Este método tem ganhado espaço em diversos ambientes, como academias (entre os que querem potencializar desempenho) ⁽²⁾ e centros de reabilitação, que atendem idosos e/ou indivíduos com perda funcional ⁽³⁾, apesar de ser algo ainda novo no mercado brasileiro e de certa forma, recém explorado na comunidade científica, sobretudo se comparado ao treinamento resistido (TR) tradicional (alta intensidade, > 70% de 1RM).

Quando comparado ao TR tradicional, o TRBI associado a RFS parece resultar em ganhos inferiores na força muscular, enquanto os ganhos hipertróficos parecem similares. Com base nisso, muitos questionam a real utilidade do método em indivíduos saudáveis capazes de realizar o TR com altas cargas ^(2, 4).

Entretanto pode-se dizer que nem o indivíduo mais saudável consegue treinar sempre com altas cargas, desta forma, há necessidade da exploração desse método para essa população pensando que ainda há conflito na literatura; e se viável, o TRBI associado à RFS poderia ser uma estratégia relevante dentro da periodização desse tipo de população de forma a ser utilizado como uma ferramenta nova que chame atenção, além de provocar ganhos com a baixa sobrecarga articular ⁽⁵⁾.

Nesse sentido, foi realizada uma revisão sistemática com metanálise e um estudo aleatorizado controlado a fim de esclarecer os reais efeitos do TRBI associado à RFS nos desfechos de força, hipertrofia muscular e desempenho funcional, e se a RFS quando associada a treinamentos excêntricos de baixa e alta intensidade é capaz de aumentar as

respostas desses desfechos. Portanto, esses questionamentos foram estudados e contempla o material da presente dissertação.

Referências

1. Sato Y. The history and future of KAATSU Training. *Int J Kaatsu Training Res.* 2005;1(1):1-5.
2. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sport Med.* 2015;45(3):313-25.
3. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017;37(6):567-74.
4. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(2):361-78.
5. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bembien MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(4):510-8.

Artigo 1

Treinamento de baixa intensidade associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo versus treinamento de alta e baixa intensidade na força e hipertrofia de extensores do joelho em adultos saudáveis: uma revisão sistemática com metanálise

Taíse Mendes Biral^{1*}, Leonardo Kesrouani Lemos¹, Allysiê Priscilla de Souza Cavina¹,

Carlos Marcelo Pastre^{1,2}, Franciele Marques Vanderlei^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), Presidente Prudente, SP, Brazil

² Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), Presidente Prudente, SP, Brazil.

*** Autor correspondente:**

Ft. Taíse Mendes Biral

Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Departamento de Fisioterapia.

Rua Roberto Simonsen, 305 – Cidade Universitária.

CEP: 19060-900 - Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

E-mail: taisemendes_@hotmail.com

Introdução: estudos sobre o treinamento resistido de baixa intensidade associado à restrição de fluxo sanguíneo (TRBI+RFS) tem ganhado destaque nos últimos anos, no entanto, faz-se importante mostrar os reais efeitos do TRBI+RFS nos desfechos de força e hipertrofia muscular dos extensores de joelho comparado à treinamento resistido de alta (TRAI) e baixa intensidade (TRBI) e uma revisão sistemática com metanálise poderá esclarecer se o método pode ser uma alternativa de treinamento resistido para ganhos musculares em populações saudáveis. **Objetivo:** o objetivo dessa revisão sistemática com metanálise foi avaliar os efeitos do TRBI+RFS comparado ao TRAI e TRBI nos desfechos de força e hipertrofia dos extensores de joelho em homens adultos saudáveis.

Métodos: o estudo foi registrado no PROSPERO (número do registro #CRD42018104065). Os estudos foram selecionados por meio de sete bases de dados (Pubmed, EMBASE, SportDiscus, PEDro, SciELO, CINAHAL e The Cochrane Library). Os termos e palavras chave usados para otimizar a busca foram relacionadas com *blood flow restriction training* e *KAATSU training*. Todos os estudos incluídos foram avaliados quanto à qualidade metodológica, utilizando a Escala PEDro, bem como foi avaliada a qualidade da evidência. Somente ensaios clínicos randomizados que avaliaram a eficácia do treinamento com restrição parcial de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia muscular dos músculos extensores de joelho em adultos do sexo masculino, saudáveis e/ou fisicamente ativos, com idade de 18 a 35 anos, contra algum grupo de intervenção foram considerados elegíveis. Todas as metanálises foram conduzidas por meio do *software Review Manager – RevMan* e descritos como diferenças médias padronizadas (*standardized mean difference - SMD*) ou diferenças médias (*mean difference - MD*) com intervalos de confiança de 95% (IC). **Resultados:** sete estudos cumpriram todos os critérios de elegibilidade e foram incluídos na revisão sistemática. A avaliação da qualidade metodológica foi fraca e da evidência foi baixa e muito baixa. Os

principais resultados na comparação de TRBI+RFS x TRAI mostraram que não houve diferença para o desfecho de força: DMP= -0,21, 95% IC [-0,72, 0,31] e hipertrofia: DM= -2,92 95% IC [-12,27, 6,44] e na comparação de TRBI+RFS x TRBI o desfecho de força foi favorável para TRBI+RFS (DMP= 1,01, 95% IC [0,07, 1,94]) e para a hipertrofia não houve diferença entre as intervenções (DM= -0,83, 95% IC [-5,66, 4,01]). **Conclusão:** os achados da presente revisão sistemática com metanálise sugerem que para ganhos de força e hipertrofia de extensores do joelho não existe superioridade entre o TRBI+RFS e TRAI, portanto, o treinamento de TRBI+RFS é uma alternativa para homens jovens saudáveis. E na comparação entre TRBI+RFS e TRBI, a adição da restrição parcial de fluxo sanguíneo favoreceu os ganhos no TRBI+RFS quando o objetivo é força, mas não teve diferença para o resultado de hipertrofia.

Palavras-chave: treinamento com restrição de fluxo sanguíneo; treinamento KAATSU.

INTRODUÇÃO

O treinamento resistido é uma estratégia eficiente em proporcionar o processo de hipertrofia, bem como o de aumento de força muscular ⁽¹⁻³⁾. Evidências recentes têm mostrado que o treinamento resistido de baixa intensidade (20-50% 1RM) associado à restrição parcial de fluxo sanguíneo (TRBI+RFS) pode ser considerado um método alternativo e efetivo para promover mudanças de força e massa muscular em diferentes populações, como para atletas e idosos ⁽⁴⁻⁸⁾.

No entanto, atualmente esse método de treinamento resistido tem sido utilizado em populações saudáveis e fisicamente ativas com o objetivo de otimizar os ganhos musculares ⁽⁹⁾. Nesse sentido, Scott *et al.* ⁽⁹⁾ objetivaram coletar as evidências mais recentes em relação à eficácia das estratégias de restrição parcial de fluxo sanguíneo em indivíduos bem treinados e como conclusão os autores verificaram que o TRBI+RFS pode melhorar a hipertrofia e força muscular inclusive de indivíduos que normalmente não se beneficiariam apenas do treinamento resistido de baixa intensidade (TRBI).

Lixandrão *et al.* ⁽¹⁰⁾, em sua revisão sistemática com metanálise que compreendeu populações de jovens adultos e idosos, de ambos os sexos, demonstraram que em relação ao desfecho de força muscular, o treinamento resistido convencional de alta intensidade (TRAI) pode ser mais efetivo no aumento da força muscular quando comparado ao TRBI+RFS, no entanto, ambos os treinamentos parecem ser igualmente eficazes quando o desfecho avaliado é a hipertrofia. Além disso, Hughes *et al.* ⁽⁸⁾ demonstraram em revisão sistemática com metanálise que compreendeu estudos de populações com disfunções musculoesqueléticas e idosos, que o TRBI+RFS tem maior eficiência para o desfecho de força comparado com treinamento resistido de baixa intensidade (TRBI).

Quando comparado ao TR tradicional o TRBI associado a RFS parece resultar em ganhos reduzidos na força muscular, enquanto os ganhos hipertróficos parecem similares. Com base nisso, muitos questionam a real utilidade do método em indivíduos saudáveis capazes de realizar o TR com altas cargas ^(2, 4).

Entretanto pode-se dizer que nem o indivíduo mais saudável consegue treinar sempre com altas cargas, desta forma, há necessidade da exploração desse método para essa população pensando que ainda há conflito na literatura; e se viável, o TRBI poderia ser uma estratégia relevante dentro da periodização desse tipo de população de forma a ser utilizado como uma ferramenta nova que chame atenção, além de provocar ganhos com a baixa sobrecarga articular ⁽⁵⁾. Além do tipo de população, provavelmente, devido a sua importância clínica no sistema locomotor, os extensores do joelho, além de serem muito avaliados em estudos que realizam treinamento de força, são o grupo muscular mais avaliado com relação aos desfechos de força e hipertrofia em treinamentos que utilizam restrição parcial de fluxo sanguíneo.

Portanto, faz-se importante mostrar de forma clínica os efeitos do TRBI+RFS comparado ao TRAI e ao TRBI nos desfechos de força e hipertrofia muscular dos extensores de joelho em homens jovens saudáveis por meio de uma revisão sistemática com metanálise. Além disso, explorar os resultados obtidos pelo TRBI+RFS com o TRAI, considerado padrão ouro para ganho de força muscular, nessa população poderá trazer grandes implicações práticas na prescrição de treinamento resistido.

Sendo assim, o objetivo da presente revisão sistemática com metanálise foi avaliar os efeitos do TRBI+RFS comparado ao TRAI e TRBI nos desfechos de força e hipertrofia dos extensores de joelho em homens adultos saudáveis.

MÉTODOS

Protocolo e registro

Essa revisão sistemática foi conduzida de acordo com o *guideline* do “*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*” (PRISMA). O protocolo da revisão sistemática foi registrada prospectivamente na base de dados internacional de revisões sistemáticas em saúde e assistência social PROSPERO (número do registro #CRD42018104065) e pode ser acessado em <http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/>.

Critérios de elegibilidade

Somente ensaios clínicos randomizados que avaliaram a eficácia do treinamento com restrição parcial de fluxo sanguíneo na força e hipertrofia muscular dos músculos extensores de joelho em adultos do sexo masculino, saudáveis e/ou fisicamente ativos, com idade de 18 a 35 anos, contra algum grupo de intervenção foram considerados elegíveis. Os participantes deveriam ter realizado um protocolo de treinamento de força muscular de alta ou baixa intensidade associado ou não à restrição parcial de fluxo sanguíneo, sendo que foram incluídas as seguintes intervenções: 1) treinamento de alta intensidade (maior ou igual a 70% 1RM)⁽²⁾; 2) treinamento de baixa intensidade (menor ou igual a 50% 1RM) associado à restrição de fluxo sanguíneo e 3) treinamento de baixa intensidade. Os treinamentos poderiam ser localizados ou combinados e com qualquer tipo de contração muscular. A restrição de fluxo sanguíneo poderia ser individualizada ou não e em qualquer porcentagem ou aparelho.

Estudos com atletas ou que abordassem ambos os sexos, estudos que não realizassem a comparação entre alguma dessas intervenções e estudos que realizassem treinamento de intensidade moderada foram excluídos.

Estratégias de busca

Os estudos foram selecionados por meio de sete bases de dados (*EMBASE*, *PubMed*, *SportDiscus*, *Physiotherapy Evidence Database [PEDro]*, *Scientific Electronic Library Online [SciELO]*, *The Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature [CINAHAL]* e *Cochrane Central Register of Controlled Trials [CENTRAL]*). As buscas não foram limitadas por data ou idioma de publicação, e foram estruturadas seguindo as recomendações da *Cochrane Collaboration* ⁽¹¹⁾. O último dia da busca de artigos foi 11 de abril de 2019. Os termos e palavras chave usados para otimizar a busca foram relacionadas com *blood flow restriction training* e *KAATSU training* (Apêndice I).

Seleção dos estudos

O processo de seleção dos estudos foi realizado por dois revisores independentemente que examinaram os resultados da busca para realizar a elegibilidade. As diferenças foram resolvidas em primeiro lugar na discussão e, em seguida, se necessário, arbitrado por um terceiro autor de revisão independente. Para rastrear os resultados da pesquisa, verificou-se as publicações duplicadas e depois os títulos dos estudos foram avaliados. Se considerado potencialmente elegível a partir do título, o resumo e, em seguida, o estudo em texto completo foram lidos. As listas de referências dos textos completos selecionados foram revisadas manualmente para obter estudos potencialmente elegíveis que não foram recuperados eletronicamente.

Processo da extração de dados

Dados dos desfechos, incluindo valores finais de médias, desvios padrão e tamanho da amostra foram extraídos por dois revisores. O processo de extração de dados foi realizado por meio de um formulário padronizado, que incluiu detalhes como

características dos participantes, procedimentos do treinamento físico, procedimentos das análises de força e/ou hipertrofia e características metodológicas. Desacordos entre autores quanto às extrações de dados foram discutidos e construído um consenso para chegar a uma decisão. Nos casos em que os dados não foram relatados no artigo, o autor correspondente foi contatado por e-mail e um lembrete de e-mail foi enviado depois de uma semana. As respostas ou falta das respostas foram anotadas.

Para ser incluído nessa revisão e na metanálise, os estudos deveriam ter pelo menos uma das seguintes medidas de desfechos: 1) força muscular que poderia ser medida com testes no dinamômetro isocinético (pico de torque realizado pela contração voluntária máxima isométrica ou concêntrica [Nm]) e/ou dinâmico (teste de uma repetição máxima, 1RM [Kg]) e 2) hipertrofia muscular que poderia ser avaliado com ultrassonografia (espessura muscular) e/ou imagem de ressonância magnética (área de secção transversa).

Qualidade metodológica dos estudos

Todos os estudos incluídos foram avaliados quanto à qualidade metodológica, utilizando a escala PEDro de onze critérios ^(12, 13) que é considerada uma ferramenta confiável ⁽¹²⁾ e válida ⁽¹³⁾. Este processo também foi realizado por dois revisores independentes e foi adotado o método de consenso. Na escala PEDro, dez critérios foram pontuados como ausente ou presente, sendo que o primeiro critério não pontua. Cada estudo foi avaliado para alocação aleatória, alocação oculta, comparabilidade de base, participantes cegos, terapeutas cegos, avaliadores cegos, perda de seguimento, análise de intenção de tratar, comparação entre grupos, estimativas pontuais e variabilidade. Uma pontuação de 9-10 foi considerada excelente; 6-8 bom; 4-5 fraco e menor que 4 pobre ⁽¹⁴⁾. Não houve artigos incluídos que estavam indexados na PEDro, portanto, todos os escores

foram realizados manualmente pelos revisores. A qualidade metodológica não foi um critério de inclusão.

Qualidade da evidência

A qualidade da evidência foi avaliada usando o *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) System* ^(11, 15). A qualidade das evidências dos estudos incluídos refere-se para um corpo de estudos, e não para estudos individuais. A qualidade da evidência foi pontuada para cada um dos quatro fatores especificados a seguir: limitações metodológicas do estudo ou risco de viés (quando >25% dos ensaios foram pontuados com baixa qualidade metodológica, escore < 6 na escala PEDro) ⁽¹⁶⁾, evidência indireta (desenho e objetivo do estudo não concordante), inconsistência dos resultados (quando a heterogeneidade foi apresentada com $I^2 > 50\%$) e imprecisão dos resultados (comparações com menos de 400 participantes foram incluídas na metanálise) ^(16, 17).

A qualidade da evidência pode ser apresentada em quatro categorias ⁽¹⁸⁾: alta (evidência suficiente na estimativa do efeito sem vieses de notificação conhecidos ou suspeitos; todos os domínios foram preenchidos), moderada (o verdadeiro efeito está próximo da estimativa do efeito com algumas possibilidades de que seja substancialmente diferente; um domínio não foi cumprido), baixa (a confiança do efeito é limitada; dois domínios não foram realizados) e muito baixa (pouca confiança na estimativa do efeito; três domínios não foram cumpridos).

Síntese e análise dos dados

As metanálises foram conduzidas por meio do *software Review Manager – RevMan* (versão 5.3, Copenhagen: *The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane*

Collaboration, 2014) para sumarizar o efeito do treinamento com restrição parcial de fluxo sanguíneo na melhora da força e hipertrofia muscular. Além disso, foram realizadas análises exploratórias levando em consideração a mediana do número de sessão do treinamento dos estudos incluídos. Metanálise em resultados contínuos foi realizada utilizando médias e desvios padrão (DP) de cada uma das categorias elegíveis nos ensaios.

Os dados foram apresentados pela diferença média padronizada (DMP) e intervalos de confiança de 95% quando os estudos utilizaram medidas diferentes para avaliar o mesmo desfecho e como diferença de média (DM) se os estudos utilizaram a mesma medida de desfecho ⁽¹¹⁾. A interpretação dos dados da DMP foi realizada de acordo com o indicador de Cohen's ⁽¹⁹⁾: tamanho de efeito pequeno (DMP=0,20), tamanho de efeito moderado (DMP=0,50) e tamanho de efeito grande (DMP=0,80). Para a DM o tamanho de efeito foi considerado clinicamente relevante se entre os grupos houvesse uma diferença de 45,56 Nm (erro de medida: 16,44 Nm) ⁽²⁰⁾ e de 8,84 kg (erro de medida: 3,2 kg) ⁽²¹⁾ para a força muscular e de média de 0,83 cm² (erro de medida: 0.3 ± 0.2 cm²) para hipertrofia ⁽²²⁾. As diferenças clinicamente relevantes foram buscadas por meio de estudos que realizaram a confiabilidade intra-avaliador para os testes de força (Nm ⁽²⁰⁾ e Kg ⁽²¹⁾) e hipertrofia (cm²) ⁽²²⁾.

A heterogeneidade foi analisada utilizando os valores de Higgins I² e foi considerada baixa onde I²<25%, moderada onde I²≥50% e alta onde I²≥75% ⁽¹¹⁾. As estimativas agrupadas foram calculadas usando um modelo de efeito aleatório (*random effect*) devido à heterogeneidade dos estudos representados por I² maior ou igual a 50% ou um modelo de efeito fixo (*fixed effect*) para estudos com I² menor que 50%.

RESULTADOS

A busca nas bases de dados identificou 955 estudos das seguintes bases de dados: CENTRAL (122 achados); PubMed (302 achados); EMBASE (302 achados); CINAHL (107 achados); PEDro (9 achados); SPORTDiscus (107 achados) e Scielo (6 achados). Depois que as duplicatas foram removidas, rastreou-se um total de 140 registros. Em seguida, após a leitura de títulos e resumos sobraram 31 estudos no qual foi realizada a revisão do texto completo. Destes estudos, sete cumpriram todos os critérios de elegibilidade e foram incluídos no estudo. A Figura 1 mostra o processo esquemático da seleção do estudo com base em um fluxograma do PRISMA.

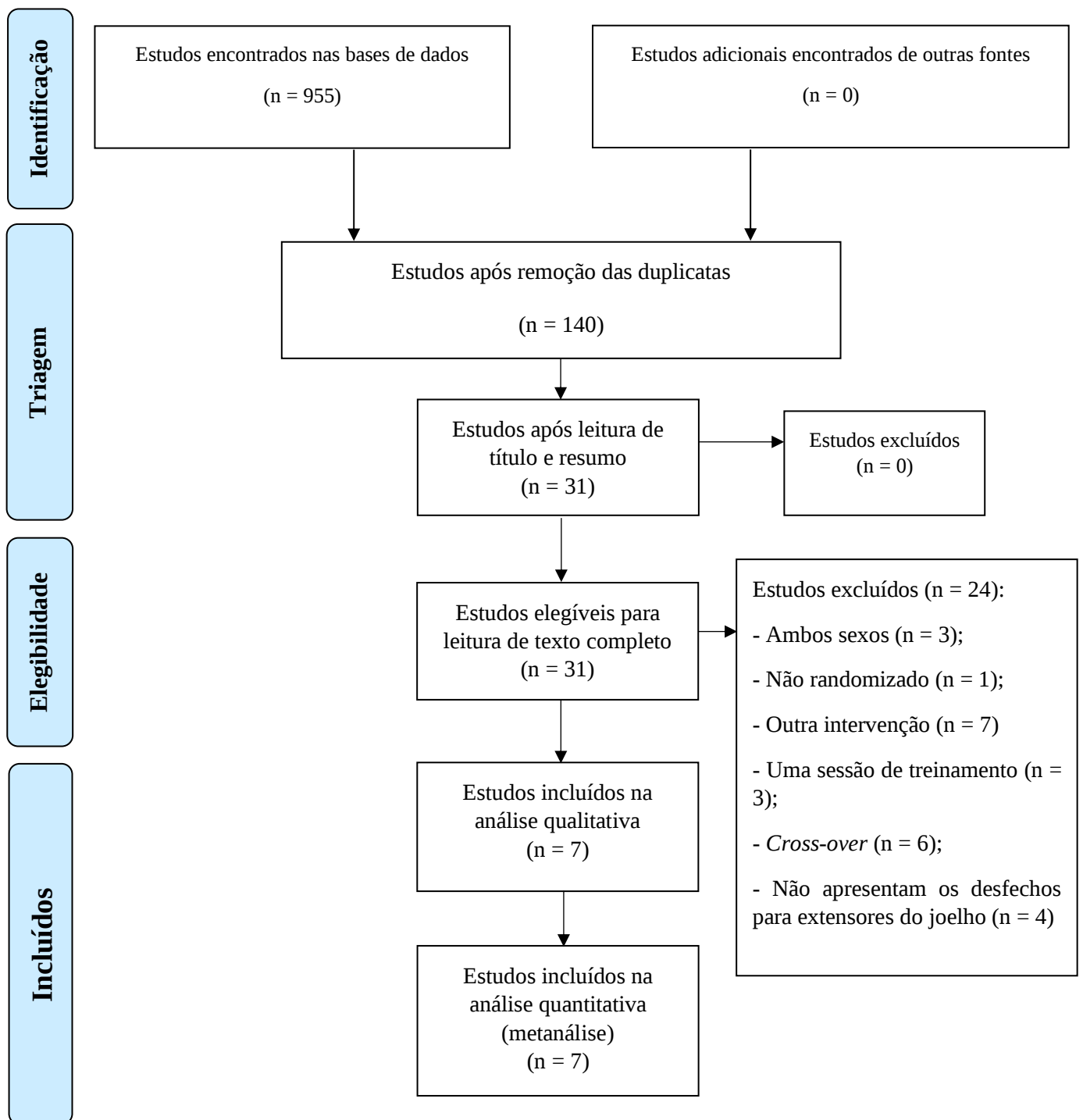


Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos.

Características dos estudos

Desenho de estudo

Os sete estudos elegíveis foram publicados entre os anos de 2006⁽²³⁾ e 2017⁽²⁴⁾, sendo que dois eram randomizados controlados paralelos^(24, 25), três eram randomizados controlados paralelos com múltiplos braços (*multi-arm*)⁽²⁶⁻²⁸⁾ um era randomizado controlado do tipo partes do corpo múltiplas (*multiple body parts*)⁽²³⁾ e um randomizado controlado com múltiplos braços (*multi-arm*) do tipo partes do corpo múltiplas (*multiple body parts*)⁽²⁹⁾. O grupo controle/comparação foi considerado como um grupo do estudo que realizava algum tipo de intervenção, que poderia ser o treinamento de baixa intensidade ou de alta intensidade. O termo “*multiple body parts*” se refere ao tipo de estudo no qual diferentes partes do corpo recebem diferentes intervenções. No caso dos estudos acima, ambas as pernas dos participantes foram randomizadas para receber diferentes intervenções ao mesmo tempo.

Os estudos foram oriundos do Brasil^(27, 29), Japão^(23, 25, 28), Dinamarca⁽²⁴⁾ e Estados Unidos⁽²⁶⁾.

Participantes

O tamanho da amostra dos estudos variou de 9⁽²³⁾ a 47⁽²⁹⁾ participantes com uma média (DP) de $25,9 \pm 13,4$ participantes. No total, 185 participantes foram incluídos nas metanálises. O número de desistências não foi relatado nos estudos.

Todos os estudos incluíram apenas homens adultos. A idade variou dos 18 a 30 anos. Cada estudo relatou as características de cada participante, sendo que eles poderiam ser “jovens aparentemente saudáveis sem a prática de atividade física periódica”⁽²⁹⁾, “estudantes universitários fisicamente ativos que não fossem engajados em nenhum tipo de treinamento físico regular e que não tivessem experiência prévia de treinamento físico

regular”⁽²⁷⁾, “saúdáveis sem experiência prévia de treinamento resistido regular,”⁽²⁵⁾, “saúdáveis e recreacionalmente ativos que não participavam em treinamento resistido sistemático um ano antes do estudo”⁽²⁴⁾, “jovens saúdáveis destreinados não engajados em exercício regular”⁽²⁸⁾, “jovens saúdáveis”⁽²³⁾, “recreacionalmente ativos sem a realização de treinamento resistido regular”⁽²⁶⁾.

Intervenção

No estudo de Barcelos *et al.*⁽²⁹⁾ houve a maior quantidade de grupos sendo um grupo controle que mantinha as atividades do dia-a-dia, quatro grupos com restrição parcial de fluxo sanguíneo (com diferentes séries e intensidade de exercício) e quatro grupos sem restrição parcial de fluxo sanguíneo (com diferentes séries e intensidade de exercício). Já nos estudos de Laurentino *et al.*⁽²⁷⁾ e Martín-Hernández *et al.*⁽²⁶⁾ houve três grupos de treinamento e nos estudos de Kubo *et al.*⁽²³⁾, Madarame *et al.*⁽²⁵⁾ e Nielsen *et al.*⁽²⁴⁾ houveram apenas dois grupos de treinamento.

Além disso, três estudos^(23, 26, 27) realizaram comparações de TRBI+RFS vs TRAI e cinco estudos^(24, 25, 27, 28, 29) realizaram comparações com o TRBI+RFS vs TRBI.

Em relação ao tipo de técnica para a realização da restrição parcial de fluxo sanguíneo os estudos utilizaram um manguito pneumático manual^(26, 27, 29), automático^(23, 24), elástico⁽²⁵⁾ ou torniquete sem mais descrições⁽²⁸⁾. A pressão de restrição parcial de fluxo sanguíneo utilizada entre os estudos variou de 85⁽²⁷⁾ a 250⁽²⁸⁾ mmHg e foi mantida nos momentos de descanso entre as séries⁽²³⁻²⁹⁾.

O número de sessões variou de 10⁽²⁶⁾ a 36⁽²³⁾ sessões. O tipo de contração muscular utilizada foi isométrica⁽²⁸⁾ ou concêntrica associada a fase excêntrica^(23, 24, 25, 26, 27, 29) realizada com caneleiras⁽²⁸⁾ ou máquina extensora^(23, 24, 25, 26, 27, 29). Os estudos realizaram séries que variaram de uma^(28, 29) a quatro séries^(23, 26) e de 20⁽²⁸⁾ a 75⁽²⁶⁾

repetições por grupo muscular ou realizavam repetições que iam até a falha. O tempo de descanso entre as séries variou de 30^(23, 25) a 180⁽²⁵⁾ segundos.

Medidas de desfecho

Em relação aos desfechos, os estudos avaliaram a força dos extensores do joelho utilizando o teste de contração voluntária máxima (CVM) isométrica^(23, 25) e CVM concêntrica^(24, 26, 28) por meio do dinamômetro isocinético ou pelo teste de uma repetição máxima (1RM)^(25, 26, 27, 29), sendo as unidades de medida em newton-metro (Nm) e quilograma (Kg), respectivamente. A CVM isométrica foi realizada com 80°⁽²⁵⁾ e 90°⁽²³⁾ de flexão do joelho, enquanto que para a CVM concêntrica as velocidades angulares utilizadas foram de 30°/s e 240°/s⁽²⁴⁾ e 60°/s e 180°/s^(26, 28), sendo que para as metanálises foram usados os dados de velocidades angulares menores que 180°/s que são consideradas velocidades baixas que medem força muscular e maiores ou iguais a 180°/s para deixar as medidas o mais semelhante possível⁽³⁰⁾.

E para o desfecho de hipertrofia, quatro estudos avaliaram-na por meio da medida da área de secção transversa para os extensores de joelho utilizando a imagem de ressonância magnética^(24, 26, 28, 30), sendo as unidades de medida em centímetro quadrado (cm²) e milímetro quadrado (mm²). A medida de mm²⁽²⁷⁾ foi transformada em cm² para padronizar a unidade de medida.

Foi realizada análise de sensibilidade para o desfecho de força levando em consideração o número de sessões. Foi realizada a mediana do tempo de sessões dos estudos. Portanto foram obtidos resultados com treinamentos de menos que 20^(27, 29) e maior ou igual a 20 sessões^(24, 25, 28). As características dos estudos incluídos estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos estudos incluídos.

Estudo	Desenho do estudo	Características dos participantes ^a	Exercício	Grupo de Baixa Intensidade + RFS	Grupo de comparação	Semanas (sessões)	Desfechos
Barcelos <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾	Randomizado	Homens jovens	Extensão	a) 1 x até a falha; 20% 1RM;	<i>Baixa Intensidade:</i>	8 (16)	a) Hipertrofia: AST quadríceps por meio da IRM (cm ²) b) Força: 1RM (kg)
	controlado com	aparentemente	Unilateral	60” de descanso entre	a) 1 x até a falha; 20%		
	múltiplos	saudáveis e sem a	de joelho	séries; RFS: 120 a 200	1RM; 60” de descanso		
	braços do tipo	prática de atividade		mmHg; N= 10;	entre séries; N= 10		
	partes do corpo	física periódica		b) 3 x até a falha; 20% 1RM;	b) 3 x até a falha; 20%		
	múltiplas			60” de descanso entre	1RM; 60” de descanso entre		
		N= 47;		séries; RFS: 120 a 200	séries; N= 10		
		1 x 20%; 22.0		mmHg; N= 10	c) 1 x até a falha; 50%		
		(19.9–23.5)		c) 1 x até a falha; 50% 1RM;	1RM; 60” de descanso		
		18 - 30 anos		60” de descanso entre	entre séries; N= 10		
				séries; RFS: 120 a 200	d) 3 x até a falha; 50%		
				mmHg; N= 10	1RM; 60” de descanso		
				d) 3 x até a falha; 50% 1RM;	entre séries; N= 10		
				60” de descanso entre			
				séries; RFS: 120 a 200			
				mmHg; N= 10			

Kubo <i>et al.</i> ⁽²³⁾	Randomizado	Homens jovens	Extensão	a) 1 x 25-18-15-12; 20% 1RM;	<i>Alta intensidade:</i>	12	(36)	a) Hipertrofia: AST do
	controlado do	saudáveis;	unilateral	30" de descanso entre séries;	a) 4 x 10; 80% 1RM; 60" de			quadríceps por meio da
	tipo partes do		de joelho	RFS: progressiva de forma	descanso entre séries; N= 9			IRM (cm ²)
	corpo múltiplas	N= 9;		automática (não relatou os				b) Força: CVM isométrica
		25 ± 2 anos		mmHg); N= 9				por meio do DI (Nm)
Laurentino <i>et al.</i> ⁽²⁷⁾	Randomizado	Homens estudantes	Extensão	a) 3 x 15; 20% 1RM; 60" de	<i>Baixa intensidade:</i>	8	(16)	a) Hipertrofia: AST do
	controlado	universitários	bilateral	descanso entre séries; RFS:	a) 3 x 15; 20% 1RM; 60" de			quadríceps por meio da
	paralelo com	fisicamente ativos	de joelho	94,8 ± 10,3; N= 10	descanso entre séries;			IRM (mm ²)
	múltiplos	que não fossem						b) Força: 1 RM (kg)
	braços	engajados em			<i>Alta intensidade:</i>			
		nenhum tipo de			a) 3 x 8; 80% 1RM; 60" de			
		treinamento físico			descanso entre séries; N= 9			
		regular e que não						
		tivessem						
		experiência prévia						
		do mesmo;						
		N= 29;						

		BI + RFS: 20.0 ± 4.5 anos; BI: 20.3 ± 4.2 anos; AI: 23.6 ± 6 anos.					
Madarame <i>et al.</i> ⁽²⁵⁾	Randomizado controlado paralelo	Homens saudáveis sem experiência prévia de treinamento resistido regular; N= 15; BI + RFS: 21.6 ± 2.4 anos; BI: 21.9 ± 4.2 anos.	Flexão do cotovelo (FC), extensão do joelho (EJ) e flexão do joelho (FJ)	a) 3 x 10; 50% 1RM; 180” de descanso entre séries sem RFS (FC) e 30-15-15; 30% 1RM; 30” de descanso entre séries (EJ e FJ); RFS: 160 a 180 mmHg; N= 8	<i>Baixa intensidade:</i> a) 3 x 10; 50% 1RM; 180” de descanso entre séries sem RFS (FC) e 1 x 30-15-15; 30% 1RM; 30” de descanso entre séries (EJ e FJ); N= 7	10 (20)	a) Hipertrofia: AST do quadríceps por meio da 1RM (cm ²) b) Força: CVM isométrica por meio do DI (Nm) e 1RM (kg)
Martín-Hernández <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾	Randomizado controlado paralelo com múltiplos braços	Homens recreacionalmente ativos sem a realização de treinamento resistido regular;	Extensão bilateral de joelho	a) 1 x 30-15-15-15, 20% 1RM; 60” de descanso entre séries; RFS: 110 mmHg; N= 10 b) 1 x 30-15-15-15, 20% 1RM; 60” de descanso entre séries + 5’ descanso + 1 x 30-15-	<i>Alta intensidade:</i> a) 3 x 8, 85% 1RM; 60” de descanso entre séries; N= 11	5 (10)	a) Força: CVM concêntrica por meio do DI (Nm) e 1RM (kg)

 15-15; RFS: 110 mmHg; N=

N= 39;

10

BI + RFS: 20.3 ±

1.1 anos e 21.1 ±

2.0;

AI: 20.7 ± 2.3 anos.

Nielsen *et al.* ⁽²⁴⁾

Randomizado

Homens saudáveis e

Extensão

a) 4 x até a falha; 20% 1RM;

Baixa intensidade:

3 (23)

a) Força: CVM concêntrica

controlado

recreacionalmente

unilateral

30" de descanso entre séries;

a) 4 x até a falha; 20%

por meio do DI (Nm)

paralelo

ativos que não

de joelho

RFS: 100 mmHg; N= 12

1RM; 30" de descanso

entre séries; N= 9

participavam em

treinamento

resistido sistemático

um ano antes do

estudo

N= 21;

BI+ RFS: 23 ± 2

anos;

BI: 22 ± 3 anos.

Sumide <i>et al.</i> ⁽²⁸⁾	Randomizado	Homens jovens	Flexão do	a) FLQ: 1 x 20, 20% 1RM, 5"	Baixa intensidade:	8 (24)	a) Força: CVM concêntrica
	controlado	saudáveis	quadril	contração, 5" descanso; ABQ: 1	a) FLQ: 1 x 20, 20% 1RM,		por meio do DI (Nm)
	paralelo com	destreinados não	(FLQ);	x 20, 20% 1RM, 5" contração,	5" contração, 5"		
	múltiplos	engajados em	Abdução	5" descanso; ADQ: 1 x 20, força	descanso; ABQ: 1 x 20,		
	braços	exercício regular;	do quadril	máxima, 5" contração, 5"	20% 1RM, 5" contração,		
		N= 21;	(ABQ);	descanso; RFS: 50 mmHg; N= 5	5" descanso; ADQ: 1 x		
			Adução	b) FLQ: 1 x 20, 20% 1RM, 5"	20, força máxima, 5"		
			do quadril	contração, 5" descanso; ABQ: 1	contração, 5" contração;		
		22.1 ± 1.8 anos.	(ADQ)	x 20, 20% 1RM, 5" contração,	N= 5		
				5" descanso; ADQ: 1 x 20, força			
				máxima, 5" contração, 5"			
				descanso; RFS: 150 mmHg; N=			
				5			
				c) FLQ: 1 x 20, 20% 1RM, 5"			
				contração, 5" descanso; ABQ: 1			
				x 20, 20% 1RM, 5" contração,			
				5" descanso; ADQ: 1 x 20, força			
				máxima, 5" contração, 5"			
				descanso; RFS: 250 mmHg; N=			
				6			

Legenda: AST: Área de secção transversa; IRM: Imagem de ressonância magnética; US: Ultrassonografia; 1RM: Teste de uma repetição máxima; CVM: Contração voluntária máxima; Cm²: Centímetro quadrado; Mm²: Milímetro quadrado; Kg: Quilograma; Nm: Newton-metro; RFS: Restrição de fluxo sanguíneo; BI: Baixa intensidade; BI + RFS: Baixa intensidade associada à restrição de fluxo sanguíneo; AI: Alta intensidade; DI: Dinamômetro isocinético; mmHg: Milímetros de mercúrio; FC: Flexão do cotovelo; EJ: Extensão do joelho; FJ: Flexão do joelho; FLQ: Flexão do quadril ; ABQ: Abdução do quadril ; ADQ: Adução do quadril .

^a Dados de idade estão em média e desvio padrão ou mediana e intervalo de confiança (IC).

Qualidade dos estudos

Para a avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos foi utilizado a escala PEDro que apresentou uma média de $4,4 \pm 0,5$ pontos. Todos os sete estudos foram considerados de “qualidade fraca”, sendo que dois estudos obtiveram a pontuação 5^(25, 29) e os outros cinco estudos a pontuação 4^(23, 24, 26, 27, 28). Todos os cinco estudos (de pontuação 4) incluídos nessa revisão perderam pontuação nos itens: alocação oculta, cegamento dos participantes, cegamento dos terapeutas, cegamento dos avaliadores, perda de seguimento e análise de intenção de tratar. Os outros dois estudos (de pontuação 5) também perderam pontuação nos itens acima menos no de perda de seguimento. A Tabela 2 mostra a descrição dos ensaios clínicos que cumpriram cada critério.

Tabela 2. Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos.

Estudo, ano	Critério de Elegibilidade *	Alocação Aleatória	Alocação Oculta	Comparabilidade de Base	Participantes Cegos	Terapeutas Cegos	Avaliadores Cegos	Perda de Seguimento	Análise de Intenção de Tratar	Comparação entre Grupos	Estimativas Pontuais e Variabilidade	PEDro Score (0-10)	Qualidade
Barcelos <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	5	Fraco
Kubo <i>et al.</i> ⁽²³⁾	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	4	Fraco
Laurentino <i>et al.</i> ⁽²⁷⁾	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	4	Fraco
Madarame <i>et al.</i> ⁽²⁵⁾	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	5	Fraco
Martín-Hernández <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	4	Fraco
Nielsen <i>et al.</i> ⁽²⁴⁾	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	4	Fraco
Sumide <i>et al.</i> ⁽²⁸⁾	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	4	Fraco

* O item “Critério de Elegibilidade” não conta no score.

Em relação a avaliação da qualidade da evidência, foi obtido resultados de evidência fraca ou muito fraca, isso mostra que seja muito provável que mais pesquisas tenham um impacto importante na confiança na estimativa do efeito e possam alterar a estimativa. Os detalhes da avaliação da qualidade da evidência de acordo com o sistema GRADE dos estudos incluídos estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3. Avaliação da qualidade das evidências por meio do sistema GRADE da comparação entre TRBI+RFS vs TRAI e TRBI+RFS vs TRBI.

Estudos	Avaliação da qualidade				Número de pacientes		Efeito	Qualidade global da evidência
	Risco de viés	Inconsistência	Imprecisão	Evidência indireta	TRBI+RFS	TRAI	DM ou DMP (95% IC)	
Força muscular								
Nm ^(23, 26) < 180°/s	Grave ^a	Não grave	Grave ^c	Não grave	20	29	DM= -17,05 Nm (-41,48, 7,38)	⊕⊕○○ BAIXA
Nm ^(23, 26) ≥ 180°/s	Grave ^a	Não grave	Grave ^c	Não grave	20	29	DM= -15,17 Nm (-31,52, 1,18)	⊕⊕○○ BAIXA
Kg ^(26, 27)	Grave ^a	Grave ^b	Grave ^c	Não grave	20	30	DM= -12,66 Kg (-32,59, 7,27)	⊕○○○ MUITO BAIXA
Geral ^(23, 26, 27)	Grave ^a	Grave ^b	Não grave	Não grave	29	29	DMP= -0,21 DP (-0,72, 0,31)	⊕⊕○○ BAIXA
Hipertrofia muscular								
Cm ² ^(23, 27)	Grave ^a	Grave ^b	Grave ^c	Não grave	19	18	DM= -2,92 cm ² (-12,27, 6,44)	⊕○○○ MUITO BAIXA
Estudos	Avaliação da qualidade				Número de pacientes		Efeito	Qualidade global da evidência
	Risco de viés	Inconsistência	Imprecisão	Evidência indireta	TRBI+RFS	TRBI	DM ou DMP (95% IC)	
Força muscular								
Nm ^(24, 25, 28) < 180°/s	Grave ^a	Não grave	Grave ^c	Não grave	34	20	DM= 18,20 Nm (3,97, 32,43)	⊕⊕○○ BAIXA
Nm ^(24, 25, 28) ≥ 180°/s	Grave ^a	Não grave	Grave ^c	Não grave	34	20	DM= 13,11 Nm (0,81, 25,40 higher)	⊕⊕○○ BAIXA

Kg ^(25, 27, 29)	Grave ^a	Não grave	Grave ^c	Não grave	58	57	DM= 13,43 Kg (9,92, 16,95 higher)	⊕⊕○○ BAIXA
Geral ^(24, 25, 27, 28, 29)	Grave ^a	Grave ^b	Grave ^c	Não grave	46	41	DMP= 1,01 DP (0,07, 1,94)	⊕○○○ MUITO BAIXA
<i>Hipertrofia muscular</i>								
Cm ² (25, 27, 29)	Grave ^a	Não grave	Grave ^c	Não grave	58	57	DM= -0,86 cm² (-5,66, 4,01)	⊕⊕○○ BAIXA

IC: Intervalo de confiança; **DM:** Diferença média (*Mean difference*); **DMP:** Diferença média padronizada (*Standardized mean difference*); **DP:** Diferença padronizada;
a Mais do que 25% dos participantes dos estudos com baixa qualidade metodológica (Escore PEDro < 6 pontos);

b I² > 50%;

c < 400 participantes combinados para cada desfecho;

QUALIDADE BAIXA: É muito provável que mais pesquisas tenham um impacto importante em nossa confiança na estimativa do efeito e possam alterar a estimativa.

QUALIDADE MUITO BAIXA: Estamos muito incertos sobre a estimativa do efeito.

TRBI+RFS vs TRAI

Foi realizada análise exploratória geral que comparou o TRBI+RFS com o TRAI para o desfecho de força muscular dos músculos extensores de joelho, sendo as unidades de medida em Kg e Nm. Os resultados dos dados agrupados demonstraram que não houve diferença entre os tipos de treinamento para esse desfecho (três estudos, $n=58$; DMP= -0,21, 95% IC [-0,72, 0,31]; $p=0,44$; $I^2=0\%$).

Uma análise de sensibilidade para o mesmo tipo de comparação e desfecho foi realizada separando as unidades de medida em Nm com $60^\circ/s$ (dois estudos, $n= 49$; DM= -17,05, 95% IC [-41,48, 7,38]; $p=0,17$; $I^2=0\%$), Nm com $180^\circ/s$ (dois estudos, $n= 49$; DM= -15,17, 95% IC [-31,52, 1,18]; $p=0,07$; $I^2=0\%$) e Kg (dois estudos, $n= 50$; DM= -12,66, 95% IC [-32,59, 7,27]; $p=0,44$; $I^2=63\%$) e demonstrou que não houve diferença entre os tipos de treinamento (Figura 2). Vale ressaltar que a análise de “*random effects*” realizada devido a heterogeneidade de 63% na unidade de medida em Kg não afetou os resultados das análises em Nm.

A figura 2 traz outra análise, porém para o desfecho de hipertrofia dos extensores de joelho que também não houve diferença entre os dois tipos de treinamento (dois estudos, $n= 37$; DM= -2,92 95% IC [-12,27, 6,44]; $p= 0,54$; $I^2=69\%$). Vale destacar que,

os valores de Laurentino et al. ⁽²⁷⁾ foram transformados de mm² para cm².

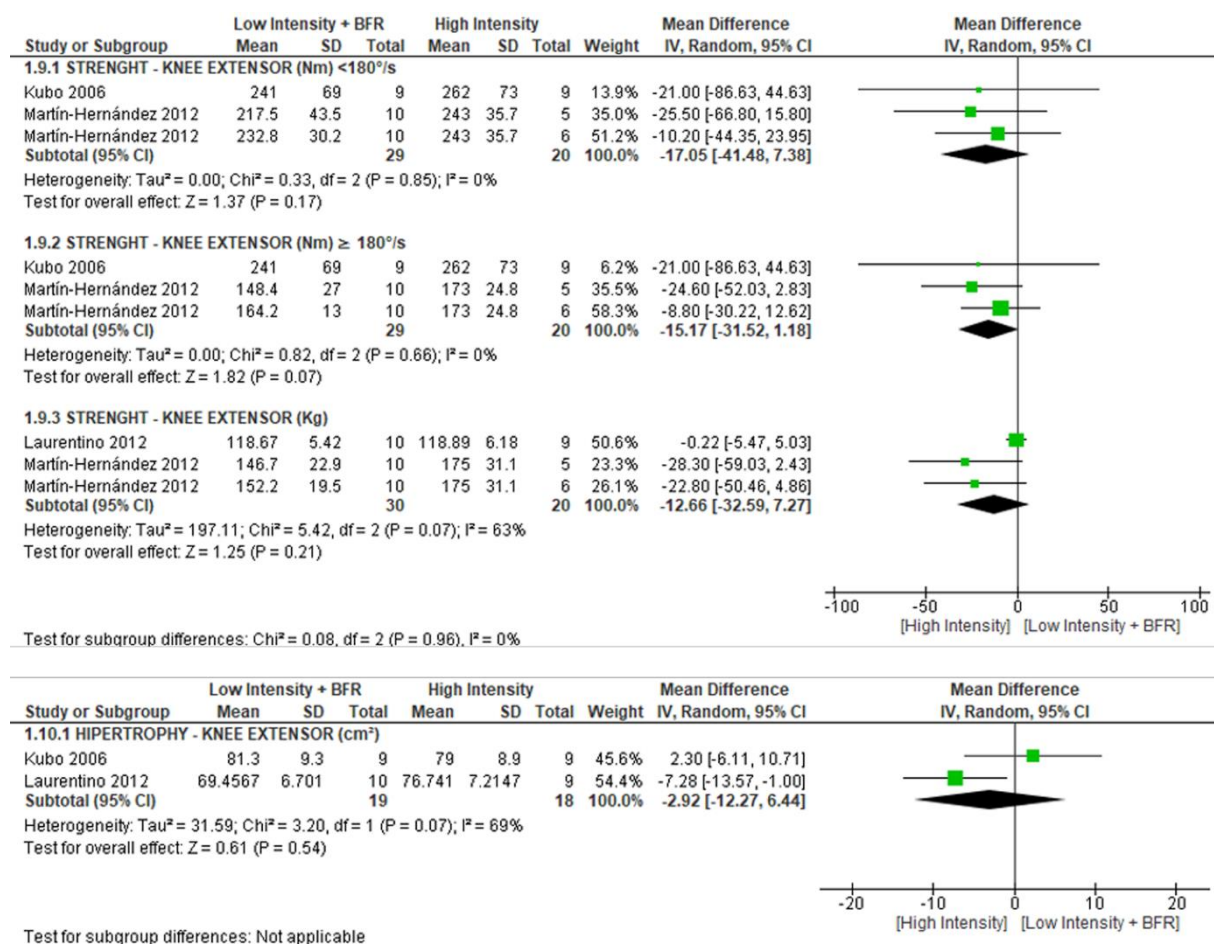


Figura 2. Forest plot ilustrando os efeitos de TRBI + RFS em comparação com TRAI para os resultados força (Nm e Kg) e hipertrofia (cm²) dos extensores do joelho.

TRBI+RFS vs TRBI

Análise geral exploratória considerando a comparação entre o TRBI+RFS com o de TRBI para o desfecho de força dos extensores do joelho foi realizada. Os resultados dos dados agrupados demonstraram que o TRBI+RFS foi mais eficaz que o de TRBI para o desfecho de força dos músculos extensores do joelho apresentando tamanho de efeito grande (cinco estudos, n = 87; DMP = 1,01, 95% IC [0,07, 1,94]; p = 0,04; I² = 73%).

Uma análise de sensibilidade para o mesmo tipo de comparação e desfecho foi realizada separando as unidades de medida em Nm com velocidades angulares menores

que 180°/s e teste isométrico (três estudos, n= 54; DM= 18,20, 95% IC [3,97, 32,43]; $p < 0,01$; $I^2 = 0\%$), maior ou igual a 180°/s e teste isométrico (três estudos, n= 54; DM= 13,11, 95% IC [0,81, 25,40]; $p < 0,04$; $I^2 = 4\%$), e Kg (três estudos, n= 115; DM= 13,43, 95% IC [9,92, 16,95]; $p = 0,00001$; $I^2 = 0\%$) e foi favorável para o TRBI+RFS (Figura 3). Se levarmos em consideração os valores de medida clinicamente relevantes (45,56 Nm e 8,84 Kg) ^(21, 32), os valores de Nm para o desfecho de força dos extensores de joelho em Nm não atingem esse valor, por outro lado, o valor em Kg reflete um resultado clinicamente relevante.

Na figura 3 também encontra-se a análise para o desfecho de hipertrofia de extensores de joelho e não foi encontrada diferença entre os treinamentos (três estudos, n= 115; DM= -0,83, 95% IC [-5,66, 4,01]; $p = 0,34$; $I^2 = 0\%$).

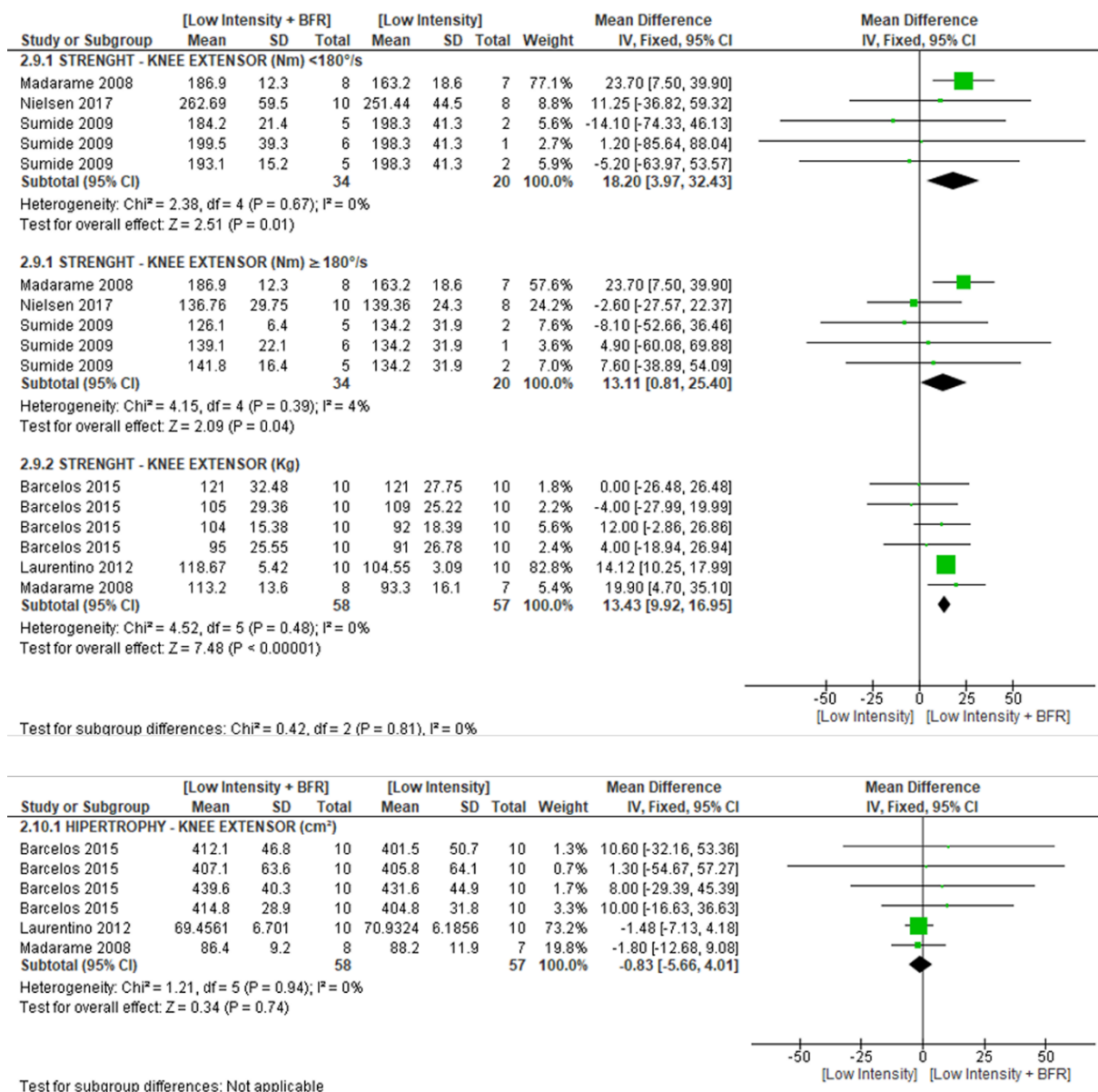


Figura 3. Forest plot ilustrando os efeitos do TRBI + BFR em comparação com o TRBI para os resultados força (Nm e Kg) e hipertrofia (cm²) dos extensores do joelho.

Uma análise de sensibilidade exploratória para o mesmo tipo de comparação e desfecho de força foi realizada considerando menos que 20 sessões (Kg) (dois estudos, $n = 100$; $DM = 13,07$, 95% IC [9,45, 16,68]; $p < 0,00001$; $I^2 = 0\%$) e maior ou igual a 20 sessões realizadas (Nm) com velocidades menor (três estudos, $n = 54$; $DM = 18,20$, 95% IC [3,97, 32,43]; $p = 0,01$; $I^2 = 0\%$) e maior ou iguais a 180°/s (três estudos, $n = 54$; $DM =$

13,11, 95% IC [0,81, 25,40]; $p=0,04$; $I^2=4\%$) e demonstrou que o resultado foi favorável para o TRBI+RFS e que menos que 20 sessões de treinamento favorecem esse tipo de treinamento.

Discussão

A presente revisão sistemática com metanálise teve como objetivo comparar o TRBI+RFS com dois tipos de treinamento, o de alta intensidade e o de baixa intensidade em homens jovens saudáveis para os desfechos de força e hipertrofia dos extensores de joelho. Os principais achados desse estudo, demonstraram que para a comparação de TRBI+RFS x TRAI no desfecho de força e hipertrofia não houve diferença entre as intervenções. Enquanto para a comparação entre TRBI+RFS x TRBI o desfecho de força foi favorável para TRBI+RFS.

Além disso, a análise de sensibilidade mostrou que para o desfecho de força em Nm o resultado não foi clinicamente relevante, porém em Kg, o resultado foi clinicamente relevante. Isso mostra que profissionais da área da saúde podem utilizar o teste de 1RM que é um método simples e de fácil aplicabilidade para a avaliação de homens jovens saudáveis que querem utilizar o TRBI+RFS como uma alternativa de treinamento.

Por outro lado, o desfecho de hipertrofia não teve diferença entre as intervenções. Além disso, nessa mesma comparação levando em consideração o número de sessões (menor e maior ou igual que 20) para o desfecho de força, foi possível identificar que o resultado foi favorável para TRBI+RFS, mostrando que menos que 20 sessões de treinamento já se obtêm ganhos.

Considerando o desfecho de força, os resultados mostraram que na comparação entre TRBI+RFS x TRAI não houve superioridade em nenhuma das intervenções. No entanto, pode-se destacar o efeito adicional que a restrição parcial de fluxo sanguíneo

promove no TRBI. Esse efeito adicional pode ser explicado pelo menos em partes pelos possíveis efeitos fisiológicos da restrição, no qual a hipóxia e o estresse metabólico desencadeariam reações secundárias responsáveis pela fadiga precoce e consequente potencialização do drive neural e por conseguinte aumento do recrutamento de fibras musculares do tipo II ^(9, 31), o que também foi verificado na comparação entre TRBI+RFS x TRBI com o resultado favorável para TRBI+RFS e que corrobora com os estudos de Loenneke *et al.* ⁽⁷⁾ e Bowman *et al.* ⁽³²⁾.

Este resultado vai em direção oposta ao estudo de Lixandrão *et al.* ⁽¹⁰⁾, no qual obteve resultado favorável para a TRAI para o desfecho de força. Este resultado poderia ser explicado devido a população heterogênea (homens jovens, adultos, idosos e mulheres na menopausa) dos estudos utilizados na revisão desses autores.

Em relação ao desfecho de hipertrofia muscular, nas duas comparações de TRBI+RFS x TRAI e TRBI+RFS x TRBI não houve diferença entre as intervenções. Na primeira comparação pode-se justificar esse resultado pelos efeitos secundários da hipóxia e estresse metabólico que resultariam em reações responsáveis pela hipertrofia, como o aumento do edema celular, células satélites, síntese de proteínas, hormônio do crescimento e fator de crescimento insulínico tipo 1 ⁽³¹⁾.

Por outro lado, para a segunda comparação a restrição parcial de fluxo sanguíneo não exerce efeito superior ao TRBI, e, portanto, esse resultado não poderia ser justificado apenas pelos seus efeitos fisiológicos. Portanto, quando o desfecho é a hipertrofia, o principal fator responsável pelas respostas obtidos seria a possível ⁽³³⁻³⁵⁾ ou quase fadiga ⁽³⁶⁾ muscular que auxilia no recrutamento de unidades motoras gerada pela intervenção, independente da intensidade do treinamento ⁽³⁶⁾.

Esse resultado corrobora com os estudos de Nóbrega *et al.* ⁽³⁶⁾, no qual homens jovens que realizaram treinamento de baixa e alta intensidade durante 12 semanas

(2x/sem) obtiveram aumento da área de secção transversa, causando hipertrofia muscular. Desta forma, mais estudos de alta qualidade com diferentes métodos de volume de treinamento e que realizem os dois tipos de comparação com o objetivo de analisar hipertrofia são necessários para elucidar melhor esses resultados encontrados.

Os proponentes do treinamento de restrição parcial de fluxo sanguíneo destacam que um de seus principais benefícios é que as adaptações musculares são possíveis sem o uso de cargas pesadas. Portanto, o TRBI+RFS pode ser benéfico para indivíduos saudáveis e para as coortes atléticas que buscam gerenciar seu estresse total de treinamento, já que nem o indivíduo mais saudável e treinado consegue sempre treinar com altas cargas, além de tornar um novo estímulo motivacional para os mesmos ⁽⁹⁾. Além disso, baixas cargas mecânicas combinadas com restrição parcial de fluxo sanguíneo não resultam em danos ao músculo esquelético, decréscimos prolongados na função muscular ou classificações exageradas de sensibilidade muscular ⁽⁹⁾.

A presente revisão sistemática obteve um número baixo de estudos usados com métodos parecidos de forma a realizar uma comparação semelhante entre os estudos. Além disso, a baixa qualidade metodológica dos ensaios e a força limitada das evidências, sugere-se métodos mais rigorosos e robustos para serem usados em estudos futuros. Portanto, deve-se atentar aos critérios para o desenvolvimento de estudos com alta qualidade, o que resultaria em pesquisas com maior nível de evidência científica.

No entanto, esta é a primeira revisão sistemática com metanálise que avalia os desfechos de força e hipertrofia para extensores do joelho em treinamento de alta e baixa intensidade em homens jovens em diferentes velocidades angulares na avaliação no dinamômetro isocinético e avalia a relevância clínica desses desfechos. Além disso, o estudo utilizou sete bases de dados; realizou uma estratégia de busca abrangente; realizou a qualidade metodológica e a qualidade da evidência por meio do método GRADE. O

estudo também abordou a diferença entre o número de sessões de treinamento. Além disso, os resultados do presente estudo permitem que profissionais capacitados utilizem o método de restrição parcial de fluxo sanguíneo como uma alternativa de exercício físico, se o objetivo do indivíduo for a força. Também, ressalta-se que a presente revisão sistemática agrupou de maneira fundamentada os resultados gerando apenas metanálises com a maior quantidade de estudos possíveis.

Para estudos futuros recomenda-se a realização de ensaios aleatorizados controlados de alta qualidade em populações saudáveis, que realizem a intervenção a longo prazo além de 12 semanas ou 36 sessões de treinamento e de revisões sistemáticas com metanálise que realizem a qualidade da evidência para populações clínicas com a estratificação de tempos de intervenção aguda e crônica.

Conclusão

Os achados da presente revisão sistemática com metanálise sugerem que para ganhos de força e hipertrofia de extensores do joelho há evidência de baixa e muito baixa qualidade de que não existe superioridade entre o TRBI+RFS e TRAI, portanto, o treinamento de TRBI+RFS é uma alternativa para homens jovens saudáveis. E na comparação entre TRBI+RFS e TRBI, a adição da restrição parcial de fluxo sanguíneo favoreceu os ganhos no TRBI+RFS quando o objetivo é força, mas não teve diferença para o resultado de hipertrofia.

Financiamento

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

Conflitos de interesse

Os autores declaram não ter conflitos de interesse.

Referências

1. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):674-88.
2. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
3. Lasevicius T, Ugrinowitsch C, Schoenfeld BJ, Roschel H, Tavares LD, De Souza EO, et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(6):772-80.
4. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol.* 2000;88(1):61-5.
5. Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(12):2035-9.
6. Loenneke JP, Wilson JM, Balapur A, Thrower AD, Barnes JT, Pujol TJ. Time under tension decreased with blood flow-restricted exercise. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2012;32(4):268-73.
7. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembien MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1849-59.

8. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2017;51(13):1003–11.
9. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sport Med.* 2015;45(3):313-25.
10. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(2):361-78.
11. Higgins JPT, Green S (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from www.handbook.cochrane.org.
12. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther.* 2003;83(8):713-21.
13. Macedo LG, Elkins MR, Maher CG, Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C. There was evidence of convergent and construct validity of Physiotherapy Evidence Database quality scale for physiotherapy trials. *J Clin Epidemiol.* 2010;63(8):920-5.
14. Hariohm K, Prakash V, Saravankumar J. Quantity and quality of randomized controlled trials published by Indian physiotherapists. *Perspect Clin Res.* 2015;6(2):91-7.
15. Atkins D, Best D, Briss PA, Eccles M, Falck-Ytter Y, Flottorp S, et al. Grading quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ.* 2004;328(7454):1490.

16. Abdel Shaheed C, Maher CG, Williams KA, Day R, McLachlan AJ. Efficacy, tolerability, and dose-dependent effects of opioid analgesics for low back pain: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Intern Med.* 2016;176(7):958-68.
17. Oliveira CB, Franco MR, Maher CG, Lin CWC, Morelhão PK, Araújo AC, et al. Physical activity interventions for increasing objectively measured physical activity levels in patients with chronic musculoskeletal pain: A systematic review. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2016;68(12):1832-42.
18. Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol.* 2011;64(4):401-6.
19. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2. ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
20. Otten R, Whiteley R, Mitchell T. Effect of subject restraint and resistance pad placement on isokinetic knee flexor and extensor strength: implications for testing and rehabilitation. *Sports Health.* 2013;5(2):137-42.
21. Tagesson SK, Kvist J. Intra- and interrater reliability of the establishment of one repetition maximum on squat and seated knee extension. *J Strength Cond Res.* 2007;21(3):801-7.
22. Rothwell DT, Williams DJ, Furlong LM. Measuring muscle size and symmetry in healthy adult males using a time-efficient analysis of magnetic resonance images. *Physiol Meas.* 2019;40(6):064005.
23. Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y, Ishii N, et al. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *J Appl Biomech.* 2006;22(2):112-9.

24. Nielsen JL, Frandsen U, Prokhorova T, Bech RD, Nygaard T, Suetta C, et al. Delayed Effect of Blood Flow-restricted Resistance Training on Rapid Force Capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(6):1157-1167.
25. Madarame H, Neya M, Ochi E, Nakazato K, Sato Y, Ishii N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(2):258-63.
26. Martín-Hernández J, Marín PJ, Menéndez H, Ferrero C, Loenneke JP, Herrero AJ. Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(2):e114-20.
27. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, Neves M Jr, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(3):406-12.
28. Sumide T, Sakuraba K, Sawaki K, Ohmura H, Tamura Y. Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *J Sci Med Sport.* 2009;12(1):107-12.
29. Barcelos LC, Nunes PR, de Souza LR, de Oliveira AA, Furlanetto R, Marocolo M, et al. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(7):1559-68.
30. Terreri ASAP, Greve JMD, Amatuuzzi MM. Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Rev Bras Med Esporte.* 2001;7(2):62-6.
31. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med.* 2010;31(1):1-4.
32. Bowman EN, Elshaar R, Milligan H, Jue G, Mohr K, Brown P, et al. Proximal, distal, and contralateral effects of blood flow restriction training on the lower extremities: a randomized controlled trial. *Sports Health.* 2019;11(2):149-156.

33. Burd NA, West DW, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, et al. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoS One*. 2010;5(8):e12033.
34. Ogasawara R, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *Int J Clin Med*. 2013;4(2):114-21.
35. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DW, Burd NA, Breen L, Baker SK, et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J Appl Physiol*. 2012;113(1):71-7.
36. Nóbrega SR, Ugrinowitsch C, Pintanel L, Barcelos C, Libardi CA. Effect of resistance training to muscle failure vs. volitional interruption at high- and low-intensities on muscle mass and strength. *J Strength Cond Res*. 2018;32(1):162-9.

ANEXO 1. Estratégias de busca

Estratégia de busca revisão sistemática (11/04/2018)

PubMed: 302

1. (therapeutic occlusion training) OR (blood flow restriction training) OR (vascular occlusion training) OR (KAATSU training) OR (ischaemia training) OR (practical Kaatsu training) OR (practical blood flow restriction training) OR (practical blood flow strength training) OR (resistance training associated with blood flow restriction) OR (strength training associated with blood flow restriction) OR (low-load resistance training associated with blood flow restriction) OR (low-intensity associated with blood flow restriction) OR (low-load blood flow-restricted training) OR (kaatsu)
2. (heavy-load strength training) OR (high-intensity resistance exercise) OR (high-intensity resistance training) OR (resistance training) OR (training, resistance) (strength training) OR (training, strength)
3. (muscle strength) OR (muscle force) OR (muscle contraction) OR (hypertrophic response) OR (hypertrophy) OR (muscle mass)
4. (animal) OR (animals)
5. 1 AND 2 AND 3 NOT 4

SPORTDiscus: 107

1. (therapeutic occlusion training) OR (blood flow restriction training) OR (vascular occlusion training) OR (katsu training) OR (ischaemia training) OR (practical kaatsu training) OR (practical blood flow restriction training) OR (practical blood flow strength training) OR (resistance training associated with blood flow restriction) OR (strength training associated with blood flow restriction) OR (low-load resistance training

associated with blood flow restriction) OR (low-intensity associated with blood flow restriction) OR (low-load blood flow-restricted training) OR (kaatsu)

2. (heavy-load strength training) OR (high-intensity resistance exercise) OR (high-intensity resistance training) OR (resistance training) OR (training, resistance) (strength training) OR (training, strength)

3. (muscle strength) OR (muscle force) OR (muscle contraction) OR (hypertrophic response) OR (hypertrophy) OR (muscle mass)

4. (animal) OR (animals)

5. 1 AND 2 AND 3 NOT 4

CENTRAL: Total de 189 sendo 122 trials

1. (therapeutic occlusion training) OR (blood flow restriction training) OR (vascular occlusion training) OR (KAATSU training) OR (ischaemia training) OR (practical Kaatsu training) OR (practical blood flow restriction training) OR (practical blood flow strength training) OR (resistance training associated with blood flow restriction) OR (strength training associated with blood flow restriction) OR (low-load resistance training associated with blood flow restriction) OR (low-intensity associated with blood flow restriction) OR (low-load blood flow-restricted training) OR (kaatsu)

2. (heavy-load strength training) OR (high-intensity resistance exercise) OR (high-intensity resistance training) OR (resistance training) OR (training, resistance) (strength training) OR (training, strength)

3. (muscle strength) OR (muscle force) OR (muscle contraction) OR (hypertrophic response) OR (hypertrophy) OR (muscle mass)

4. (animal) OR (animals)

5. 1 AND 2 AND 3 NOT 4

Embase: 302

1. (therapeutic occlusion training) OR (blood flow restriction training) OR (vascular occlusion training) OR (KAATSU training) OR (ischaemia training) OR (practical Kaatsu training) OR (practical blood flow restriction training) OR (practical blood flow strength training) OR (resistance training associated with blood flow restriction) OR (strength training associated with blood flow restriction) OR (low-load resistance training associated with blood flow restriction) OR (low-intensity associated with blood flow restriction) OR (low-load blood flow-restricted training) OR (kaatsu)
2. (heavy-load strength training) OR (high-intensity resistance exercise) OR (high-intensity resistance training) OR (resistance training) OR (training, resistance) (strength training) OR (training, strength)
3. (muscle strength) OR (muscle force) OR (muscle contraction) OR (hypertrophic response) OR (hypertrophy) OR (muscle mass)
4. (animal) OR (animals)
5. 1 AND 2 AND 3 NOT 4

CINAHL: 107

1. (therapeutic occlusion training) OR (blood flow restriction training) OR (vascular occlusion training) OR (KAATSU training) OR (ischaemia training) OR (practical Kaatsu training) OR (practical blood flow restriction training) OR (practical blood flow strength training) OR (resistance training associated with blood flow restriction) OR (strength training associated with blood flow restriction) OR (low-load resistance training associated with blood flow restriction) OR (low-intensity associated with blood flow restriction) OR (low-load blood flow-restricted training) OR (kaatsu)

2. (heavy-load strength training) OR (high-intensity resistance exercise) OR (high-intensity resistance training) OR (resistance training) OR (training, resistance) (strength training) OR (training, strength)
3. (muscle strength) OR (muscle force) OR (muscle contraction) OR (hypertrophic response) OR (hypertrophy) OR (muscle mass)
4. (animal) OR (animals)
5. 1 AND 2 AND 3 NOT 4

SciELO: 6

1. (therapeutic occlusion training) OR (blood flow restriction training) OR (vascular occlusion training) OR (kaatsu training) OR (ischaemia training) OR (practical kaatsu training) OR (practical blood flow restriction training) OR (practical blood flow strength training) OR (resistance training associated with blood flow restriction) OR (strength training associated with blood flow restriction) OR (low-load resistance training associated with blood flow restriction) OR (low-intensity associated with blood flow restriction) OR (low-load blood flow-restricted training) OR (kaatsu)
2. (heavy-load strength training) OR (high-intensity resistance exercise) OR (high-intensity resistance training) OR (resistance training) OR (training, resistance) (strength training) OR (training, strength)
3. (muscle strength) OR (muscle force) OR (muscle contraction) OR (hypertrophic response) OR (hypertrophy) OR (muscle mass)
4. 1 AND 2 AND 3

PEDro: 9

Abstract and title:

1. (therapeutic occlusion training) OR (blood flow restriction training) OR (vascular occlusion training) OR (kaatsu training) OR (ischaemia training) OR (practical kaatsu training) OR (practical blood flow restriction training) OR (practical blood flow strength training) OR (resistance training associated with blood flow restriction) OR (strength training associated with blood flow restriction) OR (low-load resistance training associated with blood flow restriction) OR (low-intensity associated with blood flow restriction) OR (low-load blood flow-restricted training) OR (kaatsu)

Therapy: strength training

Subdiscipline: musculoskeletal

Method: clinical trial

Artigo 2

Efeitos do treinamento resistido excêntrico de baixa intensidade e de alta intensidade associado a restrição parcial de fluxo sanguíneo na força, espessura muscular e desempenho funcional de homens saudáveis: um ensaio clínico randomizado controlado

Taíse Mendes Biral^{1*}, Leonardo Kesrouani Lemos¹, Allysiê Priscilla de Souza Cavina¹,
Carlos Marcelo Pastre^{1,2}, Franciele Marques Vanderlei^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), Presidente Prudente, SP, Brazil

² Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), Presidente Prudente, SP, Brazil.

*** Autor correspondente:**

Ft. Taíse Mendes Biral

Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Departamento de Fisioterapia.

Rua Roberto Simonsen, 305 – Cidade Universitária.

CEP: 19060-900 - Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

E-mail: taisemendes_@hotmail.com

RESUMO

Introdução: estudos sobre o treinamento resistido de baixa intensidade associado à restrição de fluxo sanguíneo (RFS) atualmente tem ganhado destaque, porém ainda existem lacunas que podem ser exploradas em relação aos seus efeitos fisiológicos quando associado a treinamentos excêntricos, principalmente na força e hipertrofia muscular. **Objetivo:** analisar e comparar os efeitos de um treinamento resistido excêntrico de diferentes intensidades associado ou não à RFS sobre as adaptações de força, estrutura muscular e desempenho funcional. **Método:** o estudo foi composto por 61 participantes do sexo masculino randomizados em quatro grupos: GTREAI (n=15), GTREBI (n=14), GTREAI-RFS (n=17) e GTREBI-RFS (n=15). Os participantes foram submetidos a um programa de treinamento excêntrico do músculo quadríceps no dinamômetro isocinético com duração de seis semanas nas intensidades de 80% com e sem RFS e 40% com e sem RFS do pico de torque excêntrico três vezes na semana e os desfechos de força muscular excêntrica, concêntrica e isométrica no dinamômetro isocinético, estrutura muscular do vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) por meio de ultrassonografia e desempenho funcional através do *Single Leg Hop Test* foram avaliados uma semana antes, na quarta semana e uma semana após o treinamento. Foram utilizados o método estatístico descritivo e as comparações dos desfechos foi realizada por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores com nível de significância de 5%. **Resultados:** foram observadas diferenças estatisticamente significantes no pico de torque excêntrico (na interação grupo vs momento $p=0,002$; intergrupos $p=0,040$ no momento intermediário entre o GTEAI e GTEBI e no momento final do GTEBI e GTEBI-RFS em relação ao GTEAI; intragrupo $p=0,000$ nos momentos intermediário e final em relação ao momento basal nos GTEAI-RFS, GTEBI-RFS e GTEAI); picos de torque isométrico (intragrupo $p=0,003$ no GTEAI-

RFS do momento final em relação ao momento basal e no GTEBI-RFS do momento intermediário em relação ao momento basal) e para o pico de torque concêntrico ($p=0,000$ entre momento final em relação ao basal foram identificadas diferenças significativas nos GTEAI-RFS e GTEAI). Não foram encontradas diferenças para espessura de VL, mas para RF houve interação momento vs grupo ($p=0,023$) e diferença intragrupo ($p=0,04$) do momento final em relação ao basal para o GTEAI-RFS. No *Single Leg Hop Test* não foram encontradas diferenças intergrupos ($p=0,784$) e interação momento vs grupo ($p=0,317$), porém houve diferenças ($p=0,000$) entre os momentos intermediário e final em relação ao basal em todos os grupos. **Conclusão:** o treinamento excêntrico levou ao fortalecimento dos extensores do joelho e melhora do desempenho funcional, porém sem aumento da resposta hipertrófica. A adição da RFS sobreposta ao exercício excêntrico não influenciou as magnitudes das adaptações induzidas pelo treinamento excêntrico em homens jovens saudáveis.

Palavras-chave: treinamento com restrição de fluxo sanguíneo; treinamento excêntrico; treinamento resistido.

INTRODUÇÃO

Embora programas de treinamento de força geralmente envolvem a realização de ações com carga durante contrações musculares concêntricas e excêntricas (isto é, treino de força convencional), as vantagens dos programas que utilizam sobrecarga excêntrica têm sido amplamente evidenciadas na literatura, principalmente quando se referem a aumento de força ⁽¹⁻⁶⁾, mas também refletem no aumento de massa muscular.

Tem sido proposto que o estímulo mecânico seria o principal mecanismo responsável pela capacidade de exercer essas adaptações promovidas pelas contrações excêntricas ⁽²⁾. Em relação às suas características moleculares e neurais concluiu-se que o treinamento excêntrico pode beneficiar o desempenho por meio de adaptações favoráveis na função mecânica (força, potência, taxa de desenvolvimento de força e rigidez), adaptações morfológicas (tendão e área de secção transversa das fibras musculares), adaptações neuromusculares (rápida taxa de recrutamento e de disparo de unidades motoras) e desempenho (salto vertical, velocidade de arranque e mudança de direção) em relação ao treinamento concêntrico, isométrico e tradicional (excêntrico/concêntrico) ⁽²⁾. Devido às suas possíveis adaptações, o treinamento excêntrico tem recebido atenção considerável ⁽²⁾ e tem sido estudado como uma estratégia intervencionista voltada para o aprimoramento do desempenho, prevenção de lesões e reabilitação ⁽³⁾.

Outras linhas de evidência sugerem que o estresse metabólico, resultado do acúmulo de metabólitos, especialmente de lactato e H^+ , representa um gatilho e pode explicar adaptações estruturais e funcionais na ausência de tensão muscular significativa (definida como intensidades de treinamento abaixo de aproximadamente 60% 1RM) ⁽⁸⁾. O suporte para essa suposição vem de estudos nos quais o estresse metabólico é

artificialmente aumentado pela restrição de fluxo sanguíneo (RFS). Esse tipo de treinamento tem demonstrado induzir ganhos de massa e força nos músculos treinados em baixas intensidades de aproximadamente 20% 1RM^(9,10).

Em síntese, tanto os exercícios excêntricos quanto o treinamento de RFS são comprovadamente modalidades eficazes de treinamento para obter ganhos de força e massa muscular, embora por diferentes mecanismos fisiológicos. Portanto, parece plausível que a combinação de ambas as modalidades ofereça benefícios adicionais a seus praticantes. Dessa forma, para esclarecer melhor a repercussão da RFS durante as contrações excêntricas, o presente estudo teve como objetivo analisar e comparar os efeitos de um treinamento resistido excêntrico de alta intensidade e de baixa intensidade associados à RFS (TREAI-RFS e TREBI-RFS) com os treinamentos resistidos excêntrico de alta e baixa intensidade sem RFS (TREAI e TREBI) na força, hipertrofia e desempenho funcional dos extensores de joelho.

MÉTODOS

Participantes

A amostra do estudo foi composta por participantes do sexo masculino saudáveis, com idade entre 18 e 35 anos, fisicamente ativos, por meio do *International Physical Activity Questionnaire*. O tamanho da amostra foi estimado com base nos resultados do pico de torque excêntrico do estudo de Baroni *et al.*⁽¹¹⁾ considerando uma diferença clinicamente relevante de 28,8 Nm a ser detectada, com desvio padrão de 24,0 Nm, utilizando-se um teste de hipótese bicaudal com poder de 80% e nível de significância de 5%, estipulou-se pelo menos 12 indivíduos por grupo. Considerando uma possível perda amostral de 20% ao longo do estudo, foram adicionados três participantes

extras em cada grupo, totalizando 60 indivíduos divididos em quatro grupos (15 participantes por grupo).

Os indivíduos que apresentaram uma ou mais das seguintes características não foram incluídos: (1) presença de qualquer condição de saúde que contraindique ou impeça o exercício resistido excêntrico; (2) diabetes; (3) doença cardiovascular e/ou respiratórias; (4) ser etilista, consumir drogas e/ou tabagista; (5) história de cirurgia no joelho (por exemplo, reparo meniscal e reconstrução ligamentar) ou lesão musculoesquelética de membros inferiores recente que poderá prejudicar seu desempenho durante testes ou intervenções (por exemplo, lesão muscular, tendinopatia, dor patelofemoral nos membros inferiores e/ou dor na coluna nos últimos seis meses); (6) envolvimento em qualquer tipo de programa de treinamento durante o período do estudo; (7) engajamento no programa de treinamento de força de membros inferiores durante os três meses anteriores à participação no estudo; (8) uso de suplementos ergogênicos para melhorar o desempenho físico e/ou massa muscular; (9) ter um ou mais fatores de risco predisponentes para tromboembolismo ⁽¹²⁾. Os participantes foram excluídos do estudo se não completassem 85% das sessões, se sofressem alguma lesão durante o treinamento ou se desistiram de participar do estudo.

Todos os procedimentos foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil CAAE: 90298918.7.0000.5402 e foi registrado no Clinicaltrials.gov (NCT03601104).

O fluxograma dos participantes é apresentado na Figura 1.

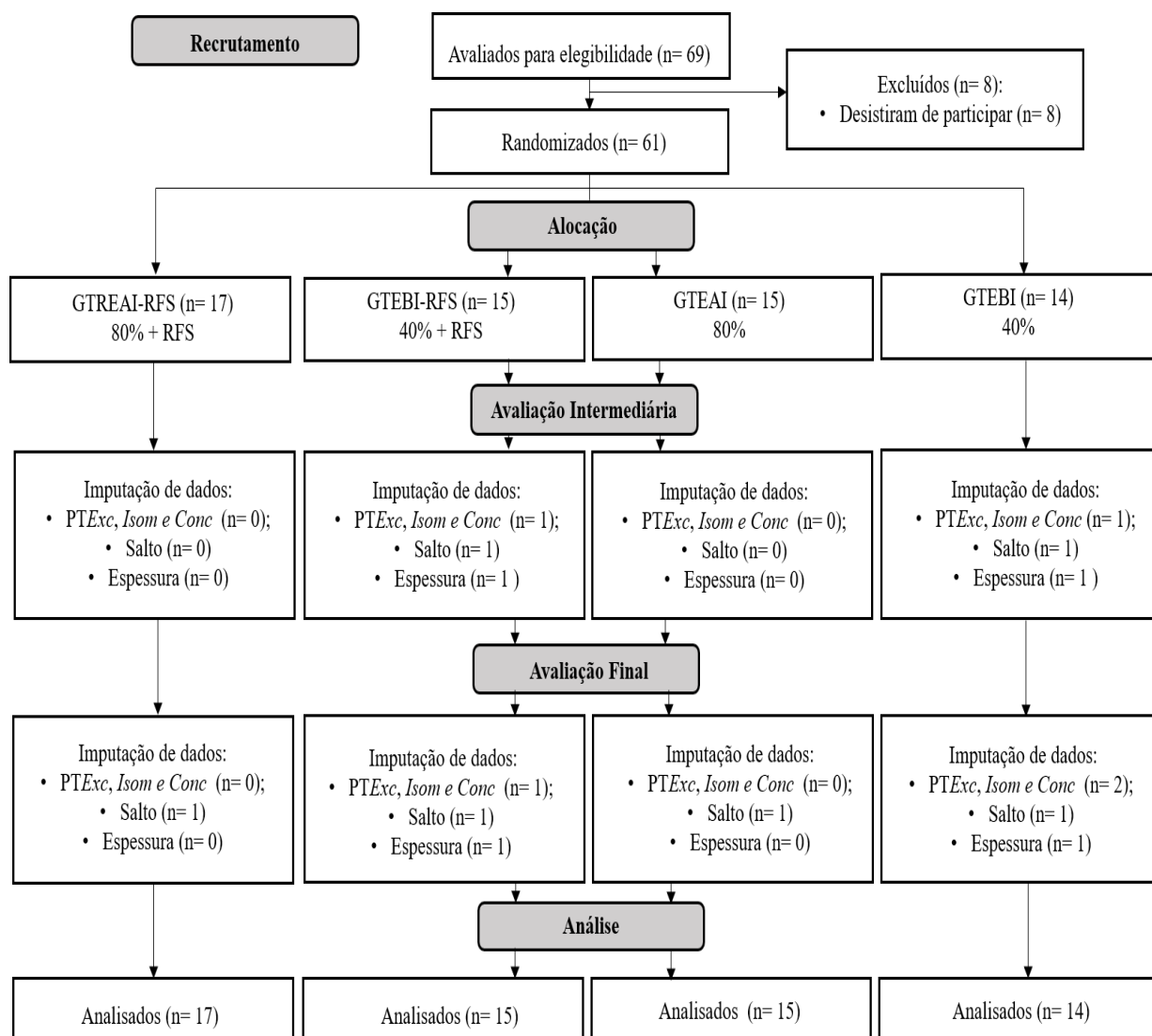


Figura 1. Fluxograma dos participantes.

Legenda: PT: Pico de torque; Exc: Excêntrico; Isom: Isométrico; Conc: Concêntrico.

Composição dos grupos, processo de randomização e cegamentos

Inicialmente foi realizada a randomização dos grupos por um indivíduo que não tinha conhecimento do delineamento do estudo. A sequência de randomização foi elaborada utilizando um *software* (Microsoft Office Excel 2007) e uma lista aleatória gerada por computador foi utilizada para alocação. Os participantes foram então alocados entre quatro grupos: GTEAI: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade com 80% do pico de torque excêntrico; GTEBI: grupo de treinamento excêntrico de baixa

intensidade com 40% do pico de torque excêntrico; GTEAI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade associado a RFS com 80% do pico de torque excêntrico e GTEBI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de baixa intensidade associado a RFS com 40% do pico de torque excêntrico. Pesquisadores envolvidos em sessões de treinamento não participaram das sessões de avaliação e os pesquisadores responsáveis pelas avaliações não acompanharam as sessões de treinamento. Devido à natureza das intervenções (exercício e/ou RFS), participantes e pesquisadores que realizaram o treinamento não ficaram cegos para a alocação dos tratamentos.

Delineamento do estudo

Trata-se de um ensaio clínico randomizado controlado, simples-cego. A coleta de dados foi realizada no Centro de Estudos e Atendimento em Fisioterapia e Reabilitação (CEAFIR) da FCT/UNESP, respeitando o horário das 17h às 22h. Antes dos procedimentos, os participantes foram avaliados quanto às características antropométricas, utilizando uma balança (Tanita BC 554, Iron Man/Inner, Arlington Heights Illinois, EUA) e um estadiômetro (Sany - American Medical do Brasil, São Paulo, Brasil) e posteriormente foi calculado o índice de massa corporal.

O estudo teve duração de 10 semanas. Na primeira semana, os participantes realizaram três sessões de familiarização com o treinamento e os testes de pico de torque a fim de garantir a execução técnica adequada. Na segunda semana os participantes foram submetidos a avaliação inicial (M1) da força, espessura muscular e desempenho funcional e medidas de restrição de fluxo sanguíneo. Em seguida, foi realizado um período de três semanas de treinamento excêntrico. Na sexta semana, foi realizada a avaliação intermediária (M2) de todos os desfechos avaliados inicialmente. Em seguida, os participantes foram submetidos a mais três semanas de treinamento excêntrico e por fim,

após uma semana do término do treinamento, a avaliação final (M3) de todos os desfechos foi realizada. Todas as medidas foram feitas no mesmo horário do dia e nas mesmas condições para todos os participantes (Figura 2).

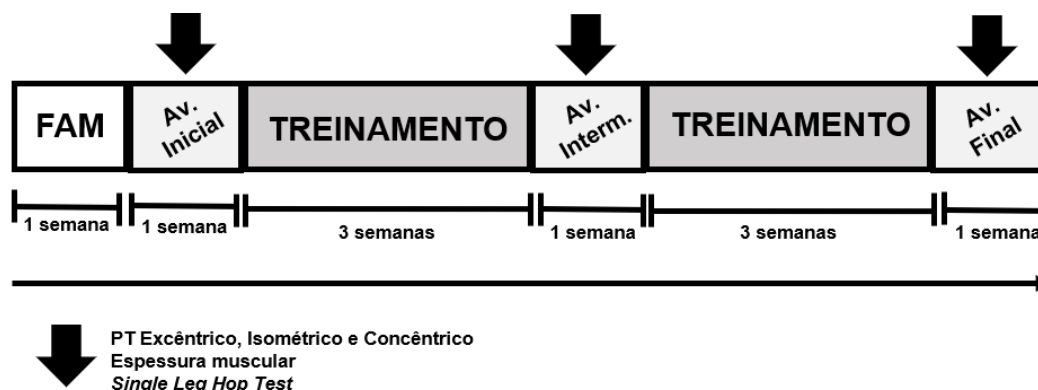


Figura 2. Delineamento do estudo.

Legenda: FAM: familiarização; Av. Inicial: avaliação inicial; Av. Interm.: avaliação intermediária; Av. Final: avaliação final.

Procedimentos

Programa de Treinamento Excêntrico

Os voluntários foram submetidos a seis semanas de um programa de treinamento excêntrico dos extensores de joelho que foi realizado no dinamômetro isocinético (Biodex System 3, Biodex Medical System, EUA). Cada participante realizou os procedimentos propostos no mesmo horário em cada dia, a fim de controlar as influências do ciclo circadiano. Os mesmos foram instruídos a não realizar exercícios físicos vigorosos 24 horas antes dos dias de coleta de dados e realizar refeição leve pelo menos duas horas antes dos procedimentos.

O programa de treinamento foi composto de três sessões por semana com um intervalo mínimo de 48 horas entre as sessões. Para respeitar o princípio da progressão, o programa de treinamento foi dividido em dois mesociclos e o volume da sessão de treinamento (número de séries por sessão x número de repetições por série) foi aumentado

em cada mesociclo (Tabela 1) ⁽⁵⁾. Desta forma, cada sessão de treinamento foi composta por um aquecimento no isocinético ⁽¹¹⁾ e em seguida realizou-se de 4 a 5 séries de 6 a 10 contrações excêntricas com um período de descanso de um minuto entre as séries ^(11, 13, 14). A intensidade das contrações variou entre os quatro grupos, sendo que foi considerado o pico de torque excêntrico para definir a porcentagem de cada participante. Para controlar a força necessária foi adicionada uma linha horizontal (correspondendo à intensidade do pico de torque excêntrico de cada grupo) no monitor acoplado ao aparelho como um *feedback* visual.

Nos grupos que realizaram o treinamento excêntrico associado a RFS, após o aquecimento no isocinético, o manguito de pressão (dimensões de 180 × 80 mm) foi colocado proximalmente na coxa (região da prega inguinal) e insuflado em 40% de sua pressão de oclusão absoluta e em seguida, realizado o treinamento excêntrico do músculo quadríceps. Para esses grupos, a pressão RFS foi mantida durante toda a sessão de exercício e nos períodos de descanso.

Na sexta semana foi realizada a avaliação intermediária dos desfechos de ultrassonografia, dos três testes de pico de torque, o teste de desempenho funcional, que coincidiu com a troca do mesociclo e consequente incremento do volume de treinamento, sendo que foi considerado novamente o pico de torque excêntrico para definir a porcentagem de cada participante. Após 48 horas as sessões de treinamento foram continuadas.

As contrações excêntricas foram realizadas de acordo com o protocolo descrito por Baroni *et al.* ^(11, 14, 15). Os indivíduos foram posicionados na cadeira do dinamômetro com 85° de flexão do quadril e 90° de flexão do joelho (0° = extensão total para quadril e joelho). Antes de cada contração excêntrica, o membro foi passivamente estendido até 30° de flexão do joelho ^(11, 14, 15). Os participantes foram encorajados a realizar a contração

do extensor do joelho assim que o braço do dinamômetro atingisse a posição de 30° de flexão de joelho e acompanhar no monitor acoplado ao aparelho a linha de geração de força que serviu como um *feedback* visual ^(11, 14, 15). Em resposta ao torque extensor do sujeito, o dinamômetro levou a perna a 90° de flexão do joelho (amplitude de movimento = 60°) a uma velocidade angular de 60°·s⁻¹ ^(11, 14, 15). Portanto, cada contração excêntrica teve duração de um segundo, seguida de um segundo de descanso, no qual a perna foi estendida passivamente ^(11, 14, 15).

Vale ressaltar ainda que, a duração do treinamento foi definida com base em uma extensa revisão na literatura em que foi identificado que seis semanas de treinamento excêntrico é o suficiente para promover adaptações muscular tanto na estrutura quanto nas habilidades treináveis (força muscular) de indivíduos saudáveis ^(11, 14, 15).

Tabela 1. Programa de treinamento excêntrico.

Mesociclo	Semana	Frequência	Séries	Repetições	Volume
1	1	3	4	6	24
	2	3	4	8	32
	3	3	4	10	40
2	4	3	5	6	30
	5	3	5	8	40
	6	3	5	10	50

Adaptado de Hortobagyi *et al.* ⁽¹³⁾ e Baroni *et al.* ⁽¹⁴⁾.

Procedimentos

Determinação da pressão de restrição de fluxo sanguíneo

Inicialmente os indivíduos foram solicitados a permanecer sentados e em repouso por cerca de 10 minutos ^(16, 17). O transdutor do equipamento Doppler (DV-2001; Medpej, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) foi posicionado sobre a artéria tibial posterior para capturar o pulso auscultatório. Para a determinação da pressão arterial necessária para uma restrição vascular completa, um manguito padrão de pressão arterial foi fixado

na coxa do participante próximo a região da prega inguinal, pois permite a regulação das pressões aplicadas ^(12, 18) e então foi insuflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria tibial foi interrompido. A pressão do manguito que foi utilizada durante o protocolo de treinamento foi determinada como 40% da pressão necessária para a restrição completa do fluxo sanguíneo, também chamada de pressão de oclusão absoluta (POA), em uma condição de repouso ^(19, 20). Optou-se por utilizar a restrição de 40% do fluxo sanguíneo em decorrência dos estudos apontarem efeitos positivos no desfecho de força e espessura muscular com intensidade de treinamento de 40% de 1RM ^(16, 21). Os valores de média e desvio padrão da POA e de 40% da POA nos 32 participantes que receberam RFS foram respectivamente $180,50 \pm 30,21$ e $72,25 \pm 12,09$.

O aparelho responsável por realizar a restrição de fluxo sanguíneo é um manguito adaptado de pressão arterial para indivíduos obesos (Premium, nylon, velcro) com as seguintes dimensões: 180 mm de largura e 800 mm de comprimento. Optou-se por um manguito mais largo, pois já foi demonstrado que a largura do manguito tem um grande efeito sobre a pressão necessária para atingir a restrição total do fluxo sanguíneo ⁽²²⁾. Laurentino *et al.* ⁽²³⁾ demonstraram que quanto maior o manguito, menor a pressão necessária para restringir a circulação.

Avaliação da força muscular

Os picos de torque isométrico, excêntrico e concêntrico foram mensurados com dinamômetro isocinético (Biodex System 4 Pro, Nova Iorque, EUA) a fim de avaliar as adaptações da força extensora do joelho ao treinamento excêntrico. Conforme protocolo sugerido por Baroni *et al.* ⁽¹⁵⁾, os participantes foram posicionados no dinamômetro com o membro inferior dominante de acordo com as recomendações do fabricante para avaliações de joelho: com o ângulo do quadril fixado em 85° e seu tronco, quadris, coxas

e região distal do membro inferior avaliado (dominantes) firmemente amarrados ao aparelho ⁽¹⁵⁾.

Anteriormente à avaliação dos picos de torque, os participantes realizaram um aquecimento que consistiu em 10 repetições de flexo-extensão de joelho à 180°s^{-1} em toda amplitude de movimento (com 0° correspondendo a máxima extensão e 90° a máxima flexão) com um nível de esforço submáximo ⁽¹⁵⁾. Os mesmos foram previamente instruídos a executar todos os testes com o maior esforço possível para desenvolver a extensão máxima do joelho “o mais rápido possível” e encorajamento verbal foi fornecido durante os testes ⁽¹⁵⁾.

A avaliação da contração voluntária isométrica máxima (CVIM) foi determinada pelo maior valor do torque de três repetições isométricas máximas de cinco segundos à 60° de flexão de joelho (com 0° correspondendo à máxima extensão) ⁽¹⁵⁾. As repetições foram separadas por um intervalo de descanso de dois minutos, a fim de minimizar os possíveis efeitos de fadiga ⁽¹⁵⁾. Os valores de pico de torque de cada contração foram verificados durante a coleta de dados e uma contração máxima adicional do extensor do joelho foi realizada quando a variação do torque foi superior a 10% entre os três primeiros testes ⁽¹⁵⁾.

O pico de torque excêntrico do joelho foi medido por meio de três contrações excêntricas máximas com velocidade angular de 60°s^{-1} e amplitude de movimento (ADM) entre 30° e 90° ⁽¹⁵⁾. A fase concêntrica do movimento foi executada com a ajuda do avaliador e os participantes iniciaram a contração muscular ativa quando o membro atingisse a posição inicial (30° de flexão do joelho) ⁽¹⁵⁾.

O pico de torque concêntrico foi medido por meio de três contrações concêntricas máximas consecutivas, na velocidade angular de 60°s^{-1} e ADM entre 90° e 10° de flexão de joelho ⁽¹⁵⁾. Os participantes foram instruídos a retornar passivamente a

posição inicial (90° de flexão de joelho) ⁽¹⁵⁾. Os testes concêntrico e excêntrico foram repetidos duas vezes com dois minutos de descanso entre eles. Os maiores valores de pico de torque obtidos durante as contrações foram utilizados para análise.

Avaliação da estrutura muscular

As imagens ultrassonográficas do membro inferior dominante foram capturadas usando um equipamento Siemens (Issaquah, WA, USA) Sonoline Sienna, juntamente com um transdutor de matriz linear (48 mm, 7,5 MHz) para determinar a espessura dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF). Um único pesquisador foi responsável pela coleta e análise das imagens seguindo protocolos previamente descritos ^(3, 14). Os participantes foram avaliados em decúbito dorsal com as pernas totalmente estendidas e os músculos relaxados. Um período mínimo de descanso de 10 minutos foi respeitado antes de capturar as imagens dos participantes, e os mesmos foram instruídos a não realizar qualquer atividade física vigorosa 48 horas antes dos testes. Pontos anatômicos de referência e marcas da pele foram desenhados em folhas transparentes para garantir o posicionamento similar do transdutor ultrassonográfico no mesmo local nas avaliações.

As imagens foram feitas no ponto médio entre o trocânter maior e o côndilo lateral do fêmur ⁽¹⁴⁾. O transdutor de ultrassonografia foi coberto com gel de transmissão solúvel em água e orientado paralelamente aos fascículos musculares e perpendicular à pele sobre RF e VL ⁽¹⁴⁾. O alinhamento do transdutor foi considerado apropriado quando vários fascículos puderam ser facilmente delineados sem interrupção através da imagem ⁽¹⁴⁾.

Três imagens foram coletadas de cada músculo e analisadas pelo *software* Image-J (*National Institute of Health*, EUA) ⁽¹⁴⁾. A espessura muscular foi determinada seguindo procedimentos validados ⁽¹⁴⁾ e foi considerada como sendo a distância entre as

aponeuroses profunda e superficial e calculada por meio do valor médio de cinco linhas paralelas desenhadas em ângulos retos entre essas aponeuroses ao longo de cada imagem ultrassonográfica ⁽¹⁴⁾. Os valores médios obtidos das três imagens ultrassonográficas de cada músculo foram utilizados para análise.

Avaliação do desempenho funcional

O desempenho funcional foi avaliado por meio do *Single Leg Hop Test*⁽³⁾. Os participantes foram instruídos a pular o máximo possível, somente na perna dominante, partindo de uma posição estática de semi-agachamento (aproximadamente 90° de flexão do joelho) e manter essa posição após o salto. Instruções para mover os membros superiores livremente durante o teste também foram dadas. Os participantes iniciaram o teste com o dedo do pé atrás de uma linha de partida claramente marcada. Foi medida a distância entre a linha de partida (marcada no solo) e a ponta do pé do participante após a aterrissagem ao solo. Os participantes realizaram de três a cinco tentativas, com intervalos mínimos de 30 segundos entre as tentativas. Para que os saltos fossem considerados bem-sucedidos o pouso deveria ser mantido por dois segundos.

Um salto malsucedido foi classificado por qualquer um dos seguintes critérios: toque da perna contralateral no chão, toque de ambos os membros superiores no chão, perda de equilíbrio ou um salto adicional na aterrissagem. Se o salto não fosse bem-sucedido, o participante era lembrado da necessidade de se manter na posição de aterrissagem e o salto foi repetido. Nenhuma instrução adicional foi fornecida aos participantes. A média de dois saltos foram usados para análise.

Análise estatística

Para análise dos dados do perfil da amostra foi utilizado o método estatístico descritivo e os resultados foram apresentados com valores de médias, desvios padrão e intervalo de confiança. A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de *Shapiro-Wills*.

As comparações dos desfechos entre os quatro grupos estudados (GTEAI, GTEBI, GTEAI-RFS e GTEBI-RFS) e os momentos (basal, intermediária e final) foi realizada por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores, o qual forneceu informações sobre os efeitos de momento, grupo e interação. Os dados da mensuração repetida foram checados para violação de esfericidade usando o teste de *Mauchly's* e a correção de *Greenhouse-Geisser* foi utilizada quando a esfericidade foi violada. Para análise dos momentos foi utilizado pós-teste de *Bonferroni* para distribuição paramétrica ou pós-teste de *Dunnet* para distribuição não paramétrica e a análise entre os grupos foi feita por meio de ANOVA *One-Way* ou teste de *Kruskall Wallis*.

Além disso, foi verificado os efeitos dos treinamentos para todos os desfechos avaliados por meio do cálculo do tamanho do efeito (ES) através do Cohen's *d*, em que foram considerados como “nulo” ($<0,2$), “pequeno” ($\geq 0,2$), “moderado” ($\geq 0,6$), “grande” ($\geq 1,2$) ou “muito grande” ($\geq 2,0$) ⁽³⁾. O nível de significância foi de $p < 0,05$ para todos os testes. O programa estatístico SPSS (versão 24.0) (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para as análises.

RESULTADOS

A caracterização das amostras estudadas encontra-se na Tabela 2. Não houve diferença estatisticamente significativa em relação à idade, estatura, peso e IMC mostrando que há homogeneidade entre os grupos.

Tabela 2. Caracterização dos participantes.

Variáveis	80% + RFS (n= 17)	40% + RFS (n= 15)	80% (n= 15)	40% (n= 14)	p valor
Idade (anos)	24,82 ± 4,50	24,47 ± 3,81	22,93 ± 5,62	25,43 ± 5,06	0,2332
	[22,51-27,14]	[22,35-26,58]	[19,82-26,05]	[22,50-28,35]	
Peso (Kg)	75,33 ± 12,21	71,43 ± 11,21	78,21 ± 10,72	73,92 ± 8,64	0,4810
	[69,05-81,61]	[65,23-77,64]	[72,27-84,15]	[68,93-78,91]	
Estatura (m)	1,78 ± 0,05	1,76 ± 0,08	1,76 ± 0,07	1,77 ± 0,06	0,7151
	[1,76-1,81]	[1,71-1,71]	[1,72-1,80]	[1,73-1,80]	
IMC (Kg.m ²)	23,78 ± 4,03	23,15 ± 3,23	25,25 ± 3,30	23,66 ± 2,52	0,3652
	[21,71-25,86]	[21,37-24,94]	[23,42-27,07]	[22,20-25,12]	

Valores apresentados em média ± DP [intervalo de confiança 95%].

Legenda: 80% + RFS: grupo de alta intensidade associado a restrição de fluxo sanguíneo; 40% + RFS: grupo de baixa intensidade associado a restrição de fluxo sanguíneo; 80%: grupo de alta intensidade; 40%: grupo de baixa intensidade; m: metros; Kg: quilogramas; Kg.m²: quilogramas por metros quadrado.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos picos de torque excêntrico, concêntrico e isométrico, espessura muscular e desempenho funcional nos momentos basal, intermediário e final dos grupos estudados. Em relação ao pico de torque excêntrico foram observadas diferenças estatisticamente significantes na interação grupo vs momento ($p=0,002$), com tamanho de efeito grande (0,168). Além disso, houve diferença intergrupos ($p=0,040$) com tamanho de efeito moderado (0,135) no momento intermediário entre o GTEAI e GTEBI em que o grupo de alta intensidade foi superior ao

de baixa intensidade. No momento final foram encontradas diferenças significativas do GTEBI e GTEBI-RFS em relação ao GTEAI, sendo que este obteve superioridade em relação aos demais grupos. Em relação aos momentos intermediário e final intragrupo, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em relação ao momento basal nos GTEAI-RFS, GTEBI-RFS e GTEAI.

Para o picos de torque isométrico e concêntrico (Tabela 3) não foram observadas diferenças intergrupos, porém foram identificadas diferenças entre momentos intragrupo para o pico de torque isométrico ($p=0,003$) com tamanho de efeito moderado (0,097) no GTEAI-RFS do momento final em relação ao momento basal e no GTEBI-RFS do momento intermediário em relação ao momento basal e para o pico de torque concêntrico ($p=0,000$) entre momento final em relação ao basal foram identificadas diferenças significativas nos GTEAI-RFS e GTEAI com tamanho de efeito grande (0,245).

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para a espessura do músculo VL em momentos ($p=0,997$), interação momento vs grupo ($p=0,091$) ou grupos ($p=0,268$). Já para o músculo RF houve diferença significativa na interação momento vs grupo ($p=0,023$ e tamanho de efeito moderado=0,119) e do momento final em relação ao basal ($p=0,04$ e tamanho de efeito pequeno=0,01) apenas para o GTEAI-RFS (Tabela 3).

No *Single Leg Hop Test* não foram encontradas diferenças entre os grupos ($p=0,784$ e tamanho de efeito pequeno= 0,018) e na interação momento vs grupo ($p=0,317$ e tamanho de efeito moderado= 0,06), porém diferenças ($p=0,000$ e tamanho de efeito grande= 0,934) entre os momentos intermediário e final em relação ao basal foram encontradas em todos os grupos (Tabela 3).

Tabela 3. Desfechos de picos de torque excêntrico, isométrico e concêntrico; espessura dos músculos vasto lateral e reto femoral e *Single Leg Hop Test* nos momentos basal, intermediário e final dos grupos estudados.

Desfechos	Momentos	GTEAI-RFS (n= 17)	GTEBI-RFS (n= 15)	GTEAI (n= 15)	GTEBI (n= 14)	ES ¹	ES ²	ES ³
Pico de Torque Excêntrico (Nm)	Basal	287,31 ± 55,48 [#]	268,73 ± 69,09 [#]	305,54 ± 57,59 [#]	296,04 ± 40,82	0,164	0,134	0,134
		[258,78-315,83]	[230,46-306,99]	[273,65-337,43]	[272,47-319,60]			
	Intermediário	322,78 ± 55,30	297,85 ± 78,94	347,86 ± 70,13	273,69 ± 58,95*			
		[294,35-351,22]	[254,14-341,57]	[309,02-386,70]	[239,65-307,73]			
	Final	322,91 ± 47,88	301,83 ± 75,80*	358,93 ± 50,50	281,61 ± 57,69*			
		[298,29-347,53]	[259,86-343,81]	[330,97-386,90]	[248,31-314,92]			
Pico de Torque Isométrico (Nm)	Basal	239,34 ± 57,63 [§]	244,47 ± 60,35 ^Δ	252,15 ± 59,13	231,06 ± 45,34	0,097	0,046	0,047
		[209,71-268,98]	[211,05-277,89]	[219,41-284,90]	[204,88-257,23]			
	Intermediário	255,88 ± 48,52	257,91 ± 66,48	275,56 ± 69,70	242,39 ± 57,90			
		[230,94-280,83]	[221,10-294,73]	[236,96-314,16]	[208,96-275,82]			
	Final	261,90 ± 38,16	246,64 ± 56,56	273,75 ± 67,01	230,36 ± 54,13			
		[242,28-281,52]	[215,32-277,96]	[236,64-310,86]	[199,11-261,62]			
	Basal	218,86 ± 33,84 [#]	222,67 ± 50,95	229,98 ± 53,16 [#]	220,41 ± 41,22	0,087		

		[201,46-236,26]	[194,46-250,89]	[200,54-259,42]	[196,60-244,21]	0,245	0,050	
Pico de Torque Concêntrico (Nm)	Intermediário	233,96 ± 34,08	230,13 ± 49,15	254,80 ± 51,11	231,41 ± 38,50			
		[216,44-251,48]	[202,91-257,35]	[226,50-283,10]	[209,18-253,64]			
	Final	239,21 ± 32,51	231,70 ± 48,64	263,86 ± 48,35	229,20 ± 29,07			
		[222,50-255,93]	[204,76-258,64]	[237,08-290,64]	[212,42-245,98]			
		2,32 ± 0,41	2,36 ± 0,38	2,45 ± 0,68	2,26 ± 0,49			
		[2,11-2,53]	[2,15-2,57]	[2,07-2,83]	[1,98-2,55]			
Espessura Vasto Lateral (cm)	Intermediário	2,34 ± 0,45	2,27 ± 0,43	2,60 ± 0,49	2,195 ± 0,39	0,000	0,066	0,090
		[2,10-2,57]	[2,03-2,52]	[2,32-2,87]	[1,96-2,42]			
	Final	2,37 ± 0,47	2,24 ± 0,39	2,58 ± 0,56	2,20 ± 0,50			
		[2,12-2,61]	[2,03-2,46]	[2,27-2,89]	[1,91-2,49]			
		1,63 ± 0,48 ^s	1,66 ± 0,48	1,79 ± 0,62	1,51 ± 0,38			
		[1,38-1,88]	[1,39-1,93]	[1,44-2,13]	[1,28-1,73]			
Espessura Reto Femoral (cm)	Basal					0,089	0,051	0,119
	Intermediário	1,84 ± 0,64	1,71 ± 0,55	1,72 ± 0,40	1,52 ± 0,41			
		[1,51-2,17]	[1,40-2,01]	[1,50-1,95]	[1,27-1,76]			

Single Leg Hop Test (cm)	Final	1,97 ± 0,56 [1,67-2,26]	1,58 ± 0,59 [1,25-1,91]	1,97 ± 0,60 [1,64-2,30]	1,69 ± 0,43 [1,44-1,94]			
	Basal	151,37 ± 29,22 [#] [136,34-166,39]	149,38 ± 26,09 [#] [134,94-163,83]	154,57 ± 35,54 [#] [134,89-174,25]	334,29 ± 55,28 [#] [302,37-366,20]			
	Intermediário	328,47 ± 69,40 [292,79-364,15]	344,53 ± 42,97 [320,74-368,33]	318,40 ± 74,90 [276,92-359,88]	317,36 ± 67,85 [278,18-356,53]	0,934	0,018	0,059
	Final	330,24 ± 66,59 [296,00-364,47]	354,87 ± 40,63 [332,37-377,37]	331,20 ± 76,58 [288,79-373,61]	334,29 ± 55,28 [302,37-366,20]			

Valores são apresentados em média ± DP e [intervalo de confiança 95%].

Legenda: GTEAI: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade com 80% do pico de torque excêntrico; GTEBI: grupo de treinamento excêntrico de baixa intensidade com 40% do pico de torque excêntrico; GTEAI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade associado a RFS com 80% do pico de torque excêntrico; GTEBI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de baixa intensidade associado a RFS com 40% do pico de torque excêntrico; Nm: Newton-metro; cm: centímetros; ES¹: tamanho de efeito intragrupo; ES²: tamanho de efeito intergrupo; ES³: tamanho de efeito na interação momento vs grupo;

* diferença em relação ao GTEAI;

[#] diferença em relação ao momento intermediário e final;

[§] diferença em relação ao momento final;

^Δ diferença em relação ao momento intermediário.

A Tabela 4 apresenta os resultados da magnitude de ganhos dos picos de torque excêntrico, concêntrico e isométrico, espessura muscular e desempenho funcional dos grupos estudados. Para o pico de torque excêntrico o resultado dos deltas basal vs intermediário e basal vs final mostraram diferenças significativamente inferiores do GTEBI em relação a todos os outros grupos e no pico de torque concêntrico houve diferença significativamente inferior para o delta basal vs final do GTEBI em relação ao GTEAI. Não houve diferença na magnitude de ganhos para o pico de torque concêntrico e isométrico.

Para a espessura do VL (Tabela 4) houve diferença significante no delta basal vs final do GTEBI-RFS em relação ao GTEAI, no qual houve de alta intensidade obteve valor positivo de ganho, enquanto o grupo de baixa intensidade apresentou resultado negativo de perda. Em relação ao resultado de espessura para o RF foram encontradas diferenças significativas nos deltas basal vs final no qual o GTEBI-RFS obteve valores negativos em relação ao GTEAI-RFS que obteve ganho e do intermediário vs final, em que mais uma vez o GTEBI-RFS obteve valores negativos em relação ao GTEAI que apresentou valores positivos.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes na magnitude de ganho o *Single Leg Hop Test* (Tabela 4).

Tabela 4. Valores da magnitude de ganho dos picos de torque excêntrico, isométrico e concêntrico, espessura de VL e RF e *Single Leg Hop Test* dos grupos estudados.

Desfechos	Momentos	GTEAI-RFS (n= 17)	GTEBI-RFS (n= 15)	GTEAI (n= 15)	GTEBI (n= 14)	p valor
Pico de Torque Excêntrico (Nm)	Δ Basal vs Intermediário	35,47 $\pm$ 57,69 [5,81- 65,13]	29,12 $\pm$ 38,96 [7,54- 50,70]	42,32 $\pm$ 39,14 [20,64- 63,99]	-22,34 $\pm$ 62,81* [-58,61- 13,92]	0,005
	Δ Intermediário vs Final	0,12 $\pm$ 54,13 [-27,70-27,96]	33,10 $\pm$ 41,06 [10,36-55,84]	11,07 $\pm$ 33,74 [-7,61 - 29,75]	7,92 $\pm$ 41,06 [10,36 - 55,84]	0,215
	Δ Basal vs Final	35,60 $\pm$ 49,17 [10,32-60,88]	33,10 $\pm$ 41,06 [10,36 - 55,84]	53,39 $\pm$ 31,79 [35,78-70,99]	-14,42 $\pm$ 58,18* [-48,01-19,17]	0,002
Pico de Torque Isométrico (Nm)	Δ Basal vs Intermediário	16,53 $\pm$ 31,07 [0,56 -32,51]	13,44 $\pm$ 27,34 [-1,70 -28,58]	23,40 $\pm$ 35,47 [3,76 - 43,05]	11,33 $\pm$ 31,60 [-6,91 -29,58]	0,901
	Δ Intermediário vs Final	6,01 $\pm$ 28,26 [-8,51 -20,54]	-11,27 $\pm$ 20,37 [-22,55 -0,00]	-1,81 $\pm$ 48,45 [-28,64 -25,01]	-12,02 $\pm$ 52,37 [-42,26 -18,21]	0,523
	Δ Basal vs Final	22,55 $\pm$ 31,66 [6,27 -38,83]	2,16 $\pm$ 35,13 [-17,28 -21,62]	21,59 $\pm$ 36,53 [1,36 -41,82]	-0,69 $\pm$ 55,10 [-32,51 -31,12]	0,238
Pico de Torque Concêntrico (Nm)	Δ Basal vs Intermediário	15,09 $\pm$ 21,47 [4,05 -26,13]	7,45 $\pm$ 19,93 [-3,58 -18,49]	24,82 $\pm$ 27,65 [9,50 -40,13]	11,00 $\pm$ 15,75 [1,90 -20,09]	4,000

	Δ Intermediário vs Final	5,25 ± 20,68	1,57 ± 11,87	9,06 ± 16,62	-30,09 ± 91,32	0,100
		[-5,38 -15,88]	[-5,00 -8,15]	[-0,14 -18,26]	[-82,82 -22,63]	
	Δ Basal vs Final	20,34 ± 18,93	9,02 ± 20,81	33,88 ± 33,17	-19,09 ± 99,84 [¥]	0,0561
		[10,61 -30,08]	[-2,49 -20,55]	[15,51 -52,24]	[-76,73 -38,55]	
Espessura Vasto Lateral (cm)	Δ Basal vs Intermediário	0,01 ± 0,18	-0,09 ± 0,31	0,14 ± 0,31	-0,07 ± 0,23	0,075
		[-0,07-0,10]	[-0,26-0,08]	[-0,03-0,32]	[-0,20-0,06]	
	Δ Intermediário vs Final	-0,05 ± 0,24	0,00 ± 0,00	-0,06 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,613
		[-0,18-0,06]	[0,00-0,00]	[0,00-0,00]	[0,00-0,00]	
	Δ Basal vs Final	0,04 ± 0,23	-0,12 ± 0,28 [¥]	0,12 ± 0,32	-0,05 ± 0,14	0,047
		[-0,07-0,16]	[-0,28-0,03]	[-0,04-0,30]	[-0,14-0,02]	
Espessura Reto Femoral (cm)	Δ Basal vs Intermediário	0,21 ± 0,41	0,05 ± 0,39	-0,06 ± 0,34	0,00 ± 0,34	0,201
		[0,00 -0,42]	[-0,16 -0,26]	[-0,25 -0,12]	[-0,18-0,20]	
	Δ Intermediário vs Final	0,05 ± 0,42	-0,26 ± 0,45 [¥]	0,20 ± 0,41	0,07 ± 0,45	0,037
		[-0,16-0,27]	[-0,52--0,01]	[-0,02-0,42]	[-0,20-0,34]	
	Δ Basal vs Final	0,33 ± 0,32	-0,07 ± 0,52 [¥]	0,18 ± 0,26	0,18 ± 0,39	0,037
		[0,16-0,50]	[-0,36-0,21]	[0,03-0,33]	[-0,04-0,41]	

<i>Single Leg Hop Test (cm)</i>	Δ Basal vs Intermediário	177,10 $\pm$ 44,89 [154,01-200,18]	195,15 $\pm$ 31,21 [177,86-212,43]	163,83 $\pm$ 45,77 [138,48-189,18]	170,67 $\pm$ 51,14 [141,14-200,21]	0,250
	Δ Intermediário vs Final	1,76 $\pm$ 41,16 [-19,39-22,92]	10,33 $\pm$ 23,14 [-2,48-23,15]	12,80 $\pm$ 29,70 [-3,65-29,25]	16,92 $\pm$ 30,32 [-0,57-34,43]	0,601
	Δ Basal vs Final	183,82 $\pm$ 49,07 [158,59-209,05]	213,23 $\pm$ 40,32 [190,90-235,56]	181,33 $\pm$ 55,85 [150,40-212,26]	192,42 $\pm$ 46,30 [165,69-219,16]	0,260

Valores apresentados em média $\pm$ DP [intervalo de confiança 95%].

Legenda: GTEAI: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade com 80% do pico de torque excêntrico; GTEBI: grupo de treinamento excêntrico de baixa intensidade com 40% do pico de torque excêntrico; GTEAI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de alta intensidade associado a RFS com 80% do pico de torque excêntrico; GTEBI-RFS: grupo de treinamento excêntrico de baixa intensidade associado a RFS com 40% do pico de torque excêntrico; Nm: Newton-metro; cm: centímetros; Δ : magnitude de ganho.

* diferença em relação ao GTEAI-RFS, GTEBI-RFS e GTEAI;

‡ diferença em relação ao GTEAI;

§ diferença em relação ao GTEAI-RFS.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar os efeitos do treinamento excêntrico de baixa e alta intensidade com e sem RFS em homens jovens saudáveis para os desfechos de força, espessura muscular e desempenho funcional. Os principais achados desse estudo foram que nas três primeiras semanas de treinamento o grupo de 80% foi superior ao de 40% e que o acréscimo da RFS aos grupos de baixa e alta intensidade não foi capaz de promover aumento de força e que nas três últimas semanas de treinamento, mais uma vez o grupo de 80% foi superior ao de 40% e também ao de 40% com RFS no desfecho de pico de torque excêntrico. Para os desfechos de pico de torque isométrico, concêntrico, espessura muscular e desempenho funcional não houveram diferenças entre os grupos.

Embora não houve diferença estatística entre os grupos, percebe-se que houve diferenças intragrupo dos momentos intermediário e basal com aumento da força excêntrica em todos os grupos, com exceção do grupo de baixa intensidade sem RFS, fato que mostra que de alguma forma a RFS causa um efeito adicional ao treinamento excêntrico.

Nos resultados da magnitude de ganho, em relação ao pico de torque excêntrico, destaca-se que nas três primeiras semanas de treinamento houve perda de força no grupo de baixa intensidade sem RFS e que os ganhos só aparecem nas três últimas semanas de treinamento. Além disso, vale ressaltar que, em ordem de ganhos pode-se observar nas três primeiras semanas o GTEAI, seguido do GTEAI-RFS e por fim o GTEBI-RFS, já nas três semanas finais de treinamento observa-se que a ordem de ganhos se altera (GTEBI-RFS, seguido de GTEAI, GTEBI e por fim GTEAI-RFS), ou seja, do meio para o final do treinamento o GTEBI-RFS passa a ter mais ganho do que os grupos de alta intensidade sem ou com RFS que foram os que mais tiveram ganho nas três primeiras

semanas de treinamento. Tal condição mostra que no caso da força o treinamento de baixa intensidade associado a RFS é tempo-dependente ⁽²⁴⁾, ou seja, o tamanho de efeito aumenta significativamente no decorrer das semanas de intervenção.

Como pode-se observar, os resultados mostram os maiores aumentos de força na contração excêntrica, seguidos de ganhos ou não nas forças concêntrica e isométrica, que corrobora com a ordem de ganhos de outros estudos ^(11, 25). Portanto, parece que os músculos extensores do joelho se adaptam mais especificamente ao treinamento no qual os participantes foram submetidos.

Além disso, os aumentos de força excêntrica nas três primeiras semanas em cada grupo, exceto no de 40%, corrobora com o resultado de Baroni *et al.* ⁽¹¹⁾, que reportaram o curso de tempo de adaptações neuromusculares em um treinamento excêntrico de 12 semanas com repetições máximas nas primeiras quatro semanas de treinamento. Dessa forma, vale destacar que ao observar os resultados do presente estudo, mesmo sem a realização de contrações máximas excêntricas, utilizando a baixa intensidade associada a RFS ou a alta intensidade com ou sem RFS e em menos tempo de treinamento foram encontrados aumentos de força.

Os aumentos de força isométrica nos GTEAI+RFS (após as seis semanas de treinamento) e GTEBI+RFS (após três semanas de treinamento) e concêntrica nos GTEAI+RFS e GTEAI (após três e ao final das seis semanas de treinamento, respectivamente) corrobora com o estudo de Coratella *et al.* ⁽²⁶⁾, no qual obteve aumento nos picos de torque concêntrico, excêntrico e isométrico em um grupo que realizou seis semanas (duas vezes na semana) de treinamento excêntrico com contrações máximas de extensores de joelho no isocinético.

Em relação ao pico de torque isométrico, o estudo de Yasuda *et al.* ⁽²⁷⁾, também não obteve diferença significativa no pico de torque isométrico em um grupo que realizou

treinamento excêntrico de 30% 1RM associado a RFS de flexores de cotovelo após período de seis semanas, por outro lado Duhiga *et al.* ⁽²⁸⁾, obtiveram diferença significativa em um grupo que realizou treinamento excêntrico de flexores de joelho (exercício nórdico) por cinco semanas.

Considerando o desfecho de hipertrofia muscular embora seja amplamente demonstrado em diversos estudos que o treinamento de força com RFS contribui em adaptações hipertróficas, o mecanismo no qual a RFS promove essa adaptação continua não sendo totalmente elucidado. Em relação a espessura de VL e RF, pode-se observar que não houve diferença entre os grupos e entre os momentos. Esse resultado corrobora com o estudo de Timmins *et al.* ⁽²⁹⁾, no qual realizou treinamento excêntrico dos flexores do joelho sem RFS no isocinético, três vezes na semana durante seis semanas, com contrações máximas e não foram encontradas diferenças de espessura muscular entre momentos e nem comparada ao grupo que realizou treinamento concêntrico.

Yasuda *et al.* ⁽²⁷⁾ compararam o treinamento concêntrico associado a RFS com o treinamento excêntrico também associado a RFS com intensidade de 30% 1RM e que chegou a 160 mmHg de RFS, durante três vezes na semana por seis semanas nos flexores de cotovelo de homens jovens demonstrou que o ganho de hipertrofia muscular foi maior no concêntrico e que no excêntrico não houve mudança significativa de volume e área de secção transversa.

O mecanismo que envolve a mudança de estrutura muscular no exercício excêntrico tem sido discutido atualmente. Alguns estudos ⁽³⁰⁻³²⁾ demonstram que isoladamente o exercício excêntrico seria capaz de causar mudança principalmente no comprimento do fascículo em comparação com o treinamento resistido convencional (que faz fases consecutivas de contrações excêntricas e concêntricas) e que o exercício concêntrico isolado. Isso reforça o conceito de que o crescimento longitudinal muscular

está ligado a contrações por alongamento muscular que implicam teoricamente na adição de sarcômeros em série ⁽³¹⁾.

Pode-se especular quanto a esses resultados levando em consideração que a porcentagem de 40% de RFS da pressão de oclusão arterial pode não ter sido suficiente para gerar o estresse metabólico necessário para esse tipo de população em associação ao exercício excêntrico. Apesar de que, porcentagens entre 40 a 60% tem sido recomendada para segurança do método ⁽³³⁾. Além disso, a periodização do treinamento proposto não tinha como objetivo chegar à fadiga muscular que seria um dos mecanismos que tem sido propostos atualmente na literatura para aumentar a hipertrofia ⁽³⁴⁻³⁶⁾ ou então a realização da contração máxima durante o treinamento no dinamômetro isocinético ^(11, 37).

Gibala *et al.* ⁽³⁸⁾ realizaram um estudo com homens jovens destreinados que realizaram uma sessão de contração excêntrica e outra de contração concêntrica de flexão do cotovelo a 80% de 1RM e encontraram nos resultados de biópsia muscular que imediatamente e 48 horas após cada tipo de contração houve respectivamente 82% e 80% de fibras musculares lesionadas na contração excêntrica em comparação com 33% e 37% na contração concêntrica, demonstrando que o estresse mecânico foi maior no exercício excêntrico. Durand *et al.* ⁽³⁹⁾, mediram o acúmulo de lactato entre os treinamentos concêntrico e excêntrico e observaram que o exercício concêntrico promoveu mais que o dobro do estresse metabólico quando comparado ao exercício excêntrico.

Portanto, levando em consideração que o estresse mecânico ocasionado pelo exercício excêntrico é maior que na contração concêntrica, e por outro lado, o estresse metabólico que acontece na contração concêntrica é maior que na contração excêntrica ⁽⁷⁾ parece que o dano muscular ocasionado pelo estresse mecânico no tipo de treinamento realizado combinado com o estresse metabólico da RFS não funcionou para ganhos hipertróficos. E por conseguinte, o dano muscular ocasionado pelo exercício excêntrico

foi maior que a capacidade de gerar aumento na espessura muscular. Ou seja, o dano muscular induzido pelo exercício pode ter sido maior que a capacidade de síntese proteica. Porém, vale destacar que estudos recentes demonstram que a contribuição da síntese proteica muscular e dano muscular induzido pelo exercício ainda não está bem elucidado na literatura em relação a qual real contribuição deles em distintas adaptações hipertróficas de longo prazo ao exercício excêntrico e ao concêntrico ⁽³¹⁾.

Dessa forma, a hipótese de que o estresse metabólico induzido pela RFS associado ao treinamento excêntrico realizado com o objetivo de não chegar a fadiga (por conta do risco de dano muscular e perda de aderência dos voluntários a esse tipo de treinamento) iria trazer ganhos de espessura muscular foi rejeitada.

A adição da RFS não influenciou no desempenho funcional que foi verificado por meio do *Single Leg Hop Test* entre os grupos, porém obteve ganhos significativos em todos os momentos com tamanho de efeito grande. Esse resultado corrobora com o estudo de Santos *et al.* ⁽⁴⁰⁾, no qual realizaram um treinamento excêntrico sem RFS de extensores de joelho no dinamômetro isocinético, duas vezes por semana durante seis semanas e obtiveram diferença significativa entre os momentos basal e final no mesmo teste proposto no presente estudo. O estudo de Silva *et al.* ⁽³⁾, que objetivou analisar o efeito da estimulação elétrica neuromuscular associado a treinamento resistido excêntrico comparado apenas ao treinamento excêntrico durante seis semanas também não mostrou diferença entre os grupos.

Como limitações do estudo pode-se citar a ausência da análise do estresse metabólico por meio da concentração de lactato sanguíneo, bem como a análise de dano muscular por meio da creatina quinase que poderiam trazer resultados que enriqueceriam e aprofundariam a discussão do presente estudo.

No entanto, vale destacar que este é o primeiro estudo aleatorizado controlado que realizou um treinamento excêntrico de baixa e alta intensidade associado ou não a RFS utilizando o dinamômetro isocinético e a linha de *biofeedback* para os extensores de joelho em jovens saudáveis. Como aplicabilidade clínica do estudo tem-se que o treinamento excêntrico proposto no estudo pode ser utilizado como um protocolo de intervenção de baixa intensidade associado a RFS em pacientes que não consigam desenvolver um trabalho de alta intensidade para implementação da força muscular e desempenho funcional e que o mesmo protocolo também pode ser utilizado por indivíduos saudáveis na periodização do treinamento.

Como perspectivas futuras recomenda-se a realização de ensaios aleatorizados controlados de alta qualidade em populações saudáveis, que realizem a intervenção a longo prazo além de 12 semanas de treinamento, além de explorar nesse tipo de treinamento diferentes porcentagens de RFS.

Conclusão

Concluimos que um programa de treinamento excêntrico de seis semanas no dinamômetro isocinético levou ao fortalecimento dos extensores do joelho e melhora do desempenho funcional, porém sem aumento de resposta hipertrófica muscular. A adição da RFS sobreposta ao exercício excêntrico não influenciou as magnitudes das adaptações induzidas pelo treinamento excêntrico em homens jovens saudáveis.

Referências

1. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.

2. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Med.* 2018;48(4):765-85.
3. Silva CFGd, Silva FXdLe, Vianna KB, Oliveira GdS, Vaz MA, Baroni BM. Eccentric training combined to neuromuscular electrical stimulation is not superior to eccentric training alone for quadriceps strengthening in healthy subjects: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2018;22(6):502-511.
4. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Med.* 2017;47(5):917-41.
5. Baroni B, Pinto R, Herzog W, Vaz M. Eccentric resistance training of the knee extensor muscle: training programs and neuromuscular adaptations. *Braz J Phys Ther.* 2018;22(6):502-511.
6. Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2009;43(8):556-68.
7. Behringer M, Heinke L, Leyendecker J, Mester J. Effects of blood flow restriction during moderate-intensity eccentric knee extensions. *J Physiol Sci.* 2018;68(5):589-599.
8. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med.* 2013;43(3):179–194.
9. Fujita T, Brechue WF, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *Int J KAATSU Train Res.* 2008;4(1):1–8.
10. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns CF, Inoue K et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. *Int J KAATSU Train Res.* 2005;1(1):6–12.

11. Baroni BM, Rodrigues R, Franke RA, Geremia JM, Rassier DE, Vaz MA. Time course of neuromuscular adaptations to knee extensor eccentric training. *Int J Sports Med.* 2013;34(10):904-11.
12. Dankel SJ, Buckner SL, Counts BR, Jessee MB, Mouser JG, Mattocks KT, et al. The acute muscular response to two distinct blood flow restriction protocols. *Physiol. Int.* 2017;104(1):64-76.
13. Hortobágyi T, Barrier J, Beard D, Braspenning J, Koens P, Devita P, et al. Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. *J. Appl. Physiol.* 1996;81(4):1677-82.
14. Baroni BM, Geremia JM, Rodrigues R, De Azevedo Franke R, Karamanidis K, Vaz MA. Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: rectus femoris vs. vastus lateralis. *Muscle Nerve.* 2013;48(4):498-506.
15. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(4):789-96.
16. Dankel SJ, Jessee MB, Buckner SL, Mouser JG, Mattocks KT, Loenneke JP. Are higher blood flow restriction pressures more beneficial when lower loads are used? *Physiol. Int.* 2017;104(3):247-57.
17. Hughes L, Jeffries O, Waldron M, Rosenblatt B, Gissane C, Paton B. Influence and reliability of lower-limb arterial occlusion pressure at different body positions. *PeerJ.* 2018;2;6:e4697.
18. Gualano B, Ugrinowitsch C, Neves M, Jr., Lima FR, Pinto AL, Laurentino G, et al. Vascular occlusion training for inclusion body myositis: a novel therapeutic approach. *J Vis Exp.* 2010;5;(40).

19. Curty VM, Melo AB, Caldas LC, Guimaraes-Ferreira L, de Sousa NF, Vassallo PF, et al. Blood flow restriction attenuates eccentric exercise-induced muscle damage without perceptual and cardiovascular overload. 2017. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2018;38(3):468-476.
20. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, Neves M, Jr., et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(3):406-12.
21. Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN, et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(12):2471-80.
22. Crenshaw AG, Hargens AR, Gershuni DH, Rydevik B. Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. *Acta Orthop. Scand*. 1988;59(4):447-51.
23. Laurentino GC, Loenneke JP, Teixeira EL, Nakajima E, Iared W, Tricoli V. The effect of cuff width on muscle adaptations after blood flow restriction training. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(5):920-5.
24. Loenneke JP, Wilson JM, Marin PJ, Zourdos MC, Bembien MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2012;112(5):1849-59.
25. Baroni BM, Pinto RS, Herzog W, Vaz MA. Eccentric resistance training of the knee extensor muscle: Training programs and neuromuscular adaptations. *Isokinet Exerc Sci*. 2015;23(3):183-198.
26. Coratella G, Milanese C, Schena F. Unilateral eccentric resistance training: A direct comparison between isokinetic and dynamic constant external resistance modalities. *Eur J Sport Sci*. 2015;15(8):720-6.

27. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of blood flow restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *PLoS One*. 2012;7(12):e52843.
28. Duhiga SJ, Bournea MN, Buhmann RL, Williams MD, Minett GM, Roberts AL, et al. Effect of concentric and eccentric hamstring training on sprint recovery, strength and muscle architecture in inexperienced athletes. *J Sci Med Sport*. 2019;22(7):769–774.
29. Timmins RG, Ruddy JD, Presland J, Maniar N, Shield AJ, Williams MD, et al. Architectural changes of the biceps femoris long head after concentric or eccentric training. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(3):499-508.
30. Franchi MV, Atherton PJ, Reeves ND, Flück M, Williams J, Mitchell WK, et al. Architectural, functional, and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiol (Oxf)*. 2014;210(3):642-54.
31. Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Front Physiol*. 2017;8:447.
32. Reeves ND, Maganaris CN, Longo S, Narici MV. Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *Exp. Physiol*. 2009;94(7):825–33.
33. da Cunha Nascimento D, Schoenfeld BJ, Prestes J. Potential Implications of Blood Flow Restriction Exercise on Vascular Health: A Brief Review. *Sports Med*. 2019. doi: 10.1007/s40279-019-01196-5. [Epub ahead of print].
34. Burd NA, West DW, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, et al. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoS One*. 2010;5(8):e12033.

35. Ogasawara R, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *Int J Clin Med*. 2013;4(2):114-21.
36. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DW, Burd NA, Breen L, Baker SK, et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J Appl Physiol*. 2012;113(1):71-7.
37. Geremia JM, Baroni BM, Lanferdini FJ, Bini RR, Sonda FC, Vaz MA. Time course of neuromechanical and morphological adaptations to triceps surae isokinetic eccentric training. *Phys Ther Sport*. 2018;34:84-91.
38. Gibala MJ, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Stauber WT, Elorriaga A. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol*. 1985;78(2):702-8.
39. Durand RJ, Castracane VD, Hollander DB, Tryniecki JL, Bamman MM, O'Neal S, Hebert EP, Kraemer RR. Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(6):937-43.
40. Santos HH, Avila MA, Hanashiro DN, Camargo PR, Salvini TF. The effects of knee extensor eccentric training on functional tests in healthy subjects. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(4):276-83.

Considerações finais

Podemos elencar alguns pontos-chave em relação aos resultados encontrados nos presentes estudos. O que já sabemos é que o treinamento com RFS pode ser utilizado em populações clínicas e em diversos ambientes como academias e centros de reabilitação e que o treinamento excêntrico é capaz de causar adaptações de força e massa muscular em indivíduos jovens.

O novos achados da revisão sistemática com metanálise demonstram que não há superioridade para o TRAI em relação ao TRBI+RFS para os desfechos de força e hipertrofia muscular em homens jovens saudáveis; homens jovens saudáveis podem utilizar a RFS associada ao TRBI para obter maiores ganhos clinicamente relevantes de força comparado ao TRBI e que treinamentos a longo prazo (maiores que 12 semanas ou 36 sessões) precisam ser investigados para essa população.

E com relação ao estudo aleatorizado controlado tem-se que a RFS não aumenta os ganhos de força nas três primeiras semanas ocasionados pelo treinamento excêntrico entre os grupos de TREAI+RFS, TRBI+RFS e TRAI; o TREAI apresenta superioridade ao TRBI+RFS após seis semanas de treinamento excêntrico; adição da RFS não influencia no desempenho funcional que foi verificado por meio do *Single Leg Hop Test* entre os grupos e nem na resposta hipertrófica muscular.