

GABRIEL RODRIGUES NETO

**EFEITO DO EXERCÍCIO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO
CONTÍNUA E INTERMITENTE NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR,
ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E HEMODINÂMICAS EM HOMENS**

JOÃO PESSOA/PB

2017

GABRIEL RODRIGUES NETO

**EFEITO DO EXERCÍCIO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO
CONTÍNUA E INTERMITENTE NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR,
ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E HEMODINÂMICAS EM HOMENS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física UPE/UFPB, como requisito final para obtenção do título de Doutor.

Área de concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Orientador (a): Prof^a Dr^a Maria do Socorro Cirilo de Sousa

JOÃO PESSOA/PB

2017

R696e Rodrigues Neto, Gabriel.
 Efeito do exercício de força com restrição de fluxo sanguíneo
 contínua e intermitente no desempenho neuromuscular,
 alterações bioquímicas e hemodinâmicas em homens / Gabriel
 Rodrigues Neto. - João Pessoa, 2017.
 291 f. : il. -

 Orientadora: Dr^a Maria do Socorro Cirilo de Sousa.
 Tese (Doutorado) - UFPB/UPE/PAPGEF

 1. Educação física. 2. Exercício resistido - Homens.
 3. Treinamento de força - Homens. 4. Oclusão vascular. I. Título.

UFPB/BC

CDU - 796(043)

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE-UFPA
CURSO DE MESTRADO E DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

A Tese: **Efeito do Exercício de Força com Restrição de Fluxo Sanguíneo Contínua e Intermitente no Desempenho Neuromuscular, Alterações Bioquímicas e Hemodinâmicas em Homens.**

Elaborada por Gabriel Rodrigues Neto

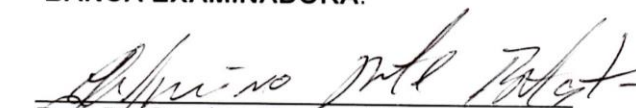
Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de DOUTOR EM EDUCAÇÃO FÍSICA na Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano.

Data: 22 de agosto de 2017

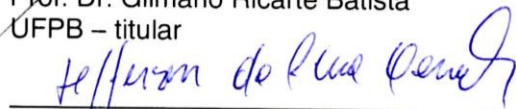


Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva
Coordenador - UFPB

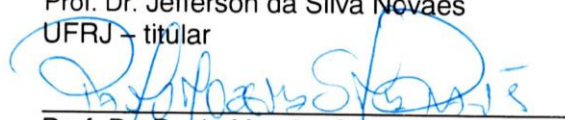
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista
UFPB – titular



Prof. Dr. Jefferson da Silva Novaes
UFRJ – titular



Prof. Dr. Paulo Moreira Silva Dantas
UFRN – titular



Prof. Dr. Manoel da Cunha Costa
UPE – titular

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha magnífica Mãe, Maria do Socorro Soares Gomes, por sempre estar comigo nos momentos mais especiais e difíceis da minha vida e, por nunca, mais nunca me deixar faltar nada. A senhora minha mãe, foi responsável por tudo isso, desde quando sai de casa para fazer cursinho na cidade de Patos, em seguida minha Graduação em João Pessoa, meu Mestrado no Rio de Janeiro e agora meu Doutorado em João Pessoa/Recife, a senhora sempre me apoiou e nada deixou faltar, serei eternamente grato por tudo que tem feito em minha vida. Por todas as qualidades que tem (mulher, mãe, avó, conselheira, guerreira, entre outras), saibas que lhe tenho como um alicerce e espelho para minha essência e existência. É um exemplo de mulher a ser seguido, pessoa maravilhosa que tenho como inspiração para enfrentar meus obstáculos e conquistar meus objetivos. TE AMO mainha!!!! Se não fosse a senhora esse sonho não teria sido realizado. Nunca esquecerei tudo que fez por mim;

À minha linda esposa, Thais Rodrigues e Rodrigues, por toda dedicação, paciência, carinho, amor, atenção, compreensão que teve durante todo esse período de trabalho. Minha vida, durante todo esse processo de luta que tive na Pós-graduação, você sempre esteve comigo, nos conhecemos no final da minha graduação e o laço de amor só aumentou. Veio o mestrado e mesmo com muita ausência nosso amor aumentou mais ainda e no doutorado veio o casamento que consolidou a plenitude do nosso amor. E mesmo com tantos contratempos você sempre me impulsionou para alcançar voos mais altos. Saibas que sou um homem de muita sorte, pois Papai do Céu me abençoou com uma mulher muito mais muito especial e parte desse sucesso eu devo a você. Saiba que quero ficar velhinho ao seu lado, minha linda... E acho que este ditado cai bem para nós: Por trás de um grande homem, sempre tem uma grande mulher... Obrigado por tudo que fez e faz por mim. TE AMO MUITO!!!;

À minha Vó, Francisca Gomes Soares, que sempre zelou por mim. Tenho a doce lembrança da minha infância que minha vizinha cuidava de mim e de meu irmão Rafael, para mãe poder trabalhar. A senhora, minha vó, teve um papel importantíssimo para eu me tornar o homem que sou hoje, muito obrigado minha

“vólmãe”;

Aos demais familiares, José Vieira Rodrigues (Pai), Rafael Soares Rodrigues (Irmão), Ilza Maria Gomes Soares (Tia), Adriana Gomes Soares (Tia), Ana Cecília (Sobrinha), Gabriel Clarindo (Sobrinho) e Ana Letícia (Cunhada) que são minha base, minha fortaleza e contribuíram profundamente para que esse dia fosse realizado. Para todos vocês, dedico, com toda minha emoção.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar força e coragem para enfrentar e superar todas as dificuldades do dia-a-dia;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida;

À minha honrosa amiga, orientadora e professora (Mãe acadêmica), Dr^a Maria do Socorro Cirilo de Sousa, por tudo que já fez e vem fazendo por mim. O carinho e orgulho que tenho pela senhora é tão grande que fico até sem palavras para expressar o que sinto por conhecer e conviver com a mulher de fibra que és... Mulher para toda obra! Desde o primeiro trabalho que fiz para a senhora no primeiro período da graduação (análise do índice do arco plantar de Staheli) até a data de hoje (conclusão da TESE) a senhora sempre me guiou para bons trilhos. Este ano fará 10 anos que entrei no LABOCINE (27 de Novembro de 2017) e desde então vivemos muita coisa, momentos difíceis, mas sem dúvida vivemos mais momentos maravilhosos e inesquecíveis. A senhora é uma mulher forte, guerreira, nobre e com enorme coração, digna de tudo que tem e ainda irá conquistar. MUITO OBRIGADO POR TODOS OS ENSINAMENTOS E ME PERDOE POR ALGUMA DECEPÇÃO QUE TENHA FEITO!!!;

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), especialmente ao Departamento e a Pós-graduação de Educação Física;

À Universidade de Pernambuco (UPE), referente à sede do Programa Associado de Pós-graduação de Educação Física;

Aos coordenadores Dr. Alexandre Sérgio Silva e Dr. Mauro Barros pelo excelente trabalho prestado ao Programa Associado de Pós-graduação de Educação Física;

Ao secretário do Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física, sede Universidade Federal da Paraíba, Ricardo da Silva Melo, pelo brilhante trabalho que vem realizando a frente da secretária, sempre motivado e alegre para

atender a todos que solicitam algo. Você é um exemplo de profissional, continue sempre assim;

A meu amigo e professor, Dr. Jefferson da Silva Novaes, por todos os ensinamentos e carinho que teve comigo durante o mestrado, bem como pela ajuda na escrita e correção dos artigos da tese... A minha gratidão será eterna!!!;

A minha segunda casa, o Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano (LABOCINE) da Universidade Federal da Paraíba que foi o local que me ajudou a crescer e desenvolver pessoalmente e profissionalmente;

Aos meus amigos do Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano (LABOCINE) da Universidade Federal da Paraíba Rodrigo Ramalho Aniceto (obrigado compadre por ter me chamado para participar do LABOCINE e graças a seu convite hoje chego ao grau máximo do ensino superior), Adenilson Targino Araújo Júnior, Leonardo dos Santos Oliveira, Júlio Cesar, Hidayane Gonçalves, Elísio Neto, Leandro Oliota Ribeiro, Piettra Galvão, Simoni Bittar, Marlon Madeiro, Lucas de Freitas, Danillo Caldas, Caio Tibério, Valbério Candido de Araújo, Thiago Siqueira Paiva de Souza, Joamira Araújo, Iara Cristina Albuquerque, Wanessa Vasconcelos, Luis Rodolfo Rodrigues, Pryscila Silva, Leonardo da Silva, Rammily Keicy Umbelino, Marcell Pereira Dativo da Costa, Emily Ribeiro e Andriago Zaar. OBRIGADO POR TUDO PESSOAL!!!;

Ao professor, Dr. Gilmário Ricarte Batista (UFPB) pela ajuda e dedicação em todo processo do meu doutorado;

À professora, Dr^a Verônica P. Salerno (UFRJ) pela colaboração nas análises sanguíneas e correção dos artigos;

Ao professor, Dr. Heleodório H. Santos (UFPB) pela colaboração em todo processo de coleta e análise da eletromiografia e correção do artigo;

Aos professores membros da banca examinadora, Dr. Manoel da Cunha Costa (UPE), Dr. Jefferson da Silva Novaes (UFRJ), Dr. Gilmário Ricarte Batista (UFPB), Dr. Paulo Moreira Silva Dantas (UFRN) e Dr. Roberto Simão (UFRJ) que participaram do processo de qualificação ou pré-banca da tese;

Ao professor suplente Dr. Heleodório Honorato Santos;

Aos meus sogros Manoel e Nalva, e as minhas cunhadas, por sempre confiarem em mim e serem muito especiais;

Aos grandes amigos que fiz no Rio de Janeiro, começando pela querida e honrosa matriarca Hermê (Vovó Mémeia, In memoriam), Raquel Novaes, Barbara Novaes, Giovanni Novaes, Renata, Lennart Novaes, Roberta Novaes, Bruno Novaes, Leandro Novaes e Leonardo Novaes;

Aos meus amigos do Laboratório do Treinamento de Força Michel M. Gonçalves, Bruna K. L. Piazero, Eduardo Chaves, Carol Araújo, Antônio Freitas e o Luiz Gustavo Dias que foram grandes amigos e companheiros durante o processo de coleta do estudo agudo da tese;

Aos meus amigos da graduação Gilson Godeia, José Filho e Stark Santos e meus amigos da infância Líneker Freire, Maílson Silva e Micherlândio Almeida;

Aos participantes da pesquisa da Universidade Federal da Paraíba e do Apoio Logístico do Exercício Brasileiro do Rio de Janeiro;

“Por muitos anos restringi o fluxo da minha vida, por um objetivo maior, hoje realizo a mais profunda reperfunção e alcanço a maior força e hipertrofia da minha existência.”

(Gabriel Rodrigues Neto)

RESUMO

O exercício de força (EF) combinado à restrição de fluxo sanguíneo (RFS) vem ganhando notoriedade na comunidade científica. Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de padronizar os procedimentos inerentes a este método de treinamento para minimizar erros e aumentar a segurança. Principalmente, intensidade, tamanho do cuff e pressão (contínua ou intermitente). O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito do EF com RFS contínua e intermitente no desempenho neuromuscular, alterações bioquímicas, hemodinâmicas e perceptivas em homens. Esta pesquisa se caracteriza como experimental, composta por duas fases: uma abordagem aguda (crossover) e outra crônica com duração de seis semanas, realizada duas vezes por semana. Nas duas fases, utilizou-se uma população de homens e duas amostras distintas. Na primeira (estudo agudo), N=10 militares recreacionalmente treinado em EF, com faixa etária entre 18 a 21 anos que foram divididos randomicamente entre três protocolos, e procedeu-se as coletas das medidas bioquímicas, hemodinâmicas e perceptivas. Na segunda (estudo crônico), N=25 aparentemente saudáveis, com faixa etária de 18 a 36 anos, e experiência em EF (tempo de prática ≥ 2 meses e ≤ 12 meses) cujas medidas foram desempenho neuromuscular, hemodinâmicas e perceptivas. Utilizou-se as anovas one-way, two-way ou two-way de medidas repetidas seguida pelo teste post hoc de Bonferroni para as análises das possíveis diferenças nas variáveis dependentes. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$ e utilizou-se o delta percentual para verificar as alterações entre as avaliações. No estudo agudo, encontraram-se efeitos hipotensivos em todos os três protocolos ($p = 0,001$) e não houve diferenças significativas entre os protocolos da RFS (contínua e intermitente) nas medidas hemodinâmicas, bioquímicas e perceptivas ($p = 0,112$). No estudo crônico, observou-se que não houve diferenças entre os protocolos da RFS nas medidas de desempenho neuromuscular, hemodinâmicas e perceptivas ($p = 0,081$); as alterações percentuais nas variáveis hemodinâmicas e perceptivas foram menores na RFS intermitente. Conclui-se que as RFS, contínua ou intermitente, aumentam as medidas hemodinâmicas imediatamente após o exercício, porém com magnitudes maiores para a contínua e, ambas, geram efeitos agudos hipotensivos, fato não observado no estudo crônico. As alterações promovidas pelo EF de baixa carga com RFS parecem não promover dano muscular e indicam não alterar os marcadores de estresse oxidativo, gerando alterações similares nas variáveis de desempenho neuromuscular (ativação, hipertrofia, força dinâmica, força isométrica e resistência muscular). A intermitente pode promover uma percepção de esforço reduzida e elevar menos as medidas hemodinâmicas e pode ser utilizada para o aumento do desempenho neuromuscular, controle, manutenção e/ou segurança das medidas bioquímicas e hemodinâmicas como uma intervenção não medicamentosa para sujeitos iniciantes, normotensos e recreacionalmente treinados. As RFS intermitente e contínua são similares em sua aplicabilidade nas variáveis de desempenho neuromuscular, bioquímicas, hemodinâmicas, entretanto, a intermitente parece ser uma opção mais indicada, quando se trata das medidas hemodinâmicas e perceptivas, pois promoveu menor variação percentual.

Palavras-chave: kaatsu, oclusão vascular, exercício resistido, treinamento de força.

ABSTRACT

Strength exercise (SE) combined with blood flow restriction (BFR) has been gaining notoriety in the scientific community. Several researches have been developed to standardize the procedures inherent in this training method to minimize mistakes and increase safety. Mainly, intensity, cuff size and pressure (continuous or intermittent). The aim of the present study was to analyze the effect of ES with continuous and intermittent BFR on neuromuscular performance, biochemical, hemodynamic and perceptual changes in men. This research is characterized as experimental, composed of two phases: an acute (crossover) and a chronic approach with duration of six weeks, performed twice a week. In both phases, a population of men and two different samples were used. In the first (acute study), N=10 military recreationally trained in ES, with ages ranging from 18 to 21 years who were divided randomly between three protocols, and the biochemical, hemodynamic and perceptive measurements were collected. In the second (chronic study), N=25 apparently healthy with ages ranging from 18 to 36 years, and experience in SE (practice time $\geq$ 2 months and $\leq$ 12 months) whose measurements were neuromuscular, hemodynamic and perceptual performance. One-way, two-way or two-way of repeated measures were used followed by the Bonferroni post hoc test for the analysis of possible differences in the dependent variables. The significance level adopted was $p < 0.05$ and the percent delta was used to verify changes between study evaluations. In the acute study, hypotensive effects were found in all three protocols ($p = 0.001$) and there were no significant differences between the continuous and intermittent BFR protocols for hemodynamic, biochemical and perceptual measurements ($p = 0.112$). In the chronic study, it was observed that there were no differences between the BFR protocols in the measures of neuromuscular, hemodynamic and perceptive performance ($p = 0.081$); the percentage changes in hemodynamic and perceptual variables were lower in the intermittent BFR. It is concluded that continuous or intermittent BFR increase hemodynamic measurements immediately after exercise, but with greater magnitudes for continuous and both promote acute hypotensive effects, a fact not observed in the chronic study. The changes promoted by low load SE with BFR do not seem to promote muscle damage and indicate not to alter the markers of oxidative stress, generating similar changes in neuromuscular performance variables (activation, hypertrophy, dynamic strength, isometric strength and muscular endurance). The intermittent can promote a reduced effort perception and lower hemodynamic measures and may be used to increase neuromuscular performance, control, maintenance and/or safety of biochemical and hemodynamic measures as a non-drug intervention for normotensive and recreationally trained subjects. The intermittent and continuous BFR are similar in their applicability in neuromuscular, biochemical and hemodynamic performance variables; however, the intermittent seems to be a more indicated option when it comes to hemodynamic and perceptive measures, since it promoted a lower percentage variation.

Keywords: kaatsu, vascular occlusion, resistance exercise, strength training.

RESUMEN

El ejercicio de fuerza (EF) combinado con la restricción de flujo sanguíneo (RFS) viene ganando notoriedad en la comunidad científica. Se han desarrollado diversas investigaciones para normalizar los procedimientos inherentes a este método de entrenamiento para minimizar los errores y aumentar la seguridad. Principalmente, intensidad, tamaño del punz y presión (continua o intermitente). El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto del EF con RFS continua e intermitente en el desempeño neuromuscular, alteraciones bioquímicas, hemodinámicas y perceptivas en hombres. Esta investigación se caracteriza como experimental, compuesta por dos fases: un abordaje agudo (crossover) y otra crónica con una duración de seis semanas, realizada dos veces por semana. En las dos fases, se utilizó una población de hombres y dos muestras distintas. En la primera (estudio agudo), N=10 militares recreacionalmente entrenados en EF, con rango de edad entre 18 a 21 años que fueron divididos aleatoriamente entre tres protocolos, y se procedió a las colectas de las medidas bioquímicas, hemodinámicas y perceptivas. En la segunda (estudio crónico), N=25 aparentemente sanos, con un rango de edad de 18 a 36 años, y experiencia en EF (tiempo de práctica ≥ 2 meses y ≤ 12 meses) cuyas medidas fueron un rendimiento neuromuscular, hemodinámicas y perceptivas. Se utilizaron las anovas de una forma, dos vías o dos vías de medidas repetidas seguida por la prueba post hoc de Bonferroni para los análisis de las posibles diferencias en las variables dependientes. El nivel de significancia adoptado fue $p < 0,05$ y se utilizó el delta porcentual para verificar los cambios entre las evaluaciones del estudio. En el estudio agudo se encontraron efectos hipotensivos en todos los tres protocolos ($p=0,001$) y no hubo diferencias significativas entre los protocolos de la RFS (continua e intermitente) en las medidas hemodinámicas, bioquímicas y perceptivas ($p=0,112$). En el estudio crónico, se observó que no hubo diferencias entre los protocolos de la RFS en las medidas de rendimiento neuromuscular, hemodinámicas y perceptivas ($p=0,081$); los cambios porcentuales en las variables hemodinámicas y perceptivas fueron menores en la RFS intermitente. Se concluye que las RFS, continua o intermitente, aumentan las medidas hemodinámicas inmediatamente después del ejercicio, pero con magnitudes mayores para la continua y, ambas, generan efectos agudos hipotensivos, hecho no observado en el estudio crónico. Las alteraciones promovidas por el EF de baja carga con RFS parecen no promover daño muscular e indican no alterar los marcadores de estrés oxidativo, generando alteraciones similares en las variables de desempeño neuromuscular (activación, hipertrofia, fuerza dinámica, fuerza isométrica y resistencia muscular). La intermitente puede promover una percepción de esfuerzo reducida y elevar menos las medidas hemodinámicas y puede ser utilizada para el aumento del desempeño neuromuscular, control, mantenimiento y / o seguridad de las medidas bioquímicas y hemodinámicas como una intervención no medicamentosa para sujetos iniciantes, normotensos y recreacionalmente entrenados. Las RFS intermitente y continua son similares en su aplicabilidad en las variables de rendimiento neuromuscular, bioquímicas, hemodinámicas, sin embargo, la intermitente parece ser una opción más indicada, cuando se trata de las medidas hemodinámicas y perceptivas, pues promovió menor variación porcentual.

Palabras clave: kaatsu, oclusión vascular, ejercicios de resistencia, entrenamiento de fuerza.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM	American College of Sports Medicine
AI	Alta Intensidade
AU	Ácido Úrico
BC	Baixa Carga
BC+RFSC	Baixa Carga + Restrição de Fluxo Sanguíneo Contínua
BC+RFSI	Baixa Carga + Restrição de Fluxo Sanguíneo Intermitente
BI	Baixa Intensidade
BI+RFSC	Baixa Intensidade + Restrição de Fluxo Sanguíneo Contínua
BI+RFSI	Baixa Intensidade + Restrição de Fluxo Sanguíneo Intermitente
CK	Creatina Quinase
DP	Duplo Produto
EF	Exercício de Força
ER	Exercício Resistido
FC	Frequência Cardíaca
FMD	Força Muscular Dinâmica
FMI	Força Muscular Isométrica
HM	Hipertrofia Muscular
ICC	Coeficiente de Correlação Intraclass
IMC	Índice de Massa Corporal
LDH	Lactato Desidrogenase
MC	Massa Corporal
MIN	Minuto
TF	Treinamento de Força
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PC	Proteína Carbonilada
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
RFS	Restrição de Fluxo Sanguíneo
RFSC	Restrição de Fluxo Sanguíneo Contínua

RFSI	Restrição de Fluxo Sanguíneo Intermitente
RML	Resistência Muscular Localizada
S	Segundo
TBARs	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
TE	Tamanho do Efeito
UMs	Unidades Motoras
1RM	Uma Repetição Máxima
VS	Versus
VT	Volume Total

SUMÁRIO

	Pág.
1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 O Problema.....	19
1.2 Hipóteses.....	22
1.3 Objetivos.....	23
1.3.1 Geral.....	23
1.3.2 Específicos.....	23
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	25
2.1 Treinamento de força tradicional e com restrição de fluxo sanguíneo: peculiaridades e eficácia.....	25
2.2 Treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente no desempenho neuromuscular, nas alterações bioquímicas, hemodinâmicas e perceptivas.....	29
2.2.1 Desempenho neuromuscular.....	29
2.2.2 Alterações bioquímicas.....	31
2.2.3 Alterações hemodinâmicas e perceptivas.....	32
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	39
3.1 Caracterização da pesquisa.....	39
3.2 População e amostra.....	39
3.3 Critérios de inclusão e exclusão.....	41
3.4 Identificação das variáveis.....	41
3.5 Ética da pesquisa.....	42
3.6 Desenho do estudo.....	43
3.7 Mensuração das variáveis do estudo.....	44
3.8 Medidas antropométricas.....	45

3.9 Determinação da restrição do fluxo sanguíneo.....	45
3.10 Procedimentos para análise sanguínea.....	46
3.11 Avaliação da pressão arterial.....	46
3.12 Avaliação da hipertrofia muscular.....	47
3.13 Força muscular isométrica.....	47
3.14 Avaliação da força muscular [(Teste de 1 Repetição Máxima (1RM))].	48
3.15 Avaliação da ativação muscular.....	48
3.16 Avaliação da resistência muscular localizada (RML).....	51
3.17 Percepção subjetiva de esforço.....	52
3.18 Protocolo experimental.....	52
3.19 Plano de análise dos dados.....	53
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	55
ARTIGO 1.....	57
ARTIGO 2.....	80
ARTIGO 3.....	99
ARTIGO 4.....	121
ARTIGO 5.....	144
ARTIGO 6.....	166
ARTIGO 7.....	191
ARTIGO 8.....	212
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	231
REFERÊNCIAS.....	233
APÊNDICES.....	247
APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)...	248
ANEXOS.....	250

ANEXO A: COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP).....	251
ANEXO B: QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PREVENTIVO PARA REALIZAR EXERCÍCIO FÍSICO (PAR-Q) TESTE.....	252
ANEXO C: PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE) OMNI-RES.....	253
ANEXO D: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 1.....	254
ANEXO E: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 2.....	262
ANEXO F: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 3.....	269
ANEXO G: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 4.....	285

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Problema

O treinamento de força (TF) também conhecido como “treinamento com cargas, resistido, com pesos” ou “musculação” começou a ser evidenciado em diretrizes internacionais no início dos anos 1990 (UMPIERRE; STEIN, 2007). Após as primeiras guidelines sugirem, observou-se que esta modalidade ganhou espaço em diferentes vertentes, uma vez que é de fundamental importância para melhorar e promover aumentos na aptidão física relacionada à saúde e no desempenho físico. O mesmo faz parte do contexto quando se trata da área do conhecimento saúde, desempenho e movimento humano, no que se refere à cineantropometria e suas dimensões, morfológica, metabólica e neuromuscular, sendo esta última, a que trata das peculiaridades e variações do TF. Assim, nos últimos anos, o TF passou a ser utilizado como objetivo da prevenção primária e secundária de diferentes cardiopatias e diversas enfermidades, atuando de forma positiva sobre fatores de risco cardiovasculares (BJARNASON-WEHRENS et al., 2004; BRAITH; STEWART, 2006; MORAES et al., 2005).

Quando o TF é prescrito e supervisionado de forma apropriada, observa-se que os resultados são efetivamente notados, devido melhorar o desempenho da força e hipertrofia muscular, capacidade funcional, bem-estar psicossocial, redução da massa gorda, restabelecimento de status físico, dentre outros. Além disso, pode atuar como estratégia para a reabilitação de muitas lesões, possibilitando o aumento da saúde geral, bem como na melhoria de diversas enfermidades, como o diabetes, a artrite, a hipertensão arterial e outros problemas cardíacos (AABERG, 2002). Assim, para que o programa de TF seja considerado seguro e eficaz é necessário realizar de forma apropriada a manipulação de diferentes variáveis, como a ordem dos exercícios, exercícios, séries, repetições, carga, duração, velocidade, intervalo, frequência de treinamento, que refletem na dimensão dos ganhos de força muscular (MARQUES et al., 2007), hipertrofia muscular (GENTIL et al., 2015), resistência muscular localizada (MARQUES et al., 2007; SIMÃO et al., 2012) e potência muscular (LAMAS et al., 2008).

Nessa perspectiva, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM) desenvolveu duas diretrizes específicas para o aprimoramento da prescrição do TF (ACSM, 2002; 2009). Essas apresentam a importância do TF de forma segura e

eficaz, demonstrando que o aumento da força e da hipertrofia muscular têm sido atribuídas como coadjuvantes para melhoria do desempenho neuromuscular, da qualidade de vida e da saúde. Porém, para que aumentos nessas valências físicas ocorram de forma potencial é recomendado que se utilizem cargas iguais ou superiores a 65% de 1RM (ACSM, 2002; 2009). Assim, esses altos percentuais de cargas podem não ser viáveis para as pessoas que estão em fase de recuperação de lesões osteoarticulares, idosos ou pessoas com algumas doenças crônicas, as quais podem ser incapazes de tolerar um estresse mecânico excessivo. Por este fato, diversos profissionais da saúde têm investigado uma possível alternativa que utilizem menor intensidade para tais indivíduos e os ganhos possa ser significativos.

Nesta perspectiva, uma alternativa de método de TF que atende tanto pessoas que têm aversão ao uso de cargas elevadas e progressivas, quanto às populações com limitações é a intervenção originária dos japoneses em 1966, denominada kaatsu training conhecido também como treinamento com oclusão vascular, treinamento em hipóxia e treinamento isquêmico. Entretanto, o termo restrição de fluxo sanguíneo (RFS) foi adotado por ser o mais adequado à técnica. O mesmo pode ser aplicado tanto de forma isolada (sem treinamento), quanto com exercícios de força (EF) ou aeróbicos (SATO, 2005). Sua principal característica é a utilização de manguitos ou elásticos com a combinação de percentuais de cargas baixas (20-30% de 1RM), o que permite estes ganhos sem causar um elevado estresse mecânico (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013).

Por este fato, o exercício de força ou resistido de baixa carga (20-30% de 1RM) combinado à RFS vem ganhando mais adeptos, pois atua como uma possível alternativa para exercícios de altas cargas ($\geq 65\%$ de 1RM). E, além disso, estudos têm apresentado que os resultados em força e hipertrofia muscular com o uso deste método de treinamento são tão efetivos quanto o treinamento em altas cargas ($\geq 80\%$ de 1RM) (LAURENTINO et al., 2012; TAKARADA et al., 2000b). Adicionalmente, essa técnica não precisa ser realizada até a falha concêntrica para obter os ganhos de força e hipertrofia muscular o que também vai contra o conceito de ter que realizar o treinamento com cargas baixas até a falha concêntrica para obter tais benefícios (SCHOENFELD et al., 2016).

Desde o surgimento do método, diversos estudos têm sido desenvolvidos com objetivo de padronizar os procedimentos para que tornem seguros e eficazes, como por exemplo, a intensidade da carga utilizada (SUGA et al., 2010), o tamanho

do cuff (ROSSOW et al., 2012), a pressão utilizada (SUMIDE et al., 2009) e a forma de aplicação da RFS (contínua ou intermitente). Em relação à aplicação da RFS, observou-se que apenas um estudo comparou a RFS contínua e intermitente na ativação muscular (YASUDA et al., 2013), um no estresse metabólico e no recrutamento de fibras rápidas (SUGA et al., 2012), um na hemodinâmica (BRANDNER; KIDGELL; WARMINGTON, 2015), e outro na força e hipertrofia muscular (FITSCHEN et al., 2014).

Embora a utilização da RFS contínua e intermitente tenha mostrado benéfica para a força e hipertrofia muscular de membros inferiores (FITSCHEN et al., 2014), ainda não é conhecido, qual seria a melhor estratégia para trabalhar com a RFS em uma sessão/programa de exercício para membros superiores. Além disso, como a RFS contínua possibilita um maior estresse metabólico quando comparado com a RFS intermitente (SUGA et al., 2012), verifica-se que isto faz a sensação de dor (FITSCHEN et al., 2014) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) (RODRIGUES NETO et al., 2017b) serem maiores durante as sessões de exercícios, fatores estes que possibilitam o aumento da hemodinâmica (RODRIGUES NETO et al., 2016c; RODRIGUES NETO et al., 2017b). Estes eventos podem influenciar diretamente na aderência ao treinamento dos praticantes deste método de treinamento.

Adicionalmente, ainda se faz necessário entender os estímulos no desempenho neuromuscular, nas alterações bioquímicas, na hemodinâmica e na percepção subjetiva de esforço (PSE) para verificar o grau de mudança e observar qual seria tipo de pressão de treinamento utilizada na técnica da RFS, contínua ou intermitente, que apresente mais eficácia e segurança, em uma sessão/programa de EF. A RFS contínua é caracterizada pela manutenção da pressão durante todo o exercício (sem liberar entre as séries), já a intermitente ocorre à liberação da pressão entre as séries. Nesse contexto, realizar estudos com objetivo de comparar os efeitos entre as formas de aplicação da RFS em populações saudáveis, homens, mulheres, entre outros, permite que as informações obtidas sirvam de parâmetro para a utilização de intervenções desta natureza em pessoas em situações especiais e/ou com limitações musculoesqueléticas.

Assim, ao observar a literatura pertinente, verificou-se que alguns estudos avaliaram o efeito agudo desta técnica sobre o estresse oxidativo (CLARK et al., 2011; GARTEN et al., 2015; GOLDFARB et al., 2008; TAKARADA et al., 2000a), o dano muscular por meio de escalas (THIEBAUD et al., 2014; THIEBAUD et al.,

2013), os marcadores bioquímicos de dano muscular (CLARK et al., 2011; KARABULUT et al., 2013; MADARAME et al., 2013; TAKARADA et al., 2000a), a pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD), a pressão arterial média (PAM), a frequência cardíaca (FC), o duplo produto (DP) (KACIN; STRAZAR, 2011; RODRIGUES NETO et al., 2015; RODRIGUES NETO et al., 2016a; ROSSOW et al., 2011; TAKANO et al., 2005; VIEIRA et al., 2013) e a PSE (KUMAGAI et al., 2012; LOENNEKE et al., 2013; MENDONCA et al., 2013; THIEBAUD et al., 2013; WERNBOM et al., 2009). Já no efeito crônico, alguns estudos avaliaram o efeito desta técnica sobre ativação muscular (COUNTS et al., 2016; LOENNEKE et al., 2015; SOUSA et al., 2017; YASUDA et al., 2013), a força (LAURENTINO et al., 2012; SILVA et al., 2015; SOUSA et al., 2017; VECHIN et al., 2015) e a resistência muscular localizada (GIL et al., 2017; KACIN; STRAZAR, 2011; SOUSA et al., 2017).

Posto isto, verificou-se a existência de lacunas do conhecimento no que diz respeito ao efeito de uma sessão e/ou um programa de exercício de força (EF) para membros superiores com a RFS contínua e intermitente sobre a ativação muscular, força muscular, hipertrofia muscular e resistência muscular localizada, marcadores bioquímicos de dano muscular e de estresse oxidativo, a PAS, PAD, PAM, FC, DP e PSE. Diante do exposto, a presente tese tem a seguinte questão problema: será que o EF, combinado à RFS contínua ou intermitente, promove alterações no desempenho neuromuscular, alterações bioquímicas, hemodinâmicas e perceptivas?

1.2 Hipóteses

As hipóteses estatísticas foram enunciadas na forma nula (H_0) e experimental (H_E), considerando, assim, o nível de $p < 0,05$, como critério de aceitação ou rejeição.

H_0 : Não há diferenças significativas no desempenho neuromuscular, alterações bioquímicas e hemodinâmicas entre os protocolos/grupos com a RFS contínua e intermitente.

H_E : Há diferenças significativas no desempenho neuromuscular, alterações bioquímicas e hemodinâmicas entre os protocolos/grupos com a RFS contínua e intermitente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar o efeito do EF com RFS contínua e intermitente no desempenho neuromuscular, alterações bioquímicas, hemodinâmicas e perceptivas em homens.

1.3.2 Específicos

Em virtude de a tese ter sido desenvolvida no modelo de artigos, optou-se por colocar os objetivos específicos referentes aos oito estudos realizados.

Estudo 1

Sistematizar as evidências científicas disponíveis sobre as alterações (agudas ou crônicas) promovidas pelo EF de BC combinado com a RFS na PAS, PAD, PAM, FC, DP em indivíduos jovens.

Estudo 2

Comparar os efeitos agudos do EF de BC com RFS contínua e intermitente na PAS, PAD e PAM em homens militares.

Estudo 3

Comparar o efeito agudo de uma sessão de EF para membros superiores com RFS contínua e intermitente no lactato, FC, DP e PSE em homens militares.

Estudo 4

Comparar o efeito de uma sessão do EF de BC com RFS contínua e intermitente na creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), proteína carbonilada (PC), Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARs) e ácido úrico (AU) em homens militares.

Estudo 5

Comparar o efeito do treinamento de força (TF) com RFS contínua ou intermitente na hipertrofia muscular (HM), força muscular dinâmica (FMD), força muscular isométrica (FMI) e resistência muscular localizada (RML) de homens saudáveis.

Estudo 6

Analisar o efeito agudo e crônico do TF com RFS contínua ou intermitente na PAS, PAD, PAM, FC, DP e PSE em homens.

Estudo 7

Analisar o efeito crônico do TF com RFS contínua ou intermitente na ativação muscular em homens.

Estudo 8

Comparar o pulso auscultatório da RFS entre as posições, sexo, membros e segmentos corporais em jovens saudáveis.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Treinamento de força tradicional e com restrição de fluxo sanguíneo: peculiaridades e eficácia

A força muscular é uma das capacidades físicas relacionada a saúde, que se manifesta tanto por fatores estruturais, hormonais ou até mesmo psicológicos (BADILLO; AYESTARAN, 2004), sendo caracterizada pela capacidade do sistema nervoso ativar os músculos envolvidos em movimentos específicos. Ela pode ser mensurada durante uma contração muscular isotônica, isocinética ou isométrica, podendo ocorrer de forma manual por meio de um dispositivo como o dinamômetro de força muscular (DECS, 2017; MESH, 2017). O processo de contração muscular ocorre por meio de um mecanismo de deslizamento de miofilamentos em que as pontes cruzadas da actina se aproximam do centro do sarcômero deslizando entre os sítios ativos de miosina (DECS, 2017; FERREIRA, 2005; MESH, 2017).

Esse mecanismo da contração pode ser acelerado conforme for o estímulo dado a fibra muscular. No treinamento tradicional de força existem diversos métodos ou sistemas (por exemplo: bi-set, tri-set, drop-set, super série I e II, pré-exaustão, pirâmide, repetição forçada, entre outros) de treinamento que são utilizados por profissionais, praticantes de musculação e atletas com objetivo de potencializar a excitação da miofibrila. Esses métodos manipulam as variáveis de treinamento de diferentes formas, permitindo estímulos mecânicos e metabólicos (GENTIL et al., 2006) que geram aumento da força e hipertrofia muscular, redução da composição corporal e melhoria na reabilitação de indivíduos lesionados (ACSM, 2009).

Nesta perspectiva, a progressão de carga no treinamento tradicional com alta carga é caracterizado pelo desenvolvido de exercícios com cargas superiores a 65% de 1RM, de 2 a 4 séries por exercício, com 60 a 120 segundos de intervalo de recuperação entre séries de 8 a 12 repetições (ACSM, 2009). Outro método que vem ganhando notoriedade é KAATSU training ou RFS, que é caracterizado por utilizar cargas baixas (20 a 30% de 1RM), 2 a 4 séries por exercício, com 30 a 60 segundos de intervalo de recuperação entre as séries de 15 a 30 repetições ou até a falha. Porém apresenta uma peculiaridade de ser realizado pela aplicação de de

bandas elásticas ou esfigmomanômetros padrões (SATO, 2005). O mesmo tem sido utilizado para aumentar a força muscular dinâmica (LAURENTINO et al., 2012; SILVA et al., 2015; SOUSA et al., 2017; VECHIN et al., 2015), a hipertrofia muscular (LAURENTINO et al., 2012; VECHIN et al., 2015), força muscular isométrica (CHAVES et al., 2016), a resistência muscular localizada (GIL et al., 2017; KACIN; STRAZAR, 2011; SOUSA et al., 2017), capacidade funcional (ARAÚJO et al., 2015) e tem se mostrado seguro em relação à hemodinâmica (ARAÚJO et al., 2014; BAZGIR et al., 2016; FAHS et al., 2011; RODRIGUES NETO et al., 2015; RODRIGUES NETO et al., 2016a; RODRIGUES NETO et al., 2016b; RODRIGUES NETO et al., 2016c; RODRIGUES NETO et al., 2017b; TAKANO et al., 2005; VIEIRA et al., 2013; VILAÇA-ALVES et al., 2016), porém, parece não alterar a composição corporal (ARAÚJO et al., 2015).

Entretanto, os estudos vêm mostrando que o uso desta estratégia com a utilização de altas cargas, parece não apresentar eficácia no aumento força e hipertrofia muscular (LAURENTINO et al., 2008) e no desempenho agudo da força muscular isométrica imediatamente após o exercício (RODRIGUES NETO et al., 2014). Este método foi fundamentado na proposição de que alterações na ativação muscular (MORITANI et al., 1992), nas concentrações de metabólitos (GOTO et al., 2005) originaria um maior desempenho neuromuscular por se aproximarem das condições anaeróbicas máximas. A condição de isquemia solicita um maior recrutamento de fibras musculares do tipo II (brancas) associados à rápida fadiga das fibras do tipo I (lentas) (MANINI; CLARK, 2009; POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013). Isto pode ser explicado pelo acúmulo de metabólitos e pelas alterações no pH do ambiente intramuscular induzido pela condição da isquemia, o que estimula a maior participação dos metaborreceptores intramusculares. E, atua estimulando os aferentes tipos III e IV causando a inibição do motoneurônio alfa, limitando o recrutamento de unidades motoras (UMs) compostas por fibras do tipo I, consequentemente, recrutando mais UMs compostas por fibras do tipo II (LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2010; MANINI; CLARK, 2009), para manter a contração durante o esforço. Desta forma, mais UMs seriam recrutadas para compensar o déficit de força ao longo do esforço devido à fadiga. Para melhorar o entendimento desses aspectos fisiológicos, abaixo, foi apresentado um fluxograma de forma didática para explicar como ocorrem os potenciais estímulos ocasionados pelo TF com a RFS, Figura 1.

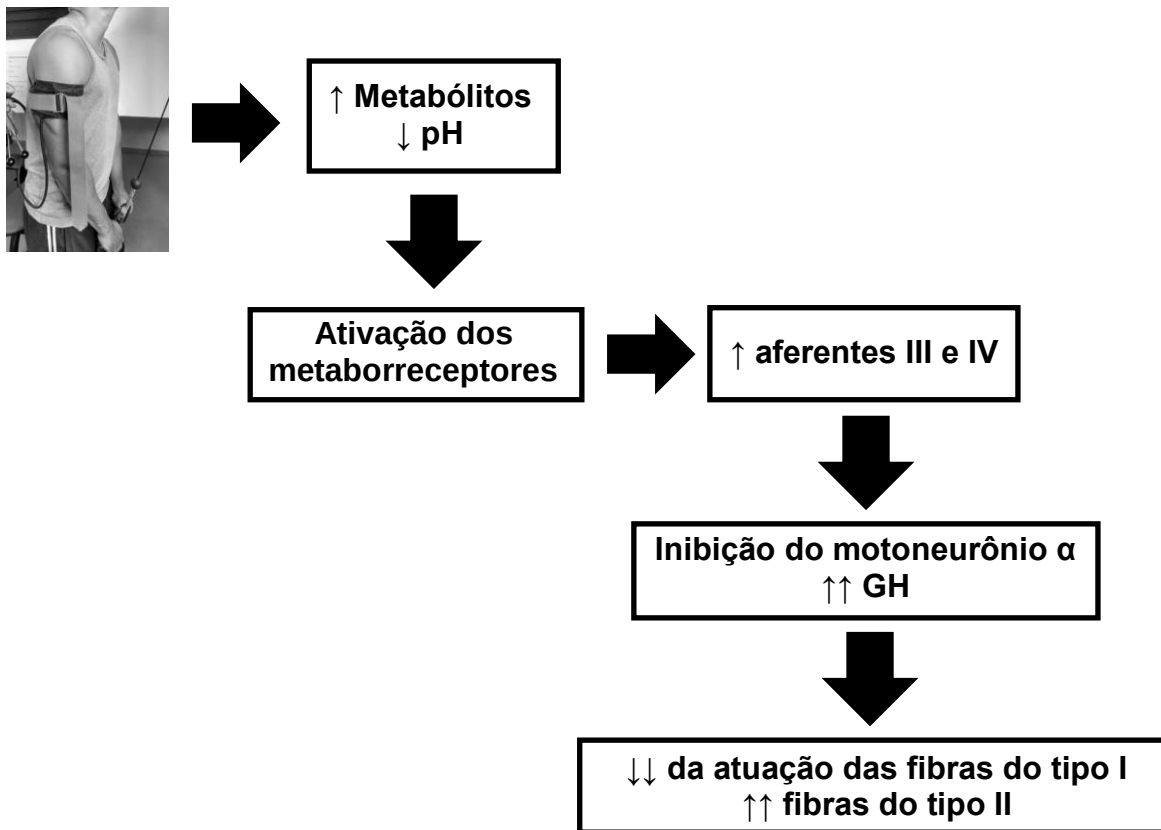


Figura 1. Fluxograma das respostas fisiológicas do treinamento de força combinado à restrição de fluxo sanguíneo

Nesta direção, pesquisas têm mostrado que os ganhos em força e hipertrofia muscular com o uso desta técnica são tão efetivos quanto o treinamento em altas cargas ($\geq 80\%$ de 1RM) (LAURENTINO et al., 2012; TAKARADA et al., 2000b). O que possibilita ser utilizado em diferentes populações especiais com maior segurança e eficácia, pois reduz o impacto nas articulações (SCOTT et al., 2015). Características mecânicas e fisiológicas entre o treinamento tradicional e com RFS, são demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação entre o treinamento tradicional e com restrição de fluxo sanguíneo na hipertrofia muscular

	TT	TRFS
Tensão mecânica	Alta	Baixa
Estresse metabólico	Baixo	Alto
Recrutamento de fibras musculares	Alto	Alto
Mecanotransdução	Alto	Baixo
Dano muscular	Alto	Baixo
Hormônios localizados e sistêmicos	Alto	Alto
Inchaço celular	Baixo	Alto
Espécies reativas de oxigênio	Alto	↔
Espécies reativas de nitrogênio	Alto	Alto
Proteínas de choque térmico	Alto	Alto
Ações autócrinas e parácrinas	Alto	Alto

TT = treinamento tradicional, TRFS = treinamento com restrição de fluxo sanguíneo,

↔ = Nenhum efeito

Fonte: Tabela adaptada com base na ilustração posposta por Pearson e Hussain (2015)

Portanto, o TF com RFS parece ser uma opção para o aumento de diversas valências físicas mesmo com o uso de cargas baixas. Não obstante, esta intervenção precisa ser mais estudada, se for considerado que existem variações na sua aplicação e uma delas está na pressão de treinamento realizada durante o exercício. Estas podem ser contínua, quando há manutenção da pressão entre as séries, ou intermitente quando há liberação da pressão. Atualmente, poucos estudos, apresentaram o efeito do EF combinado com as formas da RFS na ativação muscular (YASUDA et al., 2013), hemodinâmica (BRANDNER; KIDGELL; WARMINGTON, 2015), força e hipertrofia muscular (FITSCHEN et al., 2014) e no

estresse metabólico e no recrutamento de fibras rápidas (SUGA et al., 2012). Embora a utilização da RFS contínua e intermitente tenha mostrado benéfica para a força e hipertrofia de membros inferiores (FITSCHEN et al., 2014), ainda não é conhecido, qual seria a melhor estratégia para trabalhar com a RFS em uma sessão de exercício para membros superiores. Assim, é importante compreender os estímulos da RFS para verificar o grau de alteração e observar qual seria o método mais seguro de BFR (contínua vs. intermitente).

2.2 Treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente no desempenho neuromuscular, nas alterações bioquímicas, hemodinâmicas e perceptivas

2.2.1 Desempenho neuromuscular

Historicamente, este método de intervenção foi utilizado para evitar a atrofia muscular e, posteriormente, aumentar a força e hipertrofia muscular (SATO, 2005). Ao revisar a literatura pertinente sobre as formas da RFS (contínua e intermitente) em relação às adaptações neuromusculares de HM e FMD, observou-se que apenas um estudo analisou o efeito de cinco semanas do TF com RFS contínua e intermitente sobre a HM e FMD (FITSCHEN et al., 2014). Os autores não encontraram diferenças significativas na HM e FMD entre as formas de RFS. Estes resultados podem ter ocorrido devido observar que não existem diferenças significativas da forma aguda no lactato (RODRIGUES NETO et al., 2017b), na ativação muscular (YASUDA et al., 2013) e no dano muscular e estresse oxidativo (RODRIGUES NETO et al., 2017a) entre a RFS contínua e intermitente, fatores que interferem diretamente no processo das adaptações neuromusculares. E nesse contexto, as alterações metabólicas e o recrutamento de unidades motoras são um dos principais fatores para o aumento da HM (LOENNEKE et al., 2012b; PEARSON; HUSSAIN, 2015; POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013) e da FMD (LOENNEKE et al., 2012b; POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013).

Embora nenhum estudo tenha comparado a RFS contínua e intermitente sobre a RML, observou-se que alguns estudos avaliaram o efeito do EF com a RFS contínua isolada (KACIN; STRAZAR, 2011; SOUSA et al., 2017; TAKARADA; SATO; ISHII, 2002) ou intermitente isolada (GIL et al., 2017). Os resultados destes estudos sugerem que a melhoria da RML após aplicação do TF com a RFS ocorre independente da forma da restrição (contínua ou intermitente), da forma de execução (unilateral vs. bilateral e uni vs. multiarticular), do percentual de carga (20 a 50% de 1RM), da duração do treinamento (4 a 8 semanas) e do volume de treinamento, sendo que isto pode ocorrer tanto em homens quanto em mulheres aparentemente saudáveis e atletas. Este aumento na RML parece está associado à condição de hipóxia intramuscular promovida pela RFS, pois este mecanismo pode estimular aumentos na capilarização devido aumento no fator de crescimento vascular endotelial (VEGF) e melhorar o desempenho da RML (LARKIN et al., 2012).

Já em relação às adaptações neuromusculares de FMI mensuradas por meio de dinamômetros manual e escapular após um TF com RFS intermitente, verificou-se que apenas um estudo teve esse objetivo (CHAVES et al., 2016). Estes autores realizaram um programa de TF com mulheres acompanhando as fases do ciclo menstrual durante quatro semanas com flexão bilateral de cotovelo e analisaram a FMI manual e escapular antes e após o final das oito sessões. Os autores não encontraram aumento significativo no final das oito sessões, apenas encontram aumentos significativos na avaliação intermediária (fase ovulatória do ciclo menstrual) no teste de dinamometria da mão direita e escapular, que deve ter sofrido alterações hormonais proveniente das fases do ciclo menstrual das mulheres.

Dentre todos os estudos que compararam a forma da RFS, apenas um comparou as formas da RFS sobre a ativação muscular (YASUDA et al., 2013), porém, foi analisado de forma aguda. Estes autores observaram que não existiram diferenças na ativação muscular entre as formas de RFS após a realização de apenas um exercício de flexão unilateral de cotovelo. Nessa direção, como existe uma preocupação na aplicação desse método de treinamento, observa-se que a RFS contínua promove maior sensação de dor (FITSCHEN et al., 2014) quando comparado com a RFS intermitente. Esta característica pode influenciar na aderência ao treinamento de seus praticantes, em destaque pessoas com necessidades especiais.

2.2.2 Alterações bioquímicas

Ao verificar a literatura inerente ao assunto, verificou-se que nenhum estudo comparou a RFS contínua e intermitente sobre o dano muscular. Observou-se que alguns estudos avaliaram o efeito do EF com a RFS contínua isolada (CLARK et al., 2011; KARABULUT et al., 2013; LOENNEKE et al., 2013; MADARAME et al., 2013; TAKARADA et al., 2000a; THIEBAUD et al., 2014; THIEBAUD et al., 2013; UMBEL et al., 2009; WERNBOM et al., 2012; WILSON et al., 2013). Porém, apenas quatro analisaram os marcadores bioquímicos (CLARK et al., 2011; KARABULUT et al., 2013; MADARAME et al., 2013; TAKARADA et al., 2000a), os outros artigos verificaram o dano muscular por meio de escalas de percepção de dor. E após uma análise, verificou-se que a avaliação do dano muscular, seja por meio da bioquímica ou por meio de escalas, observa-se que o dano muscular parece não ocorrer após a utilização da RFS, seja ela contínua ou intermitente. E isto ocorre independente da forma de execução (unilateral vs. bilateral e uniarticular vs. multiarticular) e a quantidade de exercício (um exercício vs. uma sessão). Isto pode ser explicado, devido os protocolos de exercícios de baixa carga combinado com a RFS não apresentar estresse mecânico (PEARSON; HUSSAIN, 2015), bem como não elevar os marcadores de estresse oxidativo (GARTEN et al., 2015; GOLDFARB et al., 2008).

E, embora, os protocolos da RFS sejam realizados com cargas baixas, a intensidade é considerada elevada, o que possibilita o aumento no acúmulo de metabólitos (por exemplo: lactato) e aumento hormonal, sem gerar estresse mecânico, e isto pode explicar há não ocorrência de dano muscular (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013). Assim, como o método da RFS não mostra aumento na produção de radicais livres (estresse oxidativo), especula-se que também não possa haver alterações nas membranas celulares e, portanto, não gerar uma lesão acompanhada por um processo inflamatório ao nível das fibras musculares (CÓRDOVA; NAVAS, 2000). Assim, como um maior estresse metabólico parece ocorrer com RFS contínua e o exercício de alta intensidade quando comparado com a RFS intermitente (SUGA et al., 2012), especula-se que o estresse oxidativo também pode ser aumentado ainda mais nesses protocolos. Além disso, observa-se que o exercício intenso e contínuo é acompanhado pela produção de

radicais livres que causam alterações nas membranas celulares. Isso leva à lesão das fibras musculares, acompanhada de um processo inflamatório, o que leva a uma redução da função muscular, liberação de enzimas musculares, alterações histológicas evidentes e dor muscular (KUIPERS, 1994; NOSAKA; CLARKSON, 1995).

Nesse sentido, a incidência de lesão muscular e estresse oxidativo são elementos importantes para a prescrição de um método de treinamento. Outros estudos avaliaram o efeito do EF de BC com a RFS contínua sobre os marcadores bioquímicos de dano muscular (CLARK et al., 2011; KARABULUT et al., 2013; MADARAME et al., 2013; TAKARADA et al., 2000a) e de estresse oxidativo (GARTEN et al., 2015; GOLDFARB et al., 2008). Entretanto, não foram encontrados estudos que avaliassem o efeito do EF de BC com a RFS intermitente sobre os marcadores bioquímicos de dano muscular e estresse oxidativo. Adicionalmente, observou-se que nenhum estudo comparou o efeito agudo entre uma sessão de EF para membros superiores de BC combinada a RFS contínua ou intermitente sobre os marcadores de dano muscular (CK, LDH) e estresse oxidativo (PC, TBARs e AU).

Outros estudos avaliaram o efeito do EF com a RFS contínua sobre o lactato (FUJITA et al., 2007; LOENNEKE et al., 2010; LOENNEKE et al., 2012a; PIERCE et al., 2006; POTION; POLITO, 2016; REEVES et al., 2006; TAKANO et al., 2005; TAKARADA et al., 2000a; VIEIRA et al., 2015); entretanto, observou-se que nenhum estudo avaliou o efeito agudo de uma sessão do EF de BC para membros superiores com a RFS contínua e intermitente sobre o lactato.

2.2.3 Alterações hemodinâmicas e perceptivas

Ao revisar a literatura pertinente, observou-se que alguns estudos avaliaram se haveria efeito hipotensivo (PAS, PAD e/ou PAM) após aplicação do EF de BC com a RFS contínua (ARAÚJO et al., 2014; FAHS et al., 2011; MAIOR et al., 2015) e intermitente (RODRIGUES NETO et al., 2015; ROSSOW et al., 2011) isoladamente. Destes estudos, apenas três encontraram respostas hipotensivas (ARAÚJO et al., 2014; MAIOR et al., 2015; RODRIGUES NETO et al., 2015). Entretanto, apenas o estudo do Brandner, Kidgell e Warmington (2015) comparou o efeito agudo do EF de

BC com a RFS contínua e intermitente sobre a PAS, PAD, PAM, FC e DP. O exercício utilizado foi flexão de cotovelo realizado de forma unilateral. Este estudo não encontrou efeito hipotensivo pós-exercício, porém encontrou que a RFS intermitente aumentou a PAS, PAD, PAM e FC quando comparado com a RFS contínua, sem diferenças no DP. Esses achados podem ser atribuídos a uma limitação importante desse estudo, que utilizou diferentes pressões nos protocolos da RFS.

Outros estudos avaliaram o efeito do EF com a RFS contínua sobre a FC (LOENNEKE et al., 2010; LOENNEKE et al., 2012a; POTON; POLITO, 2016; TAKANO et al., 2005; VIEIRA et al., 2013), o DP (POTON; POLITO, 2016; VIEIRA et al., 2013) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) (LOENNEKE et al., 2011; LOENNEKE et al., 2010; POTON; POLITO, 2016; VIEIRA et al., 2015), bem como o efeito da RFS intermitente sobre a FC (FIGUEROA; VICIL, 2011; KACIN; STRAZAR, 2011; RODRIGUES NETO et al., 2016a; ROSSOW et al., 2011) e o DP (RODRIGUES NETO et al., 2016a). Entretanto, observou-se que nenhum estudo avaliou o efeito agudo de uma sessão do EF de BC para membros superiores com a RFS contínua e intermitente sobre as medidas hemodinâmicas e perceptivas. Adicionalmente, um estudo verificou o efeito agudo do EF (um exercício) de BC para membros superiores com a RFS contínua e intermitente sobre a PSE (YASUDA et al., 2013). Este estudo encontrou que a RFS intermitente possibilita uma menor PSE quando comparado com a RFS contínua.

Em suma, a literatura apresenta que os protocolos que utilizaram a RFS contínua, após uma sessão de EF de BC, parecem elevar a FC, PA e o DP quando comparado com os protocolos de BC sem RFS, embora pareçam existir aumentos significativos na PA entre os protocolos de altas cargas quando comparados aos protocolos de BC. Além disso, alterações hemodinâmicas (FC, PAS, PAD, PAM, DP) promovidas pelo EF de BC com RFS não parecem diferir entre idades e segmentos corporais (superior ou inferior), porém parecem ser influenciadas pela largura do manguito.

Analisando os achados existentes na literatura, observa-se que a RFS intermitente pode se tornar uma excelente opção para quem trabalha com este método de treinamento. Uma vez que as adaptações neuromusculares de ativação muscular (YASUDA et al., 2013), FMD e HM (FITSCHEN et al., 2014), hemodinâmicas (FC e DP) (RODRIGUES NETO et al., 2017b) e estresse metabólico

(RODRIGUES NETO et al., 2017b; SUGA et al., 2012) são similares entre a RFS contínua e intermitente. Verifica-se que a RFS intermitente apresenta uma menor PSE (RODRIGUES NETO et al., 2017b; YASUDA et al., 2013) e menor sensação de dor (FITSCHEN et al., 2014) o que pode possibilitar uma maior adesão dos praticantes do método.

Adicionalmente, foi realizada uma revisão sistemática com objetivo de verificar o efeito agudo do EF combinado a RFS sobre as medidas hemodinâmicas, conforme observado na Tabela 2. Esta veio do primeiro artigo da tese que foi publicado online na revista *Clinical Physiology and Functional Imaging*.

Tabela 2. Síntese dos resultados dos estudos que avaliaram o efeito agudo do exercício resistido combinado com restrição do fluxo sanguíneo sobre a pressão arterial (sistólica, diastólica e média), FC e DP.

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Takano et al. (2005)	11 homens	FC, PAS, PAD e PAM	EJ	Bilateral	-	20% 1RM 20% 1RM	RFS=4 BI=4	30x15x15x15 30x15x15x15	20 s 20 s	PASx1,3	Sim	3,3	BI+RFS ↑ a FC, PAS, PAD e PAM
Hollader et al. (2010)	07 homens	FC	FB EP	Unilateral	1 rept/s	30%1RM 70% 1RM	RFS=3 AI=3	Exaustão Exaustão	60 s 60 s	< 20 e > 20 da PAS	Sim	-	Sem diferenças significativas entre BI+RFS vs. AI
Loenneke et al. (2010a)	12 homens e mulheres	FC	EJ	Bilateral	1s con 1s exc	30% 1RM 30% 1RM	RFS=4 BI=4	30x15x15x15 30x15x15x15	150 s 150 s	Elásticos	Sim	7,6	BI+RFS ↑ a FC
Fahs et al. (2011)	11 homens	FC, PAS, PAD e PAM	LP, EJ, FJ, FP	-	-	20%1RM 20%1RM 70% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=3	30x15x15x15 30x15x15x15 10x10x10	30 s 30 s 60 s	120-200	Sim	5,0	AI ↑ FC superior a BI+RFS e BI, porém reduzia a PAS, PAD e PAM quando comparado ao BI+RFS e BI
Figueroa et al. (2011)	11 homens e 12 mulheres	FC, PAS, PAD e PAM	EJ FJ	Bilateral	2s con 3s exc	40% 1RM 40% 1RM	RFS=3 BI=3	Exaustão Exaustão	60 s 60 s	100	Não	-	Sem diferenças significativas
Kacin e Strazar (2011)	10 homens	FC, PAS, PAD e PAM	EJ	Unilateral	1s con 1s exc	15% CVM 15% CVM	RFS=4 BI=4	Exaustão e Submáximas	120 s	≥ 230	Não	13,0	BI sem RFS ↑ FC, PAS, PAD e PAM
Rossow et al. (2011)	10 homens	FC, PAS, PAD e PAM	LP, EJ, FJ, FP	-	-	20% 1RM 20% 1RM 70% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=3	30x15x15x15 30x15x15x15 10x10x10	30 s 30 s 60 s	200	Não	5,0	AI ↑ FC até o 60 min e ↓ PAS e PAM no 60 min

Continuação da Tabela 1

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Fahs et al. (2012)	46 homens	FC, PAS, PAD e PAM	PF, DO, FB, EB, EJ, FJ	-	-	Parte superior do corpo 50% 1RM para todos os grupos Parte inferior 20% 1RM 45% 1RM 70% 1RM	RFS=3 MI=3 AI=3	Parte superior foi 10 repetições para todos os grupos Parte inferior 30x15x15x15 10x10x10 15x15x15	60 s 60 s 60 s	160-200	Sim	5,0	Sem diferenças significativas na FC, PAS, PAD e PAM entre os grupos após seis semanas de treinamento
Rossow et al. (2012)	27 homens e mulheres	FC, PAS e PAD	EJ	-	-	20% 1RM	RFS=4	30x15x15x15	30 s 60 s	PASx1,3	Sim	5,0 vs. 13,5	Esfigmomanômetro 13,5 cm ↑ a FC, PAS e a PAD
Loenneke et al. (2012)	08 homens e 05 mulheres	FC	EJ	Bilateral	1s con 1s exc	30% 1RM 30% 1RM	RFS=1 BI=1	Exaustão Exaustão	-	Elásticos	Sim	7,6	Sem diferenças significativas
Ozaki et al. (2013)	19 homens	FC, PAS e PAD	SR	-	-	30% 1RM 75% 1RM	RFS=3 AI=3	30x15x15x15 10x10x10	30 s 120-180 s	100-160	-	3,0	Sem diferenças significativas na FC, PAS e PAD entre os grupos após seis semanas de treinamento
Vieira et al. (2013)	15 jovens e 12 Idosos Homens	FC, PAS, PAD, PAM e DP	FB	Unilateral	2s con 2s exc	30% 1RM 30% 1RM	RFS=1 BI=1	3 min 3 min	-	120	Sim	-	BI+RFS ↑ FC, PAS, PAD e PAM. Sem diferenças entre as idades

Continuação da Tabela 1

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Araújo et al. (2014)	14 mulheres	FC, PAS, PAD	EJ	Bilateral	-	30% 1RM 50% 1RM	RFS=3 MI=3	15x15x15 15x15x15	45 s 60 s	-	-	18,0	BI+RFS ↑ a PAS imediatamente após o exercício quando comparado com MI, porém ↓ PAS
Okuno et al. (2014)	09 homens	FC	LP	Unilateral	-	40% 1RM 40% 1RM 80% 1RM	RFS=5 BI=5 AI=5	16x16x16x16 + exaustão 16x16x16x16 + exaustão 8x8x8x8 + exaustão	60 s 60 s 60 s	100	Sim	14,0	AI ↑ FC
Poton e Potilo (2014)	10 homens 7 mulheres	FC, PAS e PAD	FB	Unilateral	-	20% 1RM 20% 1RM	RFS=3 BI=3	15x15x15 15x15x15	45 s 45 s	200	Sim	14,5	BI+RFS ↑ a FC, PAS, e PAD na terceira série quando comparado ao protocolo de BI
Brandner et al. (2015)	12 homens	FC, PAS, PAD, PAM e DP	FB	Unilateral	2s con 2s exc	20% 1RM 20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=4 RFS=4 BI=4 AI=4	30x15x15x15 30x15x15x15 30x15x15x15 6-8x6-8x6-8x6-8	30 s 30 s 30 s 150 s	80% (91) e 130% (151) da PAS de repouso	Sim e Não	10,5 e 8,0	Os quatro protocolos ↑ a FC, PAS, PAD, PAM e DP imediatamente pós- exercício
Maior et al. (2015)	15 homens	PAS, PAD e PAM	FB	Bilateral	Não	40% 1RM 80% 1RM	RFS=3 AI=3	Exaustão Exaustão	60 s 120 s	109,4	Sim	14,0	BI+RFS ↓ PAS, PAD e PAM

Continuação da Tabela 1

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Poton e Polito (2015)	11 homens 6 mulheres	FC, PAS e PAD	LP	Bilateral	-	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=3 BI=3 AI=3	15x15x15 15x15x15 8x8x8	45 s 45 s 60 s	144,2	Sim	18,0	AI ↑ a FC, PAS, e PAD quando comparado ao protocolo de BI+RFS
Rodrigues Neto et al. (2015)	24 homens	PAS, PAD e PAM	FB, EB, EJ e FJ	Bilateral	2s con 2s exc	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=4 CONT = sem exercício	30x15x15x15 30x15x15x15 8x8x8x8	30s 30s 120 s	braço=93 perna=108	Não	braço= 6,0 perna= 10,0	BI+RFS, AI e BI ↓ PAS, BI+RFS ↓ PAD, e AI e BI+RFS ↓ PAM
Poton e Polito (2016)	12 homens	FC, PAS, PAD e DP	EJ	Unilateral	-	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=3 BI=3 AI=3	15x15x15 15x15x15 8x8x8	45 s 45 s 60 s	167,9	Sim	18,0	AI ↑ a FC, PAS e DP imediatamente pós-exercício na segunda série
Rodrigues Neto et al. (2016a)	24 homens	FC e DP	FB, EB, EJ e FJ	Bilateral	2s con 2s exc	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=4	30x15x15x15 30x15x15x15 8x8x8x8	30 s 30 s 120 s	braço=93 perna=108	Não	braço= 6.0 perna= 10.0	BI+RFS, AI e BI ↑ imediatamente pós- exercício a FC e DP

RFS = restrição de fluxo sanguíneo; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; FC = frequência cardíaca; DP = duplo produto; EX = exercício; FE = Forma de execução; VE = velocidade de execução; Con = fase concêntrica; Exc = fase excêntrica; CONT = Controle; PADE = pressão aplicada durante o exercício; LM = largura do manguito; - = Não informado; ↑ = aumento significativo; FB = flexão de braço; EB = extensão de braço; EJ = extensão de joelho; FJ = flexão de joelho; LP = leg press; FP = flexão plantar; EP = extensão de panturrilha; PF = puxada frente; DO = Desenvolvimento ombro sentado; SR = supino reto; SCVM = contração voluntária máxima; BI+RFS = baixa intensidade mais a restrição do fluxo sanguíneo; BI = baixa intensidade; AI = alta intensidade, MI = moderada intensidade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Caracterização da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa experimental, composta por duas fases: uma abordagem aguda (crossover) e outra crônica com duração de seis semanas que originou três artigos. Este modelo de pesquisa consiste na aplicação de experimentos com grupos amostrais formados aleatoriamente, que são realizados com o intuito de ter controle sobre as ações dos possíveis fatores intervenientes e investigar graus de variações decorrentes de intervenções específicas nas variáveis dependentes (SOUSA; DRIESSNACK; MENDES, 2007). Além disso, foi desenvolvido um artigo de revisão sistemática (artigo 1) e outro com uma abordagem transversal (artigo 8), porém, optou-se por apresentar os procedimentos metodológicos, dos dois artigos, apenas na sessão de resultados.

3.2 População e amostra

A pesquisa utilizou uma população de homens e duas amostras distintas, em duas etapas, sendo polietápica: uma aguda e uma crônica. No estudo agudo, com desenho crossover, utilizou-se N=10 homens militares ($19,30 \pm 0,82$ anos; $78,80 \pm 10,89$ kg; $174,60 \pm 5,48$ m; $25,79 \pm 2,75$ m².kg⁻¹; PAS = $123,83 \pm 9,70$ mm Hg; PAD = $79,8 \pm 8,35$ mm Hg), recreacionalmente treinado em EF, com faixa etária entre 18 a 21 anos que foram divididos randomicamente entre três protocolos: baixa carga com 20% de 1RM combinado com a restrição do fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC); baixa carga com 20% de 1RM combinado com a restrição do fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI) e alta intensidade com 80% de 1RM (AI). O cálculo amostral foi realizado utilizando o software G*Power 3.1 (FAUL et al., 2007). E com base em uma análise a priori, foi determinado um N=10 indivíduos, após ter sido adotado uma potência de 0,80, $\alpha = 0,05$, coeficiente de correlação de 0,5, a correção Nonsphericity de 1 e um tamanho de efeito de 0,45. Verificou-se que o tamanho encontrado era suficiente para fornecer 82,4% do poder estatístico. Para o cálculo da amostra foram adotados os procedimentos sugeridos por Beck (2013).

Para o estudo crônico a amostra foi composta por N=25 homens aparentemente saudáveis, com faixa etária de 18 a 36 anos, e experiência em TF (tempo de prática ≥ 2 meses e ≤ 12 meses), Tabela 3. Foram divididos randomicamente em três grupos: baixa carga com 20% de 1RM combinado com a restrição do fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC); baixa carga com 20% de 1RM combinado com a restrição do fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI) e alta intensidade com 80% de 1RM (AI). O cálculo amostral também foi realizado utilizando o software G*Power 3.1 (FAUL et al., 2007). E com base em uma análise a priori, foi calculado um N de 24 indivíduos, após ter sido adotada uma potência de 0,80, $\alpha = 0,05$, coeficiente de correlação de 0,5, a correção Nonsphericity de 1 e um tamanho de efeito de 0,35. Verificou-se que os 24 sujeitos eram suficientes para fornecer 82,1% do poder estatístico. Como o estudo finalizou com 25 sujeitos, observou-se, na análise *post hoc*, que o tamanho da amostra foi suficiente para fornecer 84,0% do poder estatístico. Para o cálculo da amostra também foram adotados os procedimentos sugeridos por Beck (2013).

Tabela 3. Características morfológicas e neuromusculares dos participantes (N=25)

	BC+RFSC = 09	BC+RFSI = 08	BC = 08	p
Idade (anos)*	26,1 $\pm$ 5,0	23,8 $\pm$ 5,6	22,2 $\pm$ 3,5	0,277
Massa Corporal (kg)*	67,5 $\pm$ 9,7	79,2 $\pm$ 9,3	78,0 $\pm$ 10,9	0,045
Estatura (m)*	1,71 $\pm$ 0,05	1,75 $\pm$ 0,07	1,75 $\pm$ 0,06	0,443
IMC (kg.m ²)*	22,8 $\pm$ 2,2	25,8 $\pm$ 3,0	25,2 $\pm$ 2,4	0,054
PRFSBE (mm Hg)†	108,8 $\pm$ 9,2	117,5 $\pm$ 10,3	-	0,090
Supino Reto (1RM)*	77,6 $\pm$ 17,2	72,9 $\pm$ 14,4	75,5 $\pm$ 11,9	0,808
Puxada Frontal (1RM)*	69,0 $\pm$ 13,0	65,9 $\pm$ 13,9	63,8 $\pm$ 12,3	0,722
Rosca Tríceps (1RM)*	31,3 $\pm$ 6,8	30,7 $\pm$ 4,8	32,3 $\pm$ 4,8	0,852
Rosca Bíceps (1RM)*	34,4 $\pm$ 5,9	34,1 $\pm$ 8,0	32,7 $\pm$ 5,9	0,860

IMC = índice de massa corporal; MC = massa corporal; PRFSBE = pressão média utilizada na restrição de fluxo sanguíneo do braço esquerdo; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga; * anova one-way, † teste t independente.

3.3 Critérios de inclusão e exclusão

Estudo agudo

Os critérios de inclusão: responderem negativamente a todos os itens do *Physical Activity Readiness Questionnaire / PAR-Q* (SHEPHARD, 1988), ANEXO B; estarem praticando EF regularmente há pelo menos um ano; não ser fumante. Os critérios de exclusão: ter tido algum tipo de lesão musculoesquelética em membros superiores durante a intervenção, faltar uma das sessões.

Estudo crônico

Os critérios de inclusão: terem faixa etária entre 18 a 40 anos; responderem negativamente a todos os itens do *Physical Activity Readiness Questionnaire / PAR-Q* (SHEPHARD, 1988); os que apresentassem o índice de massa corporal menor que $30 \text{ m}^2.\text{kg}^{-1}$; os que não apresentaram histórico de algum tipo de lesão osteomioarticular nos membros superiores nos últimos seis meses e os não fumantes. Os critérios de exclusão: os que faltaram consecutivamente duas sessões.

3.4 Identificação das variáveis

O presente estudo apresenta três tipos de variáveis distintas:

Variáveis independentes:

Métodos dos EF: baixa carga com 20% de 1RM combinado com a restrição do fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC); baixa carga com 20% de 1RM combinado

com a restrição do fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI); baixa carga com 20% de 1RM (BC); alta intensidade com 80% de 1RM (AI).

Variáveis dependentes:

A ativação, força, hipertrofia e resistência muscular, os marcadores de estresse oxidativo (PC, TBARs e AU), os marcadores de dano muscular (CK e LDH), hemodinâmica (PAS, PAD e PAM, FC e o DP) e a percepção subjetiva de esforço.

Variáveis intervenientes:

Horas de sono, alimentação.

3.5 Ética da pesquisa

O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do CCS/UFPB campus I João Pessoa sob protocolo 0476/13 (ANEXO A), atendendo os requisitos do Conselho Nacional de Saúde – Resolução 466/12. As coletas agudas e crônicas atenderam todas as aprovações legais e foi mantida a ética durante todo o processo, no que se refere ao atendimento e acompanhamento dos sujeitos da amostra, bem como sigilo e confidencialidade dos dados ao longo das coletas e após o tratamento dos dados para publicação. Após todas as explicações dos procedimentos da pesquisa os participantes foram/serão solicitados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) elaborado de acordo com a declaração de Helsinque.

3.6 Desenho do estudo

Estudo agudo

Foram avaliadas a antropometria, determinação do ponto de RFS e a força muscular (teste de 1RM) antes das sessões dos exercícios. Após estes procedimentos os indivíduos realizaram os exercícios: supino reto, puxada alta, tríceps no *pulley* e rosca bíceps no *pulley*, nesta ordem de execução, em três protocolos: (a) EF de baixa carga a 20% de 1RM combinado a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC), (b) EF de baixa carga a 20% de 1RM combinado a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI), (c) EF de alta intensidade a 80% de 1RM (AI). Todos os três protocolos foram realizados no mesmo horário do dia para controlar a variação diurna das medidas hemodinâmicas. As medidas do lactato, PC, TBARs, AU da pressão arterial, FC e PSE foram realizadas antes e ao final de cada sessão, além disso, a FC e PSE foram verificadas ao final de cada exercício. E após o final da sessão, a mensuração da PA foi realizada nos 15, 30, 45 e 60 min após todos os protocolos. Os marcadores CK e LDH foram realizados antes, imediatamente depois e após (24h e 48h).

Estudo crônico

Durante a primeira e a última visita ao laboratório foram adotados os seguintes procedimentos: inicialmente foram avaliadas a antropometria (hipertrofia muscular), cinco minutos depois o ponto da RFS, 10 a 15 minutos depois foi avaliada a pressão arterial, 15 a 20 minutos após a força muscular isométrica (FMI); na sequência após 3-5 minutos começou a avaliação da força muscular dinâmica máxima (1RM) de cada exercício (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley*, respectivamente) e após 40-60 minutos realizou-se a avaliação da resistência muscular localizada (RML) dos quatro exercícios. Todas estas avaliações, com exceção do ponto da RFS, foram realizadas pré-teste e pós-teste. As medidas da pressão arterial e FC e PSE foram realizadas antes e ao final de cada sessão, além disso, a PSE foi verificada ao final de cada exercício. Entre as

duas coletas que aconteceram durante a primeira e última visita ao laboratório foram realizadas 12 sessões de treinamento (duas vezes por semana), a primeira sessão ocorreu 72 horas após a primeira visita (pré-teste) e a última sessão ocorreu 72 horas antes da última avaliação (pós-teste). Os três grupos do estudo realizaram a seguinte rotina: a) TF de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC), b) TF de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI), c) TF de baixa carga a 20% de 1RM sem a RFS (BC). Durante o estudo, os participantes foram instruídos a abster-se de exercícios de membros superiores 24 horas antes das avaliações da PAS, PAD e FC, evitar a ingestão de chocolate, álcool e suplementos nutricionais, além de dormir por um mínimo de seis horas na noite antes de cada sessão de TF. Além disso, os sujeitos foram orientados a não realizar a manobra de Valsalva e todas as avaliações foram realizadas no mesmo horário para evitar a influência do ciclo circadiano.

3.7 Mensuração das variáveis do estudo

Estudo agudo

A PAS, PAD e a PAM foram medidas antes, imediatamente depois, 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min e 60 min. A FC foi medida antes e imediatamente após cada exercício. O Lactato, estresse oxidativo (PC, TBARs e o AU) foram medidos antes, imediatamente após a sessão. A PSE foi medida ao final de cada série. A CK e LDH foram medidas antes, 24 horas e 48 horas após a sessão.

Estudo crônico

As medidas da ativação, força, hipertrofia e resistência muscular, e da hemodinâmica (PAS, PAD, PAM) foram avaliadas pré e após seis semanas de intervenção. As medidas hemodinâmicas (PA, FC) e a PSE foram avaliadas antes e após cada sessão. A ativação muscular foi avaliada na primeira e última sessão em todos os exercícios, para cada exercício foi avaliado a ativação muscular nos músculos bíceps e tríceps.

3.8 Medidas antropométricas

Em ambos os estudos (agudo e crônico) foi utilizado um estadiômetro e balança para mensuração da estatura e a massa corporal que foram aferidas com precisão de 0,5 cm e 0,1 kg, respectivamente. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal pela estatura ao quadrado (kg/m^2).

3.9 Determinação da restrição do fluxo sanguíneo

Estudo agudo

A restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio da multiplicação da Pressão Arterial Sistólica x 1,3 (BRANDNER; KIDGELL; WARMINGTON, 2015; SUGA et al., 2010; TAKANO et al., 2005). Os participantes permaneceram sentados e um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimer to hemostasis in extremities - Riester*) para o braço (largura 60 mm; comprimento 470 milímetros) foi fixado na região da prega axilar para verificar a pressão arterial antes de iniciar cada protocolo da RFS contínua e intermitente. O manguito era inflado ou desinflado entre as séries.

Estudo crônico

A restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio do doppler vascular (MedPeg® DV -2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), na qual a sonda foi colocada sobre a artéria radial (braço direito e esquerdo) para determinar a pressão arterial (mm Hg) de treinamento. Os participantes permaneceram deitados em decúbito dorsal e um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimer to hemostasis in extremities - Riester*) para o membro superior (largura 60 mm; comprimento 470 milímetros) foi fixado na região da prega axilar e foi inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria radial fosse interrompido. A pressão do manguito usada durante os exercícios foi determinada a 80% da pressão necessária

para a restrição total do fluxo de sangue no estado de repouso (LAURENTINO et al., 2012). O manguito foi mantido (RFSC) e desinflado (RFSI) entre as séries.

3.10 Procedimentos para análise sanguínea

As amostras de sangue foram coletadas por meio de punção venosa, após aproximadamente 12 horas de jejum, entre 07h00min e 11h00min da manhã. Estas amostras foram coletadas em tubos de EDTA (5 ml) 20 min antes e imediatamente após o exercício pela veia antecubital e colocado em gelo. O sangue foi centrifugado a 1500 x g, 4°C por 15 min, o plasma foi retirado e armazenado a -80°C. O lactato plasmático foi dosado por meio do kit comercial Bioclin® (Lactato UV enzimático – K084), seguindo as especificações do fabricante. A CK, a LDH, a PC, TBARs e o AU foram dosadas por meio do kit comercial Bioclin® seguindo as especificações do fabricante.

3.11 Avaliação da pressão arterial

Estudo agudo

Antes e depois de cada sessão, a pressão arterial foi avaliada por meio de um estetoscópio (3M, Littmann® Cardiology, EUA) e um esfigmomanômetro aneroide DuraShock™ Tycos® (Welch Allyn Inc., NY, USA, Modelo DS-44). O manguito foi colocado no braço direito e foi envolvido completamente, abrangendo pelo menos dois terços da parte superior do braço. Este equipamento foi utilizado para todas as medidas de pressão arterial pré e pós-sessão. Todas as medições foram realizadas de acordo com as diretrizes da *American Heart Association* (PICKERING et al., 2005). A PAM foi calculada pela equação $(PAS + 2PAD) \div 3$.

Estudo crônico

Antes e depois de cada sessão, a pressão arterial (PAS e PAD) e FC foram avaliadas por meio do monitor automático MAPA BP3MZ1 (G. TECH®, Brasil). O

manguito foi colocado no braço não dominante e foi envolvido completamente, abrangendo pelo menos dois terços da parte superior do braço. Esse equipamento foi utilizado para todas as medidas de pressão arterial e FC pré e pós-sessão. Todas as medições foram realizadas de acordo com as diretrizes da *American Heart Association* (PICKERING et al., 2005). A PAM foi calculada pela equação $(PAS + 2PAD) \div 3$. E o duplo produto (DP) foi obtido por meio da multiplicação da PAS (mm Hg) x FC (bpm) no momento pré e ao final de cada sessão.

3.12 Avaliação da hipertrofia muscular

A hipertrofia muscular (área de secção transversa do braço) foi avaliada por meio das medidas antropométricas de circunferências de ambos os braços relaxados, conforme recomendação de Frisancho (1974; 1981) e pela circunferência de ambos os braços contraído e pela circunferência do tórax na expiração forçada máxima. Todas estas medidas foram padronizadas conforme recomendações do ACSM (2011) e foram mensuradas sempre pelo mesmo avaliador experiente.

3.13 Força muscular isométrica

Após a determinação do ponto da RFS foi avaliada a medida da força isométrica por meio dos testes de dinamometria manual (direita e esquerda) e dinamometria escapular. Para o teste de dinamometria manual foi utilizado o Dinamômetro CROW® com capacidade de 50 Kgf. A participante ficava em pé com os cotovelos estendidos ao longo do corpo com antebraço em leve pronação e punhos na posição neutra. Em seguida, o voluntário foi orientado a realizar três tentativas em cada uma das mãos, aplicando uma força máxima e breve. Foi computado o melhor resultado das três tentativas em cada mão. Já para o teste de dinamometria escapular foi utilizado o Dinamômetro CROW® com capacidade de 50 Kgf. A participante foi posicionada em pé com abdução de ombro, inferior a 90°, flexão de cotovelo, antebraço em posição neutra, punho com uma leve extensão, o polegar e os dedos tocavam a empunhadura e ao comando do avaliador executava-se uma retração da escápula. Foi computado o melhor resultado das três tentativas.

3.14 Avaliação da força muscular [(teste de uma repetição máxima - 1RM)]

O percentual de carga em ambos os estudos foi descoberto em uma sessão, conforme recomendações do *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2000). Inicialmente, foi realizado leve aquecimento de cinco a dez repetições utilizando-se 40 a 60% da carga estimada de 1RM, auto relatadas pelo sujeito. Após um 1 min de recuperação os voluntários executaram três a cinco repetições com 60 a 80% da carga estimada de 1RM. Subsequentemente, após 1 min foram realizadas de três a cinco tentativas com cargas progressivas buscando identificar 1RM, com intervalo de 3-5 min entre as tentativas. O teste foi interrompido quando o indivíduo não conseguiu executar corretamente o movimento, sendo considerada a carga máxima aquela mobilizada na última tentativa bem sucedida. Foram adotadas as seguintes estratégias para reduzir a margem de erro nos procedimentos de coleta de dados: 1) instruções padronizadas foram dadas antes dos testes, assim, cada sujeito testado estava ciente de toda a rotina de coleta de dados, 2) o indivíduo testado foi instruído sobre a técnica adequada da execução do exercício; 3) todos os participantes receberam encorajamento verbal padronizado durante os testes.

3.15 Avaliação da ativação muscular

Para o registro do sinal elétrico dos músculos bíceps e tríceps durante a execução dos quatro exercícios foi utilizado um eletromiógrafo (modelo W4X8, Biometrics Ltd., UK) de oito canais (wireless), (Figura 2), com as seguintes características técnicas: hardware com placa de conversão analógico-digital (A/D) de 12 bits; amplificador com ganho de 1000 vezes; filtro passa banda de 20 a 500 Hz (Butterworth de segunda ordem); razão de rejeição de modo comum (RRMC) > 100 dB; taxa de ruído do sinal < 3 mV Root Mean Square (RMS); impedância de 10^9 Ohms; eletrodos superficiais, bipolares, ativos, simples diferencial, com pré-amplificação de 20 vezes e um software DataLOG para coleta e análise de sinais com frequência de amostragem de 1000 Hz. Antes de começar a captação do sinal eletromiográfico pelos eletrodos, foi realizada tricotomia, abrasão e limpeza da pele com álcool 70% para diminuir a impedância tecidual (células mortas). Para o registro

do sinal elétrico dos músculos bíceps e tríceps os eletrodos de captura foram fixados com fita adesiva dupla face, micropore e uma faixa elásticas, em pontos específicos de cada músculo, enquanto que o eletrodo de referência foi fixado nos processos estiloides dos rádios, do lado oposto ao braço de maior força. Além disso, foi colocada por cima dos eletrodos uma faixa para deixar eles ainda mais fixos (Figura 2). Para garantir que os eletrodos fossem colocados nos mesmos pontos em todas as avaliações, os voluntários foram marcados com um corante de longa duração (henna), e quando estava quase desaparecido uma nova camada foi aplicada, o que assegurou que os eletrodos fossem colocados no mesmo lugar.

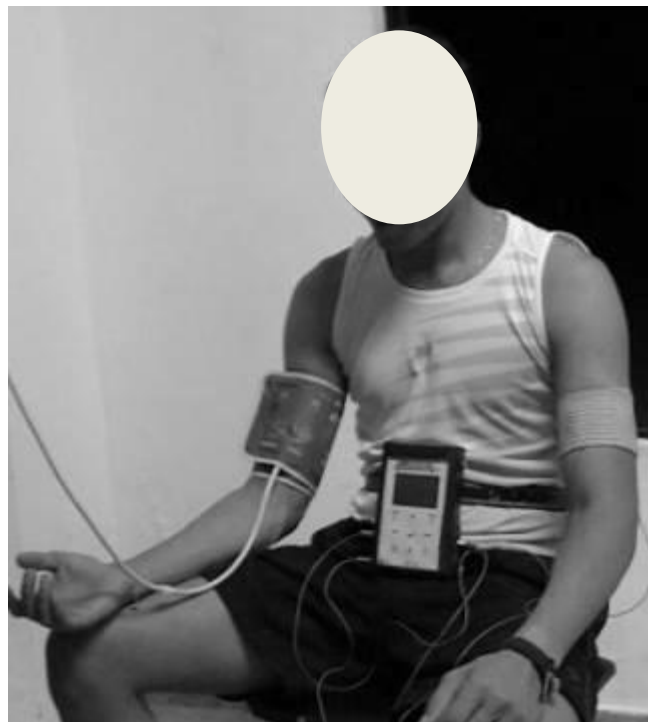


Figura 2. Eletromiógrafo de oito canais (modelo W4X8, Biometrics Ltd., UK)

Todo o processo para captação do sinal EMG dos músculos bíceps e tríceps dos quatro exercícios ocorreu de acordo com as recomendações da Surface Electromyography for the Non Invasive Assessment of Muscles – SENIAM (HERMENS et al., 2000). Assim, para o músculo bíceps os eletrodos foram colocados na linha entre o acrômio medial e a fossa cubital (1/3 da fossa cubital) Figura 3A. Já para o músculo tríceps braquial cabeça longa os eletrodos foram colocados a 50% na linha entre a crista posterior do acrômio e o olécrano a cinco centímetros de largura em direção à região medial (Figura 3B). O registro do sinal

eletromiográfico foi armazenado em cartão de memória e, posteriormente, analisado e processado no software (DataLog) do próprio equipamento, considerando-se a RMS das quinze repetições de cada série.

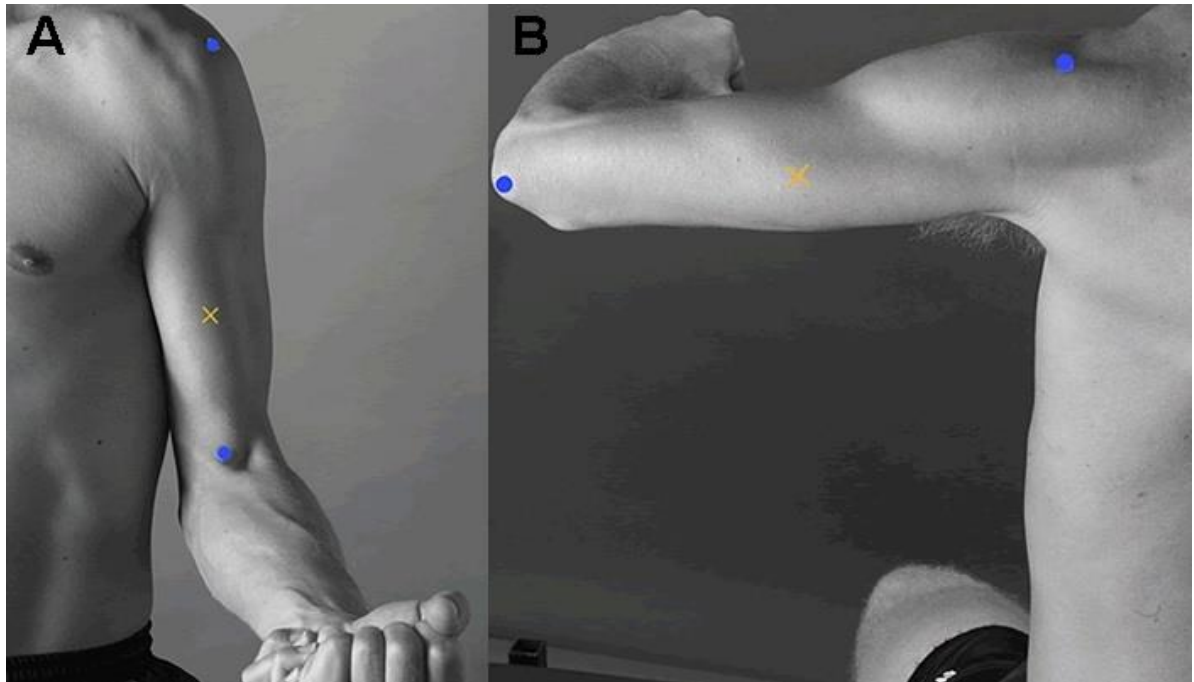


Figura 3. Normatização para marcação dos eletrodos

Fonte: SENIAM (http://seniam.org/arm_location.htm)

As medidas do sinal eletromiográfico eram realizadas apenas no braço que apresentasse maior força isométrica, esta mensurada por meio do dinamômetro manual (CROW[®]). Para isso, adotou-se a seguinte padronização: cada participante realizava três tentativas, em um dinamômetro manual, em cada uma das mãos; assim, apenas o braço que apresentasse maior força isométrica foi considerado para colocação dos eletrodos. Para o registro dos dados, os sujeitos se posicionaram nas posições referentes a cada um dos quatro exercícios. A amplitude articular do ombro foi de 90° a aproximadamente 120° de angulação para o exercício supino (deitado em decúbito dorsal), para o exercício puxada frontal (sentado) a amplitude articular do ombro foi de 180° a aproximadamente 45° de angulação, para o exercício rosca tríceps no *pulley* (em pé) a amplitude articular do cotovelo foi de 90° a 0° e para o exercício rosca bíceps direta (em pé) a amplitude articular do cotovelo foi de 0° a aproximadamente 145°.

Das 15 repetições realizadas, em cada um dos quatro exercícios, para efeito de processamento do sinal e cálculos estatísticos, foram considerados a média e o pico da RMS das 5 repetições centrais (6^a, 7^a, 8^a, 9^a e 10^a repetições), Figura 4, para cada uma das 4 séries, e realizada a normalização do sinal EMG, pelo pico.



Figura 4. Análise do sinal eletromiográfico

3.16 Avaliação da resistência muscular localizada (RML)

A RML foi calculada pelo número máximo de repetições realizadas nos quatro exercícios, durante uma série com uma carga fixa de 40% de 1RM. A amplitude articular do ombro foi de 90° a aproximadamente 120° de angulação para o exercício supino, para o exercício puxada frontal a amplitude articular do ombro foi de 180° a aproximadamente 45° de angulação, para o exercício rosca tríceps no pulley a amplitude articular do cotovelo foi de 90° a 0° e para o exercício rosca bíceps direta a amplitude articular do cotovelo foi de 0° a aproximadamente 145°. A velocidade foi controlada por meio de um metrônomo, com tempo total de execução do movimento de três segundos (1,5 segundos para ação concêntrica e 1,5 segundos para ação

excêntrica) até o momento em que ocorresse a falha concêntrica. Quando o participante não conseguia manter o ciclo de repetições dentro da série, na cadência e amplitude estabelecidas, era determinado o ponto de falha concêntrica e o maior número de repetições realizadas com sucesso era computado.

3.17 Percepção subjetiva de esforço

Em ambos os estudos, utilizou-se a escala de OMNI-RES (ROBERTSON et al., 2003) para avaliação da PSE. A PSE foi aferida ao final dos quatro exercícios (percepção local e geral).

3.18 Protocolo experimental

No estudo agudo e no crônico foram realizados quatro EF com execução bilateral: supino reto (com barra convencional e anilhas calibradas) (Figura 5A), puxada frontal (Figura 5B), rosca tríceps no *puley* (Figura 5C) e rosca bíceps direta no *puley* (em máquinas convencionais), Figura 5D, respectivamente. Os participantes realizaram três protocolos em ordem aleatória (estudo agudo): quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC); quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI); quatro EF a 80% de 1RM (AI). Já no estudo crônico, os 25 participantes foram submetidos a uma intervenção com duração de seis semanas e frequência semanal de duas vezes por semana. Os participantes foram divididos aleatoriamente em três grupos: quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC); quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI); quatro EF de baixa carga a 20% de 1RM (BC). Para os protocolos (estudo agudo) de BC com a RFS contínua e intermitente, os participantes completaram 30 repetições seguidas de três séries de 15 repetições. Já no estudo crônico, todos os participantes completaram quatro séries de 15 repetições. Em ambos os estudos os participantes realizaram o exercício a 20% de 1RM com 30 s

de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios enquanto usava um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimer to hemostasis in extremities - Riester*) nos braços (largura 60 milímetros, comprimento 470 milímetros) fixados na região mais proximal. Para o protocolo ou grupo de BC+RFSI o manguito foi desinflado entre as séries e para o protocolo ou grupo de BC+RFSC o manguito foi mantido inflado entre as séries. Para o protocolo de AI (estudo agudo), os participantes completaram três séries de oito repetições com 80% de 1RM com dois min de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios. Em ambos os estudos a velocidade de execução foi estabelecida em três segundos (1,5 para a ação muscular concêntrica e 1,5 para a excêntrica) controlada por meio de um metrônomo.

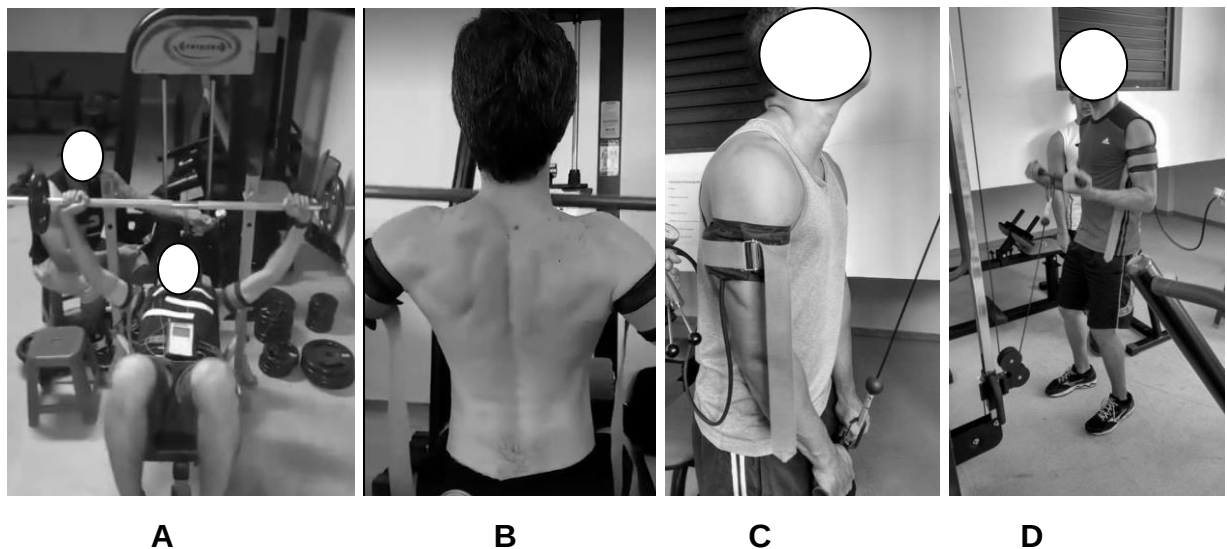


Figura 5. Exercícios utilizados nos estudos agudo e crônico

3.19 Plano de análise dos dados

Os dados foram analisados no pacote estatístico computadorizado *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) versão 20.0. Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória para verificar a normalidade (Teste de *Shapiro-Wilk*) e homogeneidade (Teste de Levene) dos dados. Para os dados que apresentaram os

pressupostos de normalidade, utilizou-se os testes paramétricos, no entanto, os dados que não atenderam os pressupostos de normalidade, utilizou-se os testes correspondentes não paramétricos. As variáveis demonstraram distribuição normal e homogeneidade ($p > 0,05$). No estudo agudo, utilizou-se o teste t-pareado para comparar as duas pressões de RFS utilizadas nos protocolos de BC+RFSI e BC+RFSC e o teste de reprodutibilidade foi realizado entre a primeira e a segunda medição da pressão arterial em repouso antes do início de cada protocolo (coeficiente de correlação intraclasse [ICC]). No estudo crônico, utilizou-se o teste t-independente para comparar as duas pressões de RFS utilizadas nos grupos de BC+RFSI e BC+RFSC. Utilizou-se a Anova One-Way com *post hoc* de *Bonferroni* para comparar o volume total dos exercícios entre os protocolos e grupos, bem como o delta percentual do CK e do TBARs entre os protocolos. Anova *two-way* de medidas repetida seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças nas variáveis PAS, PAD, PAM, FC, CK e LDH. Anova *two-way* seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças na ativação muscular, força, hipertrofia e resistência muscular, no lactato, PA, FC, DP, PC, TBARs e AU. No estudo crônico, utilizou-se a Anova One-Way para as variáveis circunferência do tórax, PAS e PAM em que os grupos partiram de condições diferentes, para isso realizou o delta variação (Pós-Pré). Os testes não paramétricos de *Friedman* e *Wilcoxon* foram utilizados para realizar a análise da PSE (estudo agudo). No estudo crônico, utilizou-se a Anova de Kruskal-Wallis para realizar a análise da PSE. O tamanho do efeito (TE) foi utilizado para verificar a magnitude (Mag) das mudanças entre as avaliações dos protocolos ou dos grupos (RHEA, 2004) e foi utilizada a variação percentual ($\Delta\%$), para expressar as possíveis diferenças entre as medidas. Os mesmos procedimentos adotados no estudo agudo foram adotados no crônico. Os dados foram apresentados em média e desvio padrão. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com as normas do Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física UFPB/UPE, referente à escolha do formato da tese no modelo de artigo, este item tem como objetivo apresentar os artigos relacionados ao doutorado, assim, abaixo foi apresentado os oito artigos de modo geral.

O primeiro (artigo de revisão sistemática) foi publicado online na revista *Clinical Physiology and Functional Imaging* (Estrato A1 e fator de impacto de 2,3), Anexo D. Esse estudo revisou sistematicamente as evidências científicas disponíveis sobre as alterações promovidas pelo EF de BC combinado com a RFS na pressão arterial, frequência cardíaca e duplo produto em indivíduos jovens. Foi encontrado que as alterações hemodinâmicas promovidas pelo EF de BC com RFS não parecem diferir entre idades e segmentos corporais (superior ou inferior), porém parecem ser influenciadas pela largura do manguito e serem mais altas com a RFS contínua.

O segundo artigo foi publicado na revista *Motriz: Revista de Educação Física* (Estrato B1 e fator de impacto de 0,086), Anexo E. Esse estudo comparou os efeitos agudos do EF de BC com a restrição do fluxo sanguíneo contínua ou intermitente na PAS, PAD e PAM. Foi encontrado que as respostas hipotensivas pós-exercício ocorreram nos protocolos com a RFS contínua e intermitente, com efeitos mais longos sobre a PAS observados nos protocolos da RFS contínua e intermitente. Além disso, a RFS intermitente parece ter um efeito menor do que os outros protocolos no aumento da PAS, PAD e PAM imediatamente após o exercício.

O terceiro foi publicado na revista *Perceptual and Motor Skills* (Estrato A2 e fator de impacto de 0,626) (Anexo F). Esse estudo comparou o efeito agudo de uma sessão de EF para membros superiores com RFS contínua ou intermitente no lactato, FC, DP e PSE. Foi encontrado que a RFS intermitente parece ser uma excelente opção para este método de treinamento, pois como não apresentou diferenças significativas entre a RFS contínua em todas as variáveis, promoveu uma menor variação percentual no duplo produto e na PSE.

O quarto foi publicado no *Journal of Sports Science* (Estrato A1 e fator de impacto de 2,539), Anexo G. Esse estudo comparou o efeito de uma sessão do EF

de BC com RFS contínua ou intermitente na CK, LDH, PC, TBARs e AU em homens militares. Foi encontrado que uma sessão de EF de BC para membros superiores combinada a RFS contínua e intermitente parece não promover dano muscular e parece não alterar os marcadores de estresse oxidativo.

O quinto artigo está em fase de tradução e formatado nas normas da revista Sport Medicine (A1 e fator de impacto 6,832). Esse estudo comparou o efeito do TF com RFS contínua ou intermitente na HM, FMD, FMI e RML de homens saudáveis. Foi encontrado que as duas formas de RFS contínua ou intermitente parecem ser uma boa alternativa para o aumento da RML dos membros superiores nos exercícios uniarticulares, embora pareçam promover melhorias nos valores médios quando comparado pré e pós-teste nas variáveis da HM, FMD, FMI.

O sexto artigo foi submetido para revista Motricidade (Estrato B1). Esse estudo analisou o efeito agudo e crônico do TF com a RFS contínua ou intermitente na PAS, PAD, PAM, FC, DP e PSE. Foi encontrado que as formas de RFS contínua e intermitente parecem não reduzir as medidas hemodinâmicas de forma crônica, entretanto, a RFS contínua parece elevar as médias da PAD e PSE na forma aguda.

O sétimo artigo está em fase de tradução e formatado nas normas da revista Muscle and Nerve (A1 e fator de impacto de 2,605). Esse estudo comparou o efeito crônico do TF com RFS contínua e intermitente na ativação dos músculos agonistas e antagonistas dos flexores do cotovelo em homens jovens e saudáveis. Foi encontrado que as formas da RFS contínua e intermitente parecem gerar adaptações crônicas semelhantes na ativação muscular do bíceps e tríceps braquial nos exercícios supino reto, rosca tríceps e rosca bíceps, porém, a RFS intermitente parece melhorar a ativação muscular do bíceps apenas no exercício puxada frontal.

O oitavo artigo foi submetido para o International Journal of Sports Medicine (Estrato A1 e fator de impacto de 2,084) e envolve uma amostra de mulheres em função do processo de prescrição da RFS, principalmente pela utilização da pressão de RFS intermitente. Esta pesquisa comparou o pulso auscultatório da RFS entre as posições, sexo, membros e segmentos corporais em jovens saudáveis. Foi encontrado que o ponto auscultatório da RFS parece diferir entre as posições, sexo, membros inferiores e segmentos. Foi encontrado que o ponto da RFS parece diferir entre as posições, sexo, membros inferiores e segmentos.

ARTIGO 1

Os efeitos do exercício resistido com a restrição de fluxo sanguíneo na hemodinâmica: uma revisão sistemática

Título abreviado: *restrição de fluxo sanguíneo na hemodinâmica*

Resumo

Este estudo revisou sistematicamente as evidências científicas disponíveis sobre as alterações promovidas pelo exercício resistido (ER) de baixa intensidade (BI) combinado com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) na pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e duplo produto (DP) em indivíduos jovens. Foram realizadas buscas nas bases de dados (PubMed, Web of Science™, Scopus e o Google Scholar), considerando o período de janeiro de 1990 a maio de 2015. A análise do estudo foi realizada por meio de uma revisão crítica dos conteúdos. Dos 1.112 artigos identificados, 1.091 foram excluídos e 21 atenderam aos critérios de seleção, destes, 16 artigos avaliaram a PA, 19 artigos a FC e quatro artigos sobre o DP. Verificaram-se resultados divergentes quando comparado os protocolos de baixa intensidade com a RFS versus alta intensidade (AI) sobre a PA, FC e DP. As evidências mostram que os protocolos usando a RFS contínua após uma sessão de ER combinado a RFS aparentemente aumentam FC, PA e DP em comparação com os protocolos de BI sem RFS, embora pareçam existir aumentos significativos na PA entre os protocolos AI quando comparados aos protocolos BI. Alterações hemodinâmicas (FC, PAS, PAD, PAM, DP) promovidas pelo ER de BI com RFS não parecem diferir entre idades e segmentos corporais (superior ou inferior), porém parecem ser influenciadas pela largura do manguito e serem mais altas com a RFS contínua. No entanto, essas mudanças estão dentro da faixa normal, tornando este método seguro e viável para populações especiais.

Palavras-chave: hemodinâmica, isquemia, KAATSU, treinamento de força, oclusão vascular

Abstract

This study systematically reviewed the available scientific evidence on the changes promoted by low-intensity (LI) resistance training (RT) combined with blood flow restriction (BFR) on blood pressure (BP), heart rate (HR) and rate-pressure product (RPP). Searches were performed in databases (PubMed, Web of ScienceTM, Scopus and Google Scholar), for the period from January 1990 to May 2015. The study analysis was conducted through a critical review of contents. Of the 1 112 articles identified, 1 091 were excluded and 21 met the selection criteria, including 16 articles evaluating BP, 19 articles evaluating HR and four articles evaluating RPP. Divergent results were found when comparing the LI protocols with BFR versus LI versus high intensity (HI) on BP, HR and RPP. The evidence shows that the protocols using continuous BFR following a LIRT session apparently raise HR, BP and RPP compared with LI protocols without BFR, although increases significantly in BP seem to exist between the HI protocols when compared to LI protocols. Haemodynamic changes (HR, SBP, DBP, MBP, RPP) promoted by LIRT with BFR do not seem to differ between ages and body segments (upper or lower), although they are apparently affected by the width of the cuff and are higher with continuous BFR. However, these changes are within the normal range, rendering this method safe and feasible for special populations.

Key words: haemodynamics, ischaemia, KAATSU, strength training, vascular occlusion

Introdução

Até a década de 1990 não havia recomendações específicas para modelos de progressão no exercício resistido (ER) (Umpierre & Stein, 2007). Entretanto, na década de 60, as respostas cardiovasculares ao ER já eram discutidas (Humphreys & Lind, 1963; Lind & McNicol, 1967). Nos últimos anos, o ER passou a ser considerado como estratégia para prevenção primária e secundária de diferentes cardiopatias, atuando de forma positiva sobre fatores de risco cardiovasculares (Bentes et al., 2015; Bjarnason-Wehrens et al., 2004; Braith & Stewart, 2006; Moraes et al., 2005).

O Colégio Americano de Medicina do Esporte recomenda realizar o ER com intensidades superiores ou iguais a 70% de uma repetição máxima (1RM) para promover ganhos de força e hipertrofia (ACSM, 2009). No entanto, o ER realizado em alta intensidade (AI) pode não ser viável para as pessoas que se recuperam de lesões ortopédicas, com algumas doenças crônicas e para os idosos. Estes podem ser incapazes de tolerar um estresse mecânico excessivo e as alterações metabólicas. Assim, os profissionais da saúde têm procurado alternativa que utilizem menor intensidade para tais indivíduos.

Pensando nisso, os japoneses há quase 50 anos desenvolveram um método de ER de baixa intensidade (20-50% de 1RM) com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) ou *KAATSU training*. Este método tem sido proposto para indivíduos que não toleram altas cargas de 1RM (>70% 1RM) como atletas lesionados, na reabilitação cardíaca, (Takano et al., 2005) após cirurgia de ligamento cruzando anterior (Ohta et al., 2003; Takarada et al., 2000a) e para idosos (Libardi et al., 2015; Patterson & Ferguson, 2011; Vechin et al., 2015), atuando de forma positiva sobre a atrofia muscular promovendo um maior grau de ativação muscular. O ER de baixa intensidade (BI) combinado com a RFS também vem sendo utilizado para o aumento da força (Laurentino et al., 2012; Silva et al., 2015; Takarada et al., 2000b), hipertrofia muscular (Abe et al., 2010; Laurentino et al., 2012; Takarada et al., 2000b), resistência muscular localizada (Gil et al., 2015; Kacin & Strazar, 2011; Takarada et al., 2002) e a resistência cardiorrespiratória (Abe et al., 2010; Park et al., 2010).

Revisando a literatura pertinente, observou-se que alguns estudos avaliaram o efeito agudo do ER com a RFS sobre variáveis fisiológicas como a sobre a pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD) e a pressão arterial média (PAM), a frequência cardíaca (FC) e o duplo produto (DP) (Araújo et al., 2014; Kacin & Strazar, 2011; Loenneke et al., 2012; Neto et al., 2016; Neto et al., 2015; Okuno et al., 2014; Vieira et al., 2013). Entretanto, não se verificou até o momento um consenso que estabeleça a real efetividade deste tipo de intervenção sobre as alterações agudas e crônicas promovidas pelo ER com a RFS na hemodinâmica. Diante do exposto, o objetivo desta revisão foi sistematizar as evidências científicas disponíveis sobre as alterações (agudas ou crônicas) promovidas pelo ER de BI combinado com a RFS sobre a PAS, PAD, PAM, FC, DP em indivíduos jovens.

Métodos

Para identificação dos artigos foram utilizadas as bases eletrônicas *National Library of Medicine* (PubMed), Web of Science™, Scopus e o Google Scholar considerando o período de janeiro de 1990 a maio de 2015. O processo de seleção dos estudos está descrito na Figura 1.

Para realização das buscas foram utilizados em inglês, os seguintes descritores/termos/operadores: (“*resistance training*” OR “*strength training*”) AND (“*vascular occlusion*” OR “*blood flow restriction*” OR “*kaatsu*”) AND (“*hemodynamic*” OR “*blood pressure*” OR “*heart rate*”). Adicionalmente, adotou-se como critério de inclusão o artigo ser original de pesquisa desenvolvida com seres humanos, publicado em periódico indexado nas bases utilizadas, amostras com faixa etária de 18 a 70 anos e que avaliassem as alterações agudas e crônicas promovidas pelo ER de BI combinado com RFS. Não foram incluídos artigos de revisão, artigos que utilizaram protocolos com exercícios isométricos, caminhada, ciclismo, esteira e protocolos sem exercício, bem como ponto de vista/opinião de especialistas, capítulos ou livros, estudos de validação, monografias, dissertações e teses.

Dois pesquisadores fizeram a busca de forma independente e cego e posteriormente estes achados foram confrontados e diante de alguma discordância um terceiro avaliador foi chamado com objetivo de estabelecer um consenso. Para triagem foi realizada a leitura do título e resumo dos artigos identificados. Assim, os estudos em que o título e o resumo apresentaram informações suficientes foram obtidos. Todos os artigos foram lidos na íntegra. Foi realizada uma revisão nas referências desses artigos com intuito de identificar algum estudo potencialmente relevante que não havia sido identificado na busca eletrônica.

Este estudo foi conduzido de acordo com a padronização da escala PRISMA (Liberati et al., 2009). A análise dos dados foi realizada com base em uma revisão crítica do conteúdo, utilizando os seguintes critérios: título, resumo, fundamento, objetivos, protocolo, risco de viés entre os estudos, características do estudo, resultados de estudos individuais, limitações e conclusões.

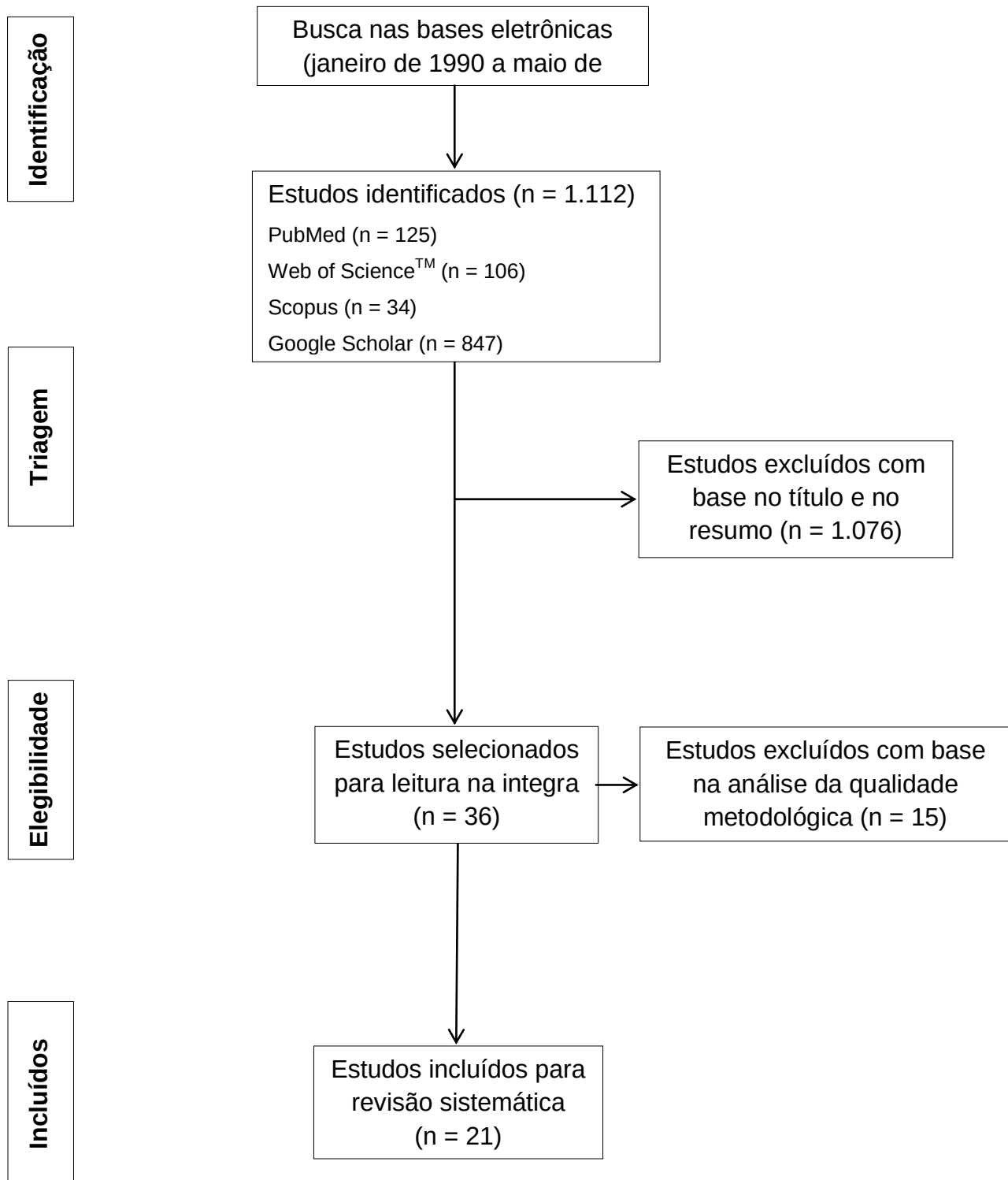


Figura 1 Fluxograma do processo de seleção dos estudos

Resultados

A síntese dos resultados dos artigos foi apresentada a partir de um roteiro estruturado que considerava os seguintes componentes: a) autor (ano) do estudo; b) sujeitos; c) variável; d) protocolo dos exercícios; e) intensidade; f) volume dos exercícios; g) intervalo entre as séries; h) pressão de RFS no exercício; i) tempo com a RFS; j) largura do manguito e k) principais resultados.

Dos 1.112 artigos identificados, 1.076 (96,7%) foram excluídos com base no título e no resumo, sendo assim 36 artigos foram selecionados para serem lidos na íntegra. Finalmente, foram selecionados 21 artigos após a aplicação dos critérios de elegibilidade. Este processo foi realizado com base na análise da qualidade metodológica dos estudos. Realizou-se uma avaliação sistemática das alterações promovidas pelo ER de BI combinado com a RFS na pressão arterial (PA - PAS, PAD, PAM), FC e DP (Fig. 1).

A partir da apreciação dos 21 artigos, verificou-se que 14 artigos avaliaram o efeito agudo (Araújo et al., 2014; Brandner et al., 2015; Fahs et al., 2011; Figueroa & Vicil, 2011; Kacin & Strazar, 2011; Maior et al., 2015; Neto et al., 2015; Poton & Polito, 2014; Poton & Polito, 2015; Poton & Polito, 2016; Rossow et al., 2012; Rossow et al., 2011; Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013) e dois o efeito crônico do ER de BI com a RFS sobre a PA e FC (Fahs et al., 2012; Ozaki et al., 2013), dois artigos sobre a FC e DP (Neto et al., 2016; Poton & Polito, 2016), quatro artigos apenas sobre a FC (Hollander et al., 2010; Loenneke et al., 2010a; Loenneke et al., 2012; Okuno et al., 2014) e quatro artigos sobre o DP (Brandner et al., 2015; Neto et al., 2016; Poton & Polito, 2016; Vieira et al., 2013). A Tabela 01 apresenta a síntese dos manuscritos selecionados conduzida a partir das categorias estabelecidas pela análise de um roteiro estruturado.

Pressão arterial

Os resultados encontrados nesta revisão sobre a pressão arterial (PA) foram que três estudos verificaram que sessões de ER de BI (20 a 40% de 1RM) combinado com RFS apresentaram um aumento significativo quando comparado com protocolos de BI sem a RFS (Poton & Polito, 2014; Takano et al., 2005; Vieira et

al., 2013) e moderada intensidade (Araújo et al., 2014), porém Kacin e Strazar (2011) encontraram aumento significativo para o BI sem a RFS quando comparado com BI com a RFS. Os estudos realizados por Figueroa e Vicil (2011), Fahs et al. (2012) e Ozaki et al. (2013) não encontraram diferenças significativas entre os protocolos com e sem a RFS. O estudo desenvolvido por Rossow et al. (2012) observou o aumento significativo após a utilização de diferentes larguras de esfigmomanômetro. Dois estudos verificaram o aumento significativo para o protocolo de AI quando comparado com os de BI com ou sem a RFS (Poton & Polito, 2015; Poton & Polito, 2016). Contudo, três estudos encontraram respostas hipotensivas após o ER de BI com a RFS (Araújo et al., 2014; Maior et al., 2015; Neto et al., 2015), porém três estudos encontraram dados divergentes (Brandner et al., 2015; Fahs et al., 2011; Rossow et al., 2011). A RFS intermitente elevou mais a PAS e PAM quando comparado com a RFS contínua (Brandner et al., 2015).

Frequência cardíaca

Quando analisado a FC, observou-se que quatro artigos encontraram um aumento para o protocolo de BI com a RFS quando comparado com os de BI sem a RFS e/ou AI (Loenneke et al., 2010a; Poton & Polito, 2014; Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013), porém o estudo realizado por Kacin e Strazar (2011) encontrou aumento significativo para o BI sem a RFS quando comparado com BI com a RFS. Seis estudos encontraram um aumento para o protocolo de AI quando comparado com os de BI com ou sem a RFS (Brandner et al., 2015; Fahs et al., 2011; Okuno et al., 2014; Poton & Polito, 2015; Poton & Polito, 2016; Rossow et al., 2011). Sete estudos não encontraram diferenças significativas entre os protocolos ou grupos (Araújo et al., 2014; Fahs et al., 2012; Figueroa & Vicil, 2011; Hollander et al., 2010; Loenneke et al., 2012; Neto et al., 2016; Ozaki et al., 2013). E considerando a largura do manguito, foi evidenciado que o modelo grande (13,5 cm) pode interferir negativamente na FC (Rossow et al., 2012). A RFS intermitente elevou mais a FC quando comparado com a RFS contínua (Brandner et al., 2015).

Duplo produto

Ao analisar o DP, observou-se que o protocolo de BI com RFS aumentou o DP quando comparado com BI sem a RFS, porém sem diferenças significativas entre jovens e idosos (Vieira et al., 2013). Entretanto, o estudo realizado por Neto et al. (2016) não encontrou diferenças significativas entre os protocolos. Já o estudo conduzido por Poton e Polito (2016) encontrou que o protocolo de AI aumentou significativamente o DP imediatamente a segunda série e Brandner et al. (2015) encontraram aumentos significativos para AI quando comparado com BI sem a RFS na quarta série.

Exercícios, amostra, gênero e padrão utilizado nos estudos

Outro ponto a se destacar são os exercícios utilizados, observou-se que 57,1% dos estudos utilizaram exercícios para os membros inferiores, 23,8% para os membros superiores e 19,0% apenas utilizaram exercícios para membros superiores e inferiores. Tendo em vista que o tamanho da amostra e o sexo pode ser um quesito importante nos estudos, verificou-se que o tamanho amostral era pequeno, variando entre sete e 46 sujeitos, porém a amostra de 57% destes artigos variou entre sete e 15 sujeitos. Observou-se que houve uma predominância maior para o sexo masculino (66,6% eram apenas homens; 28,5% eram homens e mulheres; e 4,7% eram apenas mulheres). Constatou-se também a falta de um padrão de treinamento, no que se refere aos protocolos utilizados (forma de execução, velocidade de movimento, determinação da pressão do exercício, largura do esfigmomanômetro e a duração da aplicação da RFS) que parece ser estabelecida conforme os critérios metodológicos dos pesquisadores e que pode acarretar em respostas diferentes.

Tabela 1. Síntese dos resultados dos estudos que avaliaram o efeito agudo do exercício resistido combinado com restrição do fluxo sanguíneo sobre a pressão arterial (sistólica, diastólica e média), FC e DP.

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Takano et al. (2005)	11 homens	FC, PAS, PAD e PAM	EJ	Bilateral	-	20% 1RM 20% 1RM	RFS=4 BI=4	30x15x15x15 30x15x15x15	20 s 20 s	PASx1,3	Sim	3,3	BI+RFS ↑ a FC, PAS, PAD e PAM
Hollader et al. (2010)	07 homens	FC	FB EP	Unilateral	1 rept/s	30%1RM 70% 1RM	RFS=3 AI=3	Exaustão Exaustão	60 s 60 s	< 20 e > 20 da PAS	Sim	-	Sem diferenças significativas entre BI+RFS vs. AI
Loenneke et al. (2010a)	12 homens e mulheres	FC	EJ	Bilateral	1s con 1s exc	30% 1RM 30% 1RM	RFS=4 BI=4	30x15x15x15 30x15x15x15	150 s 150 s	Elásticos	Sim	7,6	BI+RFS ↑ a FC
Fahs et al. (2011)	11 homens	FC, PAS, PAD e PAM	LP, EJ, FJ, FP	-	-	20%1RM 20%1RM 70% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=3	30x15x15x15 30x15x15x15 10x10x10	30 s 30 s 60 s	120-200	Sim	5,0	AI ↑ FC superior a BI+RFS e BI, porém reduzia a PAS, PAD e PAM quando comparado ao BI+RFS e BI
Figueroa et al. (2011)	11 homens e 12 mulheres	FC, PAS, PAD e PAM	EJ FJ	Bilateral	2s con 3s exc	40% 1RM 40% 1RM	RFS=3 BI=3	Exaustão Exaustão	60 s 60 s	100	Não	-	Sem diferenças significativas
Kacin et al. (2011)	10 homens	FC, PAS, PAD e PAM	EJ	Unilateral	1s con 1s exc	15% CVM 15% CVM	RFS=4 BI=4	Exaustão e Submáximas	120 s	≥ 230	Não	13,0	BI sem RFS ↑ FC, PAS, PAD e PAM
Rossow et al. (2011)	10 homens	FC, PAS, PAD e PAM	LP, EJ, FJ, FP	-	-	20% 1RM 20% 1RM 70% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=3	30x15x15x15 30x15x15x15 10x10x10	30 s 30 s 60 s	200	Não	5,0	AI ↑ FC até o 60 min e ↓ PAS e PAM no 60 min

Continuação da Tabela 1

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Fahs et al. (2012)	46 homens	FC, PAS, PAD e PAM	PF, DO, FB, EB, EJ, FJ	-	-	Parte superior do corpo 50% 1RM para todos os grupos Parte inferior 20% 1RM 45% 1RM 70% 1RM	RFS=3 MI=3 AI=3	Parte superior foram 10 repetições para todos os grupos Parte inferior 30x15x15x15 10x10x10 15x15x15	60 s 60 s 60 s	160-200	Sim	5,0	Sem diferenças significativas na FC, PAS, PAD e PAM entre os grupos após seis semanas de treinamento
Rossow et al. (2012)	27 homens e mulheres	FC, PAS e PAD	EJ	-	-	20% 1RM	RFS=4	30x15x15x15	30 s 60 s	PASx1,3	Sim	5,0 vs. 13,5	Esfigmomanômetro 13,5 cm ↑ a FC, PAS e a PAD
Loenneke et al. (2012)	08 homens e 05 mulheres	FC	EJ	Bilateral	1s con 1s exc	30% 1RM 30% 1RM	RFS=1 BI=1	Exaustão Exaustão	-	Elásticos	Sim	7,6	Sem diferenças significativas
Ozaki et al. (2013)	19 homens	FC, PAS e PAD	SR	-	-	30% 1RM 75% 1RM	RFS=3 AI=3	30x15x15x15 10x10x10	30 s 120-180 s	100-160	-	3,0	Sem diferenças significativas na FC, PAS e PAD entre os grupos após seis semanas de treinamento
Vieira et al. (2013)	15 jovens e 12 Idosos Homens	FC, PAS, PAD, PAM e DP	FB	Unilateral	2s con 2s exc	30% 1RM 30% 1RM	RFS=1 BI=1	3 min 3 min	-	120	Sim	-	BI+RFS ↑ FC, PAS, PAD e PAM. Sem diferenças entre as idades

Continuação da Tabela 1

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Araújo et al. (2014)	14 mulheres	FC, PAS, PAD	EJ	Bilateral	-	30% 1RM 50% 1RM	RFS=3 MI=3	15x15x15 15x15x15	45 s 60 s	-	-	18,0	BI+RFS ↑ a PAS imediatamente após o exercício quando comparado com MI, porém ↓ PAS
Okuno et al. (2014)	09 homens	FC	LP	Unilateral	-	40% 1RM 40% 1RM 80% 1RM	RFS=5 BI=5 AI=5	16x16x16x16 + exaustão 16x16x16x16 + exaustão 8x8x8x8 + exaustão	60 s 60 s 60 s	100	Sim	14,0	AI ↑ FC
Poton e Potilo (2014)	10 homens 7 mulheres	FC, PAS e PAD	FB	Unilateral	-	20% 1RM 20% 1RM	RFS=3 BI=3	15x15x15 15x15x15	45 s 45 s	200	Sim	14,5	BI+RFS ↑ a FC, PAS, e PAD na terceira série quando comparado ao protocolo de BI
Brandner et al. (2015)	12 homens	FC, PAS, PAD, PAM e DP	FB	Unilateral	2s con 2s exc	20% 1RM 20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=4 RFS=4 BI=4 AI=4	30x15x15x15 30x15x15x15 30x15x15x15 6-8x6-8x6-8x6-8	30 s 30 s 30 s 150 s	80% (91) e 130% (151) da PAS de repouso	Sim e Não	10,5 e 8,0	Os quatro protocolos ↑ a FC, PAS, PAD, PAM e DP imediatamente pós- exercício
Maior et al. (2015)	15 homens	PAS, PAD e PAM	FB	Bilateral	Não	40% 1RM 80% 1RM	RFS=3 AI=3	Exaustão Exaustão	60 s 120 s	109,4	Sim	14,0	BI+RFS ↓ PAS, PAD e PAM

Continuação da Tabela 1

Autor (ano)	Sujeitos	Variável	Protocolo dos exercícios			Intensidade	Volume dos exercícios		Intervalo	PADE (mmHg)	RFS entre séries	LM (cm)	Resultados
			EX	FE	VE		Séries	Repetições					
Neto et al. (2015)	24 homens	PAS, PAD e PAM	FB, EB, EJ e FJ	Bilateral	2s con 2s exc	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=4 CONT = sem exercício	30x15x15x15 30x15x15x15 8x8x8x8	30s 30s 120 s	braço=93 perna=108	Não	braço= 6,0 perna= 10,0	BI+RFS, AI e BI ↓ PAS, BI+RFS ↓ PAD, e AI e BI+RFS ↓ PAM
Poton e Polito (2015)	11 homens 6 mulheres	FC, PAS e PAD	LP	Bilateral	-	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=3 BI=3 AI=3	15x15x15 15x15x15 8x8x8	45 s 45 s 60 s	144,2	Sim	18,0	AI ↑ a FC, PAS, e PAD quando comparado ao protocolos de BI+RFS
Neto et al. (2016)	24 homens	FC e DP	FB, EB, EJ e FJ	Bilateral	2s con 2s exc	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=4 BI=4 AI=4	30x15x15x15 30x15x15x15 8x8x8x8	30 s 30 s 120 s	braço=93 perna=108	Não	braço= 6.0 perna= 10.0	BI+RFS, AI e BI ↑ imediatamente pós- exercício a FC e DP
Poton e Polito (2016)	12 homens	FC, PAS, PAD e DP	EJ	Unilateral	-	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	RFS=3 BI=3 AI=3	15x15x15 15x15x15 8x8x8	45 s 45 s 60 s	167,9	Sim	18,0	AI ↑ a FC, PAS e DP imediatamente pós-exercício na segunda série

RFS = restrição de fluxo sanguíneo; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; FC = frequência cardíaca; DP = duplo produto; EX = exercício; FE = Forma de execução; VE = velocidade de execução; Con = fase concêntrica; Exc = fase excêntrica; CONT = Controle; PADE = pressão aplicada durante o exercício; LM = largura do manguito; - = Não informado; ↑ = aumento significativo; FB = flexão de braço; EB = extensão de braço; EJ = extensão de joelho; FJ = flexão de joelho; LP = leg press; FP = flexão plantar; EP = extensão de panturrilha; PF = puxada frente; DO = Desenvolvimento ombro sentado; SR = supino reto; SCVM = contração voluntária máxima; BI+RFS = baixa intensidade mais a restrição do fluxo sanguíneo; BI = baixa intensidade; AI = alta intensidade, MI = moderada intensidade.

Discussão

O presente estudo sistematizou as evidências científicas disponíveis sobre as alterações promovidas pelo ER de BI combinado com a RFS sobre a PAS, PAD, PAM, FC e DP em indivíduos jovens. Assim, alguns estudos evidenciaram que o ER de BI com RFS contínua apresenta valores maiores de FC, PAS, PAD e PAM quando comparado com os protocolos de BI sem RFS (Loenneke et al., 2010a; Poton & Polito, 2014; Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013). Analisando a metodologia e os resultados destes estudos, observou-se que estas alterações parecem ocorrer mesmo sendo realizado em diferentes segmentos corporais (superior e inferior), isso se o volume total dos exercícios for similar. Entretanto, estes achados são contrários aos de Kacin e Strazar (2011) que observaram aumentos significativos na FC, PAS, PAD e PAM para o protocolo sem a RFS quando comparado com a RFS. Esta explicação pode estar no método utilizado, pois utilizaram um dinamômetro com apenas 15% da CVM e padronizaram o exercício até a exaustão. Isto pode ter promovido uma fadiga muscular mais rápida para o protocolo com a RFS, em consequência disto, o protocolo sem a RFS pode ter apresentado um maior volume de trabalho, justificando assim o aumento das medidas hemodinâmicas.

Os estudos realizados por Figueroa e Vicil (2011), Fahs et al. (2012), Ozaki et al. (2013) e Neto et al. (2016) não encontraram diferenças significativas na FC, PAS, PAD e PAM entre os protocolos ou grupos com e sem a RFS. Isto pode ter ocorrido devido à pressão de RFS ter sido liberada entre as séries, fato não observado nos estudos de Poton e Polito (2014), Takano et al. (2005) e Vieira et al. (2013) que utilizaram a RFS contínua. Os estudos realizados por Fahs et al. (2012) e Ozaki et al. (2013) podem não ter encontrado diferenças significativas devido terem investigado o efeito crônico do ER com e sem RFS e seis semanas podem ter sido insuficientes para reduzir a FC, PAS, PAD e PAM. Entretanto, os estudos realizados por Poton e Polito (2015; 2016) verificaram o aumento significativo na FC, PAS, PAD e DP para o protocolo de BI quando comparado com os de BI com ou sem a RFS. Isto pode ter ocorrido devido o volume de treinamento ser sido superior aos protocolos de BI com e sem RFS. Outro ponto a destacar é o aumento da PA e FC para o protocolo de BI com RFS contínua quando comparado à intensidade

moderada (Araújo et al., 2014). Esse aumento pode ter ocorrido devido à redução do fluxo sanguíneo e do exercício muscular promover um aumento no reflexo pressor, o que por sua vez contribui para o aumento da resposta cardiovascular autonômica (Spranger et al., 2015). Além disso, o estudo realizado por Araújo et al. (2014) utilizaram apenas mulheres hipertensas. Especula-se que a resposta ao reflexo pressor do exercício pode ocorrer com maior ênfase nessa população (Greaney et al., 2014) usando RFS contínua. Além disso, houve um aumento significativo na PA e FC para o protocolo de BI com RFS quando comparado a BI sem RFS, mas isso só foi observado em estudos usando RFS contínua (Poton & Polito, 2014; Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013), não foram observadas diferenças significativas em estudos com RFS intermitente (Figuroa & Vicil, 2011; Neto et al., 2016), que reforçam a segurança RFS intermitente. Neste contexto, o estudo conduzido por Brandner et al. (2015) descobriram que o BFR intermitente parece aumentar a FC, a PAS e a PAM mais do que a RFS contínua. No entanto, uma limitação importante deste estudo foi à aplicação de diferentes pressões para a RFS contínua (80% em repouso) e RFS intermitente (130% em repouso). Adicionalmente, sugere-se que o RFS realizado de forma contínua ou intermitente melhora aparentemente a força e a hipertrofia muscular (Fitschen et al., 2014) e aumenta a ativação muscular (Yasuda et al., 2013), com menor dor para RFS intermitente (Fitschen et al., 2014). Dessa forma, o RFS intermitente seria uma alternativa melhor para a prática deste método de treinamento, pois não aumenta as respostas hemodinâmicas (Figuroa & Vicil, 2011; Neto et al., 2016) e promove aumentos de força e hipertrofia (Fitschen et al., 2014) e ativação muscular (Yasuda et al., 2013) com menos dor.

A largura grande (13,5 cm) do manguito parece aumentar a FC, PAS e PAD quando comparado com um pequeno (5,0 cm) (Rossow et al., 2012). Neste contexto, Loenneke et al. (2013) mencionam que o uso da largura maior do cuff ($\geq 13,5$ centímetros) pode promover um meio eficaz para definir uma oclusão relativa (total), pois um manguito menor pode necessitar de uma pressão mais alta para obstruir o fluxo sanguíneo arterial. E como Rossow et al. (2012) usaram pressões similares entre protocolos, o estímulo pode ter sido maior para o manguito maior, o que poderia explicar uma maior pressão exercida sobre os vasos sanguíneos.

Três estudos encontraram respostas hipotensivas após o ER de BI com a RFS (Araújo et al., 2014; Maior et al., 2015; Neto et al., 2015), porém três estudos não encontraram (Brandner et al., 2015; Fahs et al., 2011; Rossow et al., 2011). Assim, ao analisar as metodologias e as populações dos estudos, parece que a maior magnitude da hipotensão parece ocorrer após a realização do ER com a RFS para os membros superiores e inferiores (agonista-antagonista), nos hipertensos (membros inferiores) e com cargas a 40% de 1RM (membros superiores) para indivíduos jovens aparentemente saudáveis, ou seja, parece não ocorrer resposta hipotensiva ao realizar o ER de BI ($\leq 30\%$ 1RM) com a RFS em segmentos isolados com indivíduos jovens aparentemente saudáveis, porém, cargas menores (30% 1RM) já podem promover respostas hipotensivas após o ER de BI com RFS em indivíduos hipertensos. Adicionalmente, parece que a realização de exercícios para membros superiores e inferiores em uma mesma sessão podem promover efeitos hipotensivos maiores do que os observados quando realizados exercícios em apenas um segmento, o que pode estar associado à quantidade de massa muscular envolvida (Lizardo & Simões, 2005). Nesta direção, a redução da pressão arterial encontrada no estudo conduzido por Neto et al. (2015) pode ter acontecido devido à quantidade de massa muscular envolvida (superior e inferior do corpo) e isto pode ter provocado o aumento de óxido nítrico no endotélio produzido pelo estresse de cisalhamento, que tem um papel importante e protetor sobre o tônus vascular (Loenneke et al., 2010b; Manini & Clark, 2009).

Finalmente, seis estudos encontraram um aumento da FC para o protocolo de AI quando comparado com os de BI com ou sem a RFS (Brandner et al., 2015; Fahs et al., 2011; Okuno et al., 2014; Poton & Polito, 2015; Poton & Polito, 2016; Rossow et al., 2011). Estes achados podem ter acontecido devido o volume total dos exercícios ter sido maior para o protocolo de AI. Esse aumento da FC pode ser responsável em elevar o DP após o exercício, seja ele realizado de forma unilateral ou bilateral (Brandner et al., 2015; Neto et al., 2016; Poton & Polito, 2016; Vieira et al., 2013). Tais respostas no DP podem estar associada à tensão muscular associada ao estrangulamento dos vasos sanguíneos induzida pela RFS, o que poderia estimular os mecanorreceptores musculares e tendíneos (Hayes et al., 2005), o que possivelmente justificaria um aumento da FC e pressão arterial (Fisher et al.,

2005). Adicionalmente, a ativação das fibras do tipo III e metabareceptores promovidos pela RFS, parece promover a inibição do ramo parassimpático do sistema nervoso autônomo e estimulação do quimiorreflexo, contribuindo assim para um aumento das respostas cardiovasculares (Coote & Bothams, 2001; Kaufman & Hayes, 2002).

Conclusão

Os protocolos que utilizaram a RFS contínua após uma sessão de ER de BI parecem elevar a FC, PA e o DP quando comparado com os protocolos de BI sem RFS, embora pareçam existir aumentos significativos na PA entre os protocolos de AI quando comparados aos protocolos de BI. Alterações hemodinâmicas (FC, PAS, PAD, PAM, DP) promovidas pelo ER de BI com RFS não parecem diferir entre idades e segmentos corporais (superior ou inferior), porém parecem ser influenciadas pela largura do manguito e serem mais altas com a RFS contínua.

Pode-se observar que estas alterações estão dentro da normalidade, portanto, este método pode ser considerado seguro e viável para populações especiais como idosos, cardiopatas, entre outras. Uma vez que promove acréscimos da força e da hipertrofia utilizando intensidades baixas, porém sem alterar negativamente as medidas hemodinâmicas. Outro ponto que vale ser abordado é que a amostra dos manuscritos era pequena e a reduzida participação do sexo feminino podem ser fatores limitantes dos estudos, principalmente do que diz respeito à extrapolação dos dados.

Todavia, diferentes resultados podem ser encontrados devido à falta de um padrão de treinamento que parece ser estabelecido conforme os critérios metodológicos dos pesquisadores e que por sua vez podem interferir na generalização dos resultados. Desta forma, torna-se relevante o desenvolvimento de novos experimentos controlados, randomizados e amostras maiores com objetivo de investigar as implicações do ER de BI com a RFS sobre a PAS, PAD, PAM, FC, DP em diferentes populações utilizando metodologias similares. A comparação das diferentes intensidades com e sem a restrição também necessita de ser melhor estudada.

Agradecimentos

Não foi obtida assistência financeira para este estudo.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R, Sugaya M, Kudo M, Kurano M, Yasuda T. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. *J Sports Sci Med* (2010); **9**: 452-458.
- ACSM. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* (2009); **41**: 687-708.
- Araújo JP, Silva ED, Silva JCG, Souza TSP, Lima EO, Guerra I, Sousa MSC. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. *J Hum Kinet* (2014); **43**: 79-85.
- Bentes CM, Costa PB, Neto GR, Costa e Silva GV, De Salles BF, Miranda HL, Novaes JS. Hypotensive effects and performance responses between different resistance training intensities and exercise orders in apparently health women. *Clin Physiol Funct Imaging* (2015); **35**: 185-190.
- Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, Baum K, Hambrecht R, Gielen S. Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* (2004); **11**: 352-361.
- Braith RW, Stewart KJ. Resistance exercise training its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation* (2006); **113**: 2642-2650.

- Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports* (2015); **25**: 770-777.
- Coote JH, Bothams VF. Cardiac vagal control before, during and after exercise. *Exp Physiol* (2001); **86**: 811-815.
- Fahs CA, Rossow LM, Loenneke JP, Thiebaud RS, Kim D, Bemben DA, Bemben MG. Effect of different types of lower body resistance training on arterial compliance and calf blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging* (2012); **32**: 45-51.
- Fahs CA, Rossow LM, Seo D, Loenneke JP, Sherk VD, Kim E, Bemben DA, Bemben MG. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *Eur J Appl Physiol* (2011); **111**: 2969-2975.
- Figuerola A, Vicil F. Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. *Scand J Med Sci Sports* (2011); **21**: 431-436.
- Fisher JP, Bell MPD, White MJ. Cardiovascular responses to human calf muscle stretch during varying levels of muscle metaboreflex activation. *Exp Physiol* (2005); **90**: 773-781.
- Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, Wilund KR. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging* (2014); **34**: 356-363.
- Gil ALS, Neto GR, Sousa MSC, Dias I, Vianna J, Nunes RAM, Novaes JS. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clin Physiol Funct Imaging* (2015); **35**.
- Greaney JL, Matthews EL, Boggs ME, Edwards DG, Duncan RL, Farquhar WB. Exaggerated exercise pressor reflex in adults with moderately elevated systolic blood pressure: role of purinergic receptors. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* (2014); **306**: H132-H141.
- Hayes SG, Kindig AE, Kaufman MP. Comparison between the effect of static contraction and tendon stretch on the discharge of group III and IV muscle afferents. *J Appl Physiol* (2005); **99**: 1891-1896.

- Hollander DB, Reeves GV, Clavier JD, Francois MR, Thomas C, Kraemer RR. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. *J Strength Cond Res* (2010); **24**: 235-243.
- Humphreys PW, Lind AR. The blood flow through active and inactive muscles of the forearm during sustained hand-grip contractions. *J Physiol* (1963); **166**: 120-135.
- Kacin A, Strazar K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports* (2011); **21**: 231-241.
- Kaufman MP, Hayes SG. The exercise pressor reflex. *Clin Auton Res* (2002); **12**: 429-439.
- Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, M. NJ, Aihara AY, Rocha CFA, Tricoli V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc* (2012); **44**: 406-412.
- Libardi CA, Chacon-Mikahil MP, Cavaglieri CR, Tricoli V, Roschel H, Vechin FC, Conceição MS, Ugrinowitsch C. Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *Int J Sports Med* (2015); **36**: 395-399.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann Intern Med* (2009); **151**: 65-94.
- Lind AR, McNicol GW. Circulatory responses to sustained hand-grip contractions performed during other exercise, both rhythmic and static. *J Physiol* (1967); **192**: 595-607.
- Lizardo JHF, Simões HG. Effects of different resistance exercise sessions on post-exercise hypotension. *Braz J Phys Ther* (2005); **9**: 249-255.
- Loenneke JP, Fabs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Mattocks KT, Abe T, Bemben MG. Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. *Front Physiol* (2013); **4**: 229.
- Loenneke JP, Kearney ML, Thrower AD, Collins S, Pujol TJ. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *J Strength Cond Res* (2010a); **24**: 2831-2834.

- Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med* (2010b); **31**: 1-4.
- 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**: 268-273.
- Maiores AS, Simão R, Rocha MMS, Freitas SB, Willardson JM. Influence of Blood Flow Restriction During Low-intensity Resistance Exercise on the Post-exercise Hypotensive Response. *J Strength Cond Res* (2015).
- Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sport Sci Rev* (2009); **37**: 78-85.
- Moraes RS, Nóbrega ACL, Castro RRT, Negrão CE, Stein R, Serra SM. Guidelines for cardiac rehabilitation. *Arq Bras Cardiol* (2005); **84**: 431-440.
- Neto GR, Sousa MSC, Costa e Silva GV, Gil ALS, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Physiol Funct Imaging* (2016); **36**: 53-59.
- Neto GR, Sousa MSC, Costa PB, Salles BF, Novaes GS, Novaes JS. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Cond Res* (2015); **29**: 1064–1070.
- Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, Iwase Y, Satou N, Nakamura S. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop* (2003); **74**: 62-68.
- Okuno NM, Pedro RE, Leicht AS, Ramos PS, Nakamura FY. Cardiac autonomic recovery after a single session of resistance exercise with and without vascular occlusion. *J Strength Cond Res* (2014); **28**: 1143-1150.
- Ozaki H, Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki-Sunaga M, Naito H, Abe T. Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. *Eur J Appl Physiol* (2013); **113**: 167-174.
- Park S, Kim JK, Choi HM, Kim HG, Beekley MD, Nho H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *Eur J Appl Physiol* (2010); **109**: 591-600.

- Patterson SD, Ferguson RA. Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *J Aging Phys Act* (2011); **19**: 201-213.
- Poton R, Polito MD. Cardiovascular responses during resistance exercise with blood flow restriction. *Rev Bras Cardiol* (2014); **27**: 104-110.
- Poton R, Polito MD. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging* (2016); **36**: 231-236.
- Poton R, Polito MD. Hemodynamics responses during lower-limb resistance exercise with blood flow restriction in healthy subjects. *J Sports Med Phys Fitness* (2015); **55**: 1571-1577.
- Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, Bembien MG. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging* (2012); **32**: 331-337.
- Rossow LM, Fahs CA, Sherk VD, Seo D, Bembien DA, Bembien MG. The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clin Physiol Funct Imaging* (2011); **31**: 429-434.
- Silva JCG, Neto GR, Freitas E, Neto E, Batista G, Torres M, Sousa MSC. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *J Exerc Physiol Online* (2015); **18**: 33-41.
- Spranger MD, Krishnan AC, Levy PD, O'Leary DS, Smith SA. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* (2015); **309**: H1440-H1452.
- Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, Hirose K, Matsumoto A, Takenaka K, Hirata Y. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol* (2005); **95**: 65-73.
- Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol* (2002); **86**: 308-314.

- Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusions diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc* (2000a); **32**: 2035-2039.
- Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol* (2000b); **88**: 2097.
- Umpierre D, Stein R. Hemodynamic and vascular effects of resistance training: implications for cardiovascular disease. *Arq Bras Cardiol* (2007); **89**: 256-262.
- Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Nogueira FR, Lixandrão ME, Berton R, Tricoli V, Roschel H, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MP. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res* (2015); **29**: 1071-1076.
- Vieira PJC, Chiappa GR, Umpierre D, Stein R, Ribeiro JP. Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *J Strength Cond Res* (2013); **27**: 2288-2294.
- Yasuda T, Loenneke JP, Ogasawara R, Abe T. Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiol Hung* (2013); **100**: 419-426.

ARTIGO 2

Efeito hipotensivo do exercício de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente

Título abreviado: *restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente*

Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos agudos do exercício de força (EF) de baixa intensidade (BI) com a restrição do fluxo sanguíneo contínua (RFSC) e a restrição do fluxo sanguíneo intermitente (RFSI) na pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e pressão arterial média (PAM). Após o teste de uma repetição máxima, 10 homens normotensos recreacionalmente treinados realizaram três protocolos experimentais. Nos três protocolos de EF, observaram-se aumentos na PAS, PAD e PAM, imediatamente após o exercício, mas os tamanhos de efeito (TE) foram maiores para os protocolos BI+RFSC e de alta intensidade. Houve efeitos hipotensivos na PAS, PAD e PAM em todos os três protocolos; entretanto, os efeitos no PAM duraram mais tempo para os protocolos BI+RFSI e BI+RFSC. Estes efeitos hipotensivos de longo prazo sobre a PAD e a PAM ocorreram em todos os três protocolos. Dessa forma, conclui-se que os efeitos hipotensivos pós-exercício sobre a PAS, PAD e PAM parecem ocorrer em todos os três protocolos de EF, sendo o efeito na PAS mais longo nos protocolos BI+RFSI e BI+RFSC.

Palavras-chave: kaatsu, oclusão vascular, hipotensão, exercício resistido

Abstract

The aim of this study was to compare the acute effects of low-intensity (LI) resistance exercise (RE) with continuous blood flow restriction (CBFR) and intermittent blood flow restriction (IBFR) on systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), and mean arterial pressure (MAP). After a one-repetition maximum test, 10 normotensive recreationally trained men performed three experimental protocols. In the three RE protocols, increases in SBP, DBP, and MAP were observed immediately after exercise, but the effect sizes (ESs) were greater for the LI+CBFR and high-intensity protocols. There were hypotensive effects on SBP, DBP, and MAP in all three protocols; however, the effects on MAP lasted longer for the LI+IBFR and LI+CBFR protocols. These long-lasting hypotensive effects on DBP and MAP occurred in all three protocols. Thus, we conclude that the post exercise hypotensive effects on SBP, DBP, and MAP appear to occur in all three RE protocols, with the effect on SBP being longer in the LI+IBFR and LI+CBFR protocols.

Key words: kaatsu, vascular occlusion, hypotension, resistance training

Introdução

Os exercícios de força (EF) tradicionais têm sido utilizados para promover respostas hipotensivas após o exercício¹⁻³. Isto ocorrer porque estes exercícios promovem uma redução da resistência vascular devido o aumento das substâncias endoteliais, bem como ocorre uma redução da atividade nervosa simpática e do débito cardíaco⁴. Além disto, os EF aprimoram o desenvolvimento e a manutenção da força, da resistência muscular, da potência e da hipertrofia muscular^{5, 6}. Entretanto, alguns indivíduos não podem ser submetidos a exercícios com cargas de altas intensidades devido a diversos problemas de saúde e por isto não podem realizar treinamento com cargas elevadas (>70% de uma repetição máxima [1RM]) que são recomendadas para o aumento da força e da hipertrofia⁶. Sendo assim, os EF de baixa intensidade (BI) em combinação com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) pode ser utilizado para estes indivíduos, já que este método utiliza cargas baixas (20-30% de 1RM) combinado a um torniquete o que reduz o impacto que as altas cargas promovem nas articulações^{7, 8}. Este método tem mostrado que os ganhos em força e massa muscular são tão efetivos quanto o treinamento de alta intensidade (AI)^{9, 10} e seguros em relação à hemodinâmica¹¹⁻¹⁴.

Neste contexto, alguns estudos avaliaram se haveria efeito hipotensivo [pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e/ou a pressão arterial média (PAM)] após aplicação do EF de BI com a RFS contínua^{12, 15, 16} e intermitente^{17, 18} isoladamente. Destes estudos, apenas três encontraram respostas hipotensivas após o EF de BI com a RFS¹⁵⁻¹⁷. Entretanto, apenas o estudo do Brandner, Kidgell e Warmington¹⁹ comparou o efeito hipotensivo do EF de BI com a RFS contínua e intermitente após um exercício unilateral de flexão de cotovelo. Este estudo não encontrou efeito hipotensivo pós-exercício e apresentou algumas limitações que podem ter interferido no resultado, por exemplo, a quantidade de exercícios utilizados, a forma de execução (unilateral e monoarticular) e as diferentes pressões utilizadas para a RFS. Adicionalmente, observou-se que poucos estudos encontraram efeitos similares ao compararem o EF de BI com a RFS contínua e intermitente sobre a ativação muscular²⁰, força e massa magra²¹. Embora ambos tenham benefícios para a força e hipertrofia, a melhor estratégia para

trabalhar com a RFS, seja em um único exercício ou em uma sessão de exercício, permanece desconhecido. Assim, seria interessante entender os estímulos na pressão arterial para verificar o grau de mudança e observar qual seria o método mais seguro de RFS (contínua versus intermitente) em uma sessão de EF com RFS. No entanto, é necessário realizar estudos em populações saudáveis (por exemplo, jovens e adultos) com procedimentos seguros e métodos apropriados para serem posteriormente extrapolados em populações especiais.

Ao revisar a literatura pertinente, observou-se que nenhuma investigação foi encontrada analisando o efeito hipotensivo após a realização de uma sessão de EF para membros superiores com a RFS contínua e intermitente. Diante do exposto, a hipótese do presente estudo era que a resposta hipotensiva ocorreria de forma similar para os exercícios de AI quando comparado com os EF de BI realizado com a RFS contínua e intermitente. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar o efeito agudo do EF com RFS contínua e intermitente sobre a PAS, PAD e PAM em homens normotensos recreacionalmente treinados.

Métodos

Sujeitos

No total, 10 homens militares normotensos recreacionalmente treinados ($19 \pm 0,8$ anos; $78,8 \pm 10,8$ kg; $174,6 \pm 5,4$ m; $25,7 \pm 2,7$ m².kg⁻¹) entre 18 a 21 anos realizaram em ordem aleatória três protocolos experimentais. Aqueles considerados recreativamente treinados tinham entre 1 e 5 anos de experiência em treinamento de força²². A amostra foi selecionada por conveniência; entretanto, os sujeitos incluídos deveriam ser homens normotensos com idade entre 18 e 30 anos. Os sujeitos foram divididos aleatoriamente para submeter-se aos três protocolos após a seleção (design cruzado). Foram excluídos do estudo: (1) os que responderem positivamente a quaisquer dos itens do *Physical Activity Readiness Questionnaire / PAR-Q*²³, (2) os que faltaram uma das sessões, (3) os que apresentaram algum tipo de lesão osteomioarticular nos membros superiores e (4) os fumantes. Após serem explicados os riscos e benefícios da pesquisa os sujeitos assinaram o termo de

consentimento livre esclarecido elaborado de acordo com a declaração de Helsinque. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (protocolo nº 0476/13).

Desenho do Estudo

Foram avaliadas a antropometria e a força muscular durante a primeira visita ao laboratório. Após esta visita, os participantes foram ao laboratório em três ocasiões separadas entre 72-96 horas, durante o qual eles completaram os três protocolos em ordem aleatória (*crossover design*): (1) EF de baixa intensidade a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BI+RFSI), (2) EF de baixa intensidade a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BI+RFSC), (3) EF de alta intensidade a 80% de 1RM (AI). Todos os três protocolos foram realizados no mesmo horário do dia para controlar a variação diurna da PA. Foi realizada a mensuração da PA antes (repouso), imediatamente depois, 15, 30, 45 e 60 min após todos os protocolos. Os sujeitos foram instruídos a evitar o exercício exaustivo, a ingestão de cafeína e chocolate, o uso de suplementos nutricionais e a ingestão de bebidas alcoólicas durante e após as sessões de esforço e foram aconselhados a dormir pelo menos seis horas na noite anterior à sessão de exercício. Além disso, os indivíduos foram instruídos a manter os mesmos hábitos alimentares durante o período do estudo e não realizar a manobra de Valsalva durante todas as sessões de EF.

Procedimentos

Avaliação antropométrica

A estatura e a massa corporal foram aferidas com precisão de 0,5 cm e 0,1 kg, respectivamente. Utilizou-se um estadiômetro e balança (model 31, Filizola, São Paulo, Brasil).

Teste de uma repetição máxima (1RM)

Os exercícios foram realizados de forma bilateral: supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *puley* e rosca bíceps direta no *puley*, respectivamente. Para o aquecimento, cada indivíduo realizou uma série de cinco a 10 repetições com 40 e 60%, da força máxima percebida com intervalos de um min entre as séries. Depois de um min de intervalo, a segunda série foi concluída entre três e cinco repetições a 60-80% da força máxima percebida. Depois de um min de descanso, a avaliação da força foi iniciada e medida em até cinco tentativas, a carga era ajustada antes de cada nova tentativa. A duração de recuperação entre as tentativas foi padronizada em 3-5 min e utilizou-se um intervalo de 20 min para recuperação entre os diferentes exercícios. O teste foi interrompido quando o indivíduo não conseguiu executar corretamente o movimento, sendo considerada a carga máxima a carga mobilizada na última tentativa bem sucedida. Foram adotadas as seguintes estratégias para reduzir a margem de erro nos procedimentos de coleta de dados: 1) todos os testes foram realizados na mesma hora do dia em cada sessão 2) instruções padronizadas foram dadas antes dos testes, assim, cada sujeito testado estava ciente de toda a rotina de coleta de dados, 3) o indivíduo testado foi instruído sobre a técnica adequada da execução do exercício; 4) todos os participantes receberam encorajamento verbal padronizado durante os testes.

Avaliação da pressão arterial (PA)

Antes e depois de cada sessão, a pressão arterial foi avaliada por meio de um estetoscópio (3M, Littmann® Cardiology, EUA) e um esfigmomanômetro aneroide (DuraShock™ Tycos®, Modelo DS-44; Welch Allyn, Skaneateles Falls, NY). O manguito foi colocado no braço direito e foi envolvido completamente, abrangendo pelo menos dois terços da parte superior do braço. As medições da pressão arterial foram realizadas 15 minutos antes (duas medidas em repouso); imediatamente após o exercício (pós-30-45 s); e aproximadamente 15 min (pós-15), 30 min (pós-30), 45 min (pós-45) e 60 min (pós-60) após cada protocolo. Imediatamente após a sessão de exercício, o indivíduo foi instruído a sentar, em seguida, o torniquete padrão foi

removido e um esfigmomanômetro foi colocado para a medição da pressão arterial. Todas as medições foram realizadas de acordo com as diretrizes da *American Heart Association*²⁴. A PAM foi calculada pela equação:

$$(PAS + 2PAD) / 3$$

Determinação da restrição de fluxo sanguíneo

Após a avaliação da pressão arterial utilizando o esfigmomanômetro, os sujeitos permaneceram sentados e um esfigmomanômetro padrão foi colocado na região da prega axilar para verificar a pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester*) no braço (largura de 60 mm e comprimento de 470 mm) para verificar a pressão arterial antes de iniciar cada protocolo de RFSC e RFSI. A restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio da multiplicação da Pressão Arterial Sistólica x 1,3^{13, 19, 25}. O manguito era inflado ou desinflado entre as séries. A pressão média utilizada durante todo o protocolo dos exercícios (intermitente e contínua) foi de 163,8±10,5 e 160,9±12,9 mm Hg, respectivamente.

Sessões experimentais

Foram realizados quatro EF com execução bilateral: supino reto (com barra convencional e anilhas calibradas), puxada frontal, rosca tríceps no *puley* e rosca bíceps direta no *puley* (em máquinas convencionais), respectivamente. Os participantes realizaram três protocolos em ordem aleatória: quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BI+RFSI); quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BI+RFSC); quatro EF a 80% de 1RM (AI). Para os protocolos de BI com a RFS contínua e intermitente, os participantes completaram 30 repetições seguidas de três séries de 15 repetições, utilizando 20% de 1RM com 30 s de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios enquanto usava um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities -*

Riester) nos braços (largura 60 milímetros, comprimento 470 milímetros) fixados na região mais proximal. Para o protocolo de BI+RFSI o manguito foi desinflado entre as séries e para o protocolo de BI+RFSC o manguito foi mantido inflado entre as séries. Para o protocolo de AI, os participantes completaram três séries de oito repetições com 80% de 1RM com dois min de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios. A velocidade de execução foi estabelecida em três segundos (1,5 para a ação muscular concêntrica e 1,5 para a excêntrica) controlada por meio de um metrônomo.

Volume total de exercícios

O volume total (VT) de exercício foi obtido por meio da multiplicação da carga total, das séries e das repetições completas nos três exercícios (carga x séries x repetições).

Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada inicialmente pelo teste de normalidade *Shapiro-Wilk* e pelo teste de homogeneidade Levene. As variáveis demonstraram distribuição normal e homogeneidade ($p > 0,05$). O teste de reprodutibilidade foi realizado entre a primeira e a segunda medição da pressão arterial em repouso antes do início de cada protocolo (coeficiente de correlação intraclasse [ICC]). Utilizou-se o teste t-pareado para comparar as duas pressões de RFS utilizadas nos protocolos de BI+RFSI e BI+RFSC e a Anova One-Way com *post hoc* de *Bonferroni* para comparar o volume total dos exercícios entre os protocolos. Anova *two-way* de medidas repetida (protocolos [BI+RFSI vs. BI+RFSC vs. AI] × tempo [repouso vs. imediatamente pós-exercício vs. 15 min vs. 30 min vs. 45 min vs. 60 min]) seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças nas variáveis PAS, PAD e PAM. O tamanho do efeito (TE) foi utilizado para verificar a magnitude [trivial < 0,35, pequena = 0,35–0,80, moderada = 0,80–1,50 e grande > 1,5] das mudanças entre as avaliações dos protocolos do estudo²² e foi utilizada a variação percentual ($\Delta\%$), para expressar as possíveis diferenças entre as

mudanças significativas. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS versão 20.0 do pacote (SPSS Inc., Chicago, IL).

Resultados

Os ICCs da pressão arterial calculados pelo pesquisador foram os seguintes: BI+RFSI = 0,975, BI+RFSC = 0,966 e AI = 0,959. Todos os indivíduos completaram as três sessões de exercício. O teste t pareado não revelou diferenças significativas entre as duas pressões de RFS utilizadas no protocolo BI+RFSI vs. BI+RFSC ($p = 0,444$). Em relação ao volume total (supino reto, puxada frontal, extensão do tríceps e flexão do bíceps) houve diferença significativa entre os protocolos de EF BI vs. AI (BI+RFSI e BI+RFSC $[4131,0 \pm 608,2]$ vs. AI $[5598,7 \pm 836,7]$, $p < 0,001$); entretanto, não houve diferença significativa entre BI+RFSI e BI+RFSC ($p = 1,000$).

Na análise comparativa da PAS pela Anova Two Way de medidas repetidas, observou-se que não houveram interações significativas entre os protocolos x tempo ($F_{(2, 6)} = 1,931$; $\eta^2 = 0,125$; $p = 0,104$) e na condição protocolo ($F_{(2, 6)} = 1,549$; $\eta^2 = 0,103$; $p = 0,231$), porém, houve interações significativas na condição tempo ($F_{(2, 6)} = 117,881$; $\eta^2 = 0,814$; $p < 0,001$). Em uma análise exploratória, observou-se que houve diferença significativa entre BI+RFSC vs. AI no 15 e 30 min ($p = 0,017$; $p = 0,050$), respectivamente. Na condição tempo, observaram-se aumentos significativos entre o repouso e imediatamente depois dos exercícios para todos os protocolos [BI+RFSI ($p < 0,001$, $\Delta = 24,6\%$, $TE = 3,05$), BI+RFSC ($p < 0,001$, $\Delta = 35,7\%$, $TE = 5,62$) e AI ($p < 0,001$, $\Delta = 35,2\%$, $TE = 3,80$)]. Foram observadas reduções significativas entre o repouso vs. 45 min e repouso vs. 60 min, ($p = 0,021$, $\Delta = -6,8\%$, $TE = 0,85$; $p = 0,003$, $\Delta = -8,5\%$; $TE = 1,05$), para o protocolo BI+RFSI, respectivamente. Para o protocolo de BI+RFSC, houve reduções significativas entre repouso vs. 60 min, ($p = 0,003$, $\Delta = -8,3\%$, $TE = 1,31$). Para o protocolo AI, houve reduções significativas entre o repouso vs. 15 min, repouso vs. 30 min, ($p = 0,005$, $\Delta = -8,1\%$, $TE = 0,88$; $p = 0,022$, $\Delta = -7,3\%$; $TE = 0,79$), respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise comparativa na pressão arterial sistólica (PAS) entre os protocolos do estudo

Protocolos	Pressão Arterial Sistólica (mm Hg)					
	Repouso	Imediatamente depois	15 min	30 min	45 min	60 min
BI+RFSI	123,5±10,0	154,0±21,7*	120,0±12,4	117,0±12,5	115,0±11,7*	113,0±14,9*
BI+RFSC	126,0±8,0	171,0±17,9*	126,5±11,5†	123,5±12,0†	120,5±8,9	115,5±11,1*
AI	122,0±11,3	165,0±15,8*	112,0±13,9*	113,0±9,4*	117,0±9,4	116,0±9,6

† diferença significativa entre BI+RFSC vs. AI; * diferença significativa entre repouso vs. imediatamente depois dos exercícios, repouso vs. 15 min, repouso vs. 30 min, repouso vs. 45 min, repouso vs. 60 min; BI+RFSI = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BI+RFSC = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa da PAD pela Anova Two Way de medidas repetidas, observou-se que não houveram interações significativas entre os protocolos x tempo ($F_{(2, 6)} = 0,715$; $\eta^2 = 0,050$; $p = 0,709$) e na condição protocolo ($F_{(2, 6)} = 0,891$; $\eta^2 = 0,062$; $p = 0,422$), porém, houve interações significativas na condição tempo ($F_{(2, 6)} = 44,651$; $\eta^2 = 0,623$; $p < 0,001$). Na condição tempo, observaram-se aumentos significativos entre o repouso e imediatamente depois dos exercícios para todos os protocolos [BI+RFSI ($p < 0,001$, $\Delta = 16,6\%$, $TE = 1,26$), BI+RFSC ($p < 0,001$, $\Delta = 15,7\%$, $TE = 1,73$) e AI ($p < 0,001$, $\Delta = 22,7\%$, $TE = 2,46$)]. Foram observadas reduções significativas entre o repouso vs. 60 min para todos os protocolos [BI+RFSI ($p = 0,004$, $\Delta = -10,8\%$, $TE = 0,82$); BI+RFSC ($p = 0,001$, $\Delta = -12,7\%$, $TE = 1,47$); AI ($p = 0,014$, $\Delta = -8,8\%$, $TE = 0,95$)], conforme Tabela 2.

Tabela 2. Análise comparativa na pressão arterial diastólica (PAD) entre os protocolos do estudo

Protocolos	Pressão Arterial Diastólica (mm Hg)					
	Repouso	Imediatamente depois	15 min	30 min	45 min	60 min
BI+RFSI	78,0±10,3	91,0±8,7*	75,5±9,5	75,0±10,8	74,5±11,6	69,5±12,1*
BI+RFSC	82,5±7,1	95,5±6,4*	81,0±8,7	79,0±7,3	77,0±9,4	72,0±7,5*
AI	79,0±7,3	97,0±9,4*	74,0±8,4	78,0±8,3	78,0±7,8	72,0±7,8*

* diferença significativa entre repouso vs. imediatamente depois dos exercícios, repouso vs. 60 min; BI+RFSI = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BI+RFSC = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa da PAM pela Anova Two Way de medidas repetidas, observou-se que não houveram interações significativas entre os protocolos x tempo ($F_{(2, 6)} = 1,291$; $\eta^2 = 0,087$; $p = 0,265$) e na condição protocolo ($F_{(2, 6)} = 1,181$; $\eta^2 = 0,080$; $p = 0,322$), porém, houve interações significativas na condição tempo ($F_{(2, 6)} = 94,666$; $\eta^2 = 0,778$; $p < 0,001$). Em uma análise exploratória, observou-se que houve diferença significativa entre BI+RFSC vs. AI no 15 ($p = 0,033$). Na condição tempo, observaram-se aumentos significativos entre o repouso e imediatamente depois dos exercícios para todos os protocolos [BI+RFSI ($p < 0,001$, $\Delta = 20,3\%$, $TE = 2,03$), BI+RFSC ($p < 0,001$, $\Delta = 24,4\%$, $TE = 3,48$) e AI ($p < 0,001$, $\Delta = 28,1\%$, $TE = 3,16$)]. Foram observadas reduções significativas entre o repouso vs. 60 min, ($p = 0,001$, $\Delta = -9,7\%$, $TE = 0,96$), para o protocolo BI+RFSI. Para o protocolo de BI+RFSC, houve reduções significativas entre repouso vs. 60 min, ($p < 0,001$, $\Delta = -10,7\%$, $TE = 1,52$). Para o protocolo AI, houve reduções significativas entre o repouso vs. 15 min e

repouso vs. 60 min ($p = 0,013$, $\Delta = -7,1\%$, $TE = 0,80$; $p = 0,008$, $\Delta = -7,1\%$, $TE = 0,80$), respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Análise comparativa na pressão arterial média (PAM) entre os protocolos do estudo

Pressão Arterial Média (mm Hg)						
Protocolos	Repouso	Imediatamente depois	15 min	30 min	45 min	60 min
BI+RFSI	93,1±9,4	112,0±12,3*	90,3±9,7	89,0±10,3	87,9±11,2	84,0±12,3*
BI+RFSC	96,9±6,8	120,6±9,1*	96,1±8,8†	93,8±7,5	91,4±8,9	86,5±7,7*
AI	93,3±8,3	119,6±9,7*	86,6±9,6*	89,6±6,7	90,9±7,7	86,6±6,8*

† diferença significativa entre BI+RFSC vs. AI; * diferença significativa entre repouso vs. imediatamente depois dos exercícios, repouso vs. 15 min, repouso vs. 60 min; BI+RFSI = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BI+RFSC = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; AI = protocolo de alta intensidade

Discussão

O presente estudo comparou o efeito agudo do EF com RFS contínua e intermitente sobre a PAS, PAD e PAM em homens militares. Para nosso conhecimento este foi o primeiro estudo que analisou o efeito hipotensivo comparando a RFS contínua e intermitente após uma sessão de membros superiores. Assim, nossos principais achados foram: 1) os três protocolos de EF elevaram a PAS, PAD e PAM imediatamente depois do exercício; 2) houve efeito hipotensivo na PAS, PAD e PAM para os três protocolos sem diferenças significativas entre eles, entretanto, a duração do efeito foi maior na PAS para os protocolos BI+RFSI e BI+RFSC.

Analisando os nossos achados do efeito agudo na qual os três protocolos elevaram a PAS, PAD e PAM sem diferença significativa entre eles, porém com uma magnitude menor para o protocolo BI+RFSI quando comparado com os outros protocolos. Especula-se que isto pode ter ocorrido devido a RFS intermitente promover menores níveis dores musculares, quando comparado com a RFS contínua²¹, o que poderia ocasionar menos tensão na musculatura envolvida. Os achados agudos do estudo do Brandner et al.¹⁹ divergem dos nossos ao compararem a RFS contínua e intermitente. Os autores encontram uma magnitude maior para o protocolo de BI+RFSI, este aumento pode ter ocorrido devido à pressão utilizada na RFS intermitente (151 mm Hg) ter sido muito superior a RFS contínua (91 mm Hg). Todavia, outros estudos corroboram com nossos achados. Poton e Polito²⁶ Takano et al.¹³ e Vieira et al.¹⁴ encontraram aumento na pressão arterial imediatamente após aplicação do EF de BI com RFS contínua. Este aumento encontrado nestes estudos e no presente estudo pode ter ocorrido devido à RFS contínua potencializar o aumento da atividade nervosa simpática muscular, frequência cardíaca e a PAM²⁷. Já o estudo de Figueroa e Vicil²⁸ não encontram diferenças significativas na PAS, PAD e PAM para o protocolo da RFS intermitente. Isto pode ter ocorrido devido à baixa pressão de RFS (100 mm Hg) utilizada no protocolo, ter sido liberada a RFS entre as séries e ter utilizado apenas dois exercícios monoarticulares de membros inferiores.

O protocolo de AI promoveu uma resposta hipotensiva (PAS e PAM) mais rápida, começando nos 15 min após o término dos exercícios. Uma explicação para este ocorrido é que o VT foi significativamente maior que os outros protocolos. Nesta direção, Mediano et al.²⁹ e Simão et al.³⁰ afirmam que o VT tem um papel importante para que a resposta hipotensiva ocorra. Porém, independente do VT, observou-se que houve efeito hipotensivo na PAS, PAD e PAM para os três protocolos. Estes achados vão de encontro aos achados de Araújo et al.¹⁵, Maior et al.¹⁶ e Neto et al.¹⁷ que encontraram respostas hipotensivas após o EF de BI com a RFS contínua, contínua e intermitente, respectivamente, e divergem dos achados de Brandner et al.¹⁹, Fahs et al.¹² e Rossow et al.¹⁸ que utilizaram a RFS contínua e intermitente, contínua, e intermitente, respectivamente.

Assim, ao analisar os procedimentos metodológicos em relação aos segmentos corporais utilizados nos exercícios e as populações destes estudos, parece que a maior magnitude da hipotensão ocorre após a realização do EF com a RFS intermitente para os membros superiores e inferiores (agonista-antagonista)¹⁷, com a RFS contínua nos hipertensos (membros inferiores)¹⁵ e a RFS contínua com o exercício sendo realizado com cargas a 40% de 1RM (membros superiores) para indivíduos jovens aparentemente saudáveis¹⁶. Entretanto, também foi observado que parece não ocorrer resposta hipotensiva ao realizar o EF de BI ($\leq 30\%$ 1RM) com a RFS contínua e intermitente em segmentos isolados com indivíduos jovens aparentemente saudáveis¹⁹, entretanto, cargas menores ou iguais a 30% 1RM já podem promover respostas hipotensivas após o EF de BI com RFS contínua em indivíduos hipertensos¹⁵.

Adicionalmente, parece que a realização de exercícios para membros superiores e inferiores em uma mesma sessão podem promover efeitos hipotensivos maiores do que os observados quando realizados exercícios em apenas um segmento, o que pode estar associado à quantidade de massa muscular envolvida³¹. Nesta direção, a redução da pressão arterial encontrada no presente estudo (sessão de exercício de membros superiores e tronco) e no estudo conduzido por Neto et al.¹⁷ pode ter acontecido devido a uma maior quantidade de massa muscular envolvida (sessão de exercício para membros superiores e inferiores). Isto pode ter provocado o aumento de óxido nítrico no endotélio produzido pelo estresse de cisalhamento, que tem um papel importante e protetor sobre o tônus vascular^{32, 33}.

Ao analisar o estudo do Brandner et al.¹⁹ que foi o primeiro a comparar as respostas hipotensivas do EF (flexão unilateral de cotovelo) com a RFS contínua e intermitente, observou-se que não houve respostas hipotensivas significativas pós-exercício para todos os protocolos. Isto pode ter acontecido, provavelmente, devido o estudo ter apresentado algumas limitações metodológicas. Os autores compararam o efeito hipotensivo (5, 20, 40 e 60 min pós-exercício) do EF para membros superiores em quatro condições: AI (80% de 1RM; quatro séries de 6-8 repetições; com 150 segundos de intervalo entre as séries) sem RFS, BI (20% de 1RM; 4 séries; 30 repetições na primeira série; 15 repetições na 2ª, 3ª e 4ª séries; 30 segundos de intervalo entre as séries) sem a RFS e dois protocolos de BI com

aplicação da RFS contínua (91 mm Hg) e intermitente (151 mm Hg) com a largura do manguito de 10,5 cm. A falta de resposta hipotensiva nos dois protocolos de RFS podem ter ocorrido devido os autores terem utilizado apenas um exercício monoarticular (flexão de braço) e realizado de forma unilateral, além de terem utilizados diferentes graus de pressão para a RFS contínua (80% da PAS de repouso) e intermitente (130% da PAS de repouso). Estes resultados, em virtude dos procedimentos metodológicos adotados, divergem dos achados do presente estudo, uma vez que utilizou exercícios bilaterais e multiarticulares além de não haver diferença significativa entre as pressões das RFS contínua e intermitente. Outro ponto que merece destaque, é que o nosso volume de treinamento foi maior do que o estudo do Brandner et al.¹⁹ e, além disso, o nosso estudo apresenta uma boa aplicação pratica, pois foi utilizado quatro exercícios o que se assemelha com uma sessão de treino.

A redução mais rápida da PAS no protocolo de BI+RFSI pode ter ocorrido devido à liberação do manguito entre as série ter promovido por mais vezes hiperemia reativa e estresse de cisalhamento quando comparado a RFS contínua, o que poderia aumenta a produção do óxido nítrico sintetase que é uma enzima responsável pela conversão de L-arginina em óxido nítrico que é uma molécula pequena e eletricamente neutra capaz de promover alterações positivas no endotélio^{34, 35}, porém com menor desconforto²¹ e menor alteração na pressão arterial, como observado no presente estudo. O que pode se tornar uma excelente opção para as pessoas hipertensas, já que o aumento da ativação muscular²⁰ e os ganhos em força muscular e massa magra²¹ são similares entre a RFS contínua e intermitente. Além disso, Takano et al.¹³ mencionam que a diminuição do retorno venoso promovida pelo EF realizado com RFS promove uma redução da pré-carga cardíaca durante exercício, o que pode representar uma excelente estratégia para pessoas acometidas por doenças vasculares.

Conclusão

As respostas hipotensivas pós-exercício ocorreram nos três protocolos (alterações na PAS, PAD e PAM), com efeitos mais longos sobre a PAS observados

nos protocolos BI+RFSI e BI+RFSC, embora tenham sido mais rápidos no protocolo de AI. O protocolo BI+RFSI parece ter um efeito menor do que os outros protocolos no aumento da PAS, PAD e MAP imediatamente após o exercício. Portanto, é importante realizar mais experimentos em indivíduos normotensos e hipertensos para estudar tanto as respostas hipotensas agudas como crônicas, particularmente envolvendo diferentes pressões de RFS e diferentes tamanhos de manguitos.

Referências

1. Bentes CM, Costa PB, Neto GR, Costa e Silva GV, De Salles BF, Miranda HL, et al. Hypotensive effects and performance responses between different resistance training intensities and exercise orders in apparently health women. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015;35(3):185–90.
2. Matos DG, Aidar FJ, Filho MLM, Silva SR, Oliveira JC, Klain IP, et al. Analysis of hemodynamic responses to resistance exercise performed with different intensities and recovery intervals. *Health*. 2013;5(2):159-65.
3. Mohebbi H, Rahmaninia F, Vatani DFH. Post-resistance exercise hypotensive responses at different intensities and volumes. *Physic Educat Sport*. 2009;7:171-9.
4. Polito MD, Farinatti PTV. Blood pressure behavior after counter-resistance exercises: a systematic review on determining variables and possible mechanisms. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(6):386-92.
5. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. An Advisory From the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000;101(7):828-33.
6. ACSM. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708.
7. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bemben MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(5):1849-59.

8. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Med.* 2015;45(3):313-25.
9. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, M. NJ, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(3):406-12.
10. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol.* 2000;88(6):2097.
11. Neto GR, Sousa MSC, Silva GVC, Gil ALS, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Auton Res.* 2014;10.1111/cpf.12193.
12. Fahs CA, Rossow LM, Seo D, Loenneke JP, Sherk VD, Kim E, et al. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(12):2969-75.
13. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95(1):65-73.
14. Vieira PJC, Chiappa GR, Umpierre D, Stein R, Ribeiro JP. Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2288-94.
15. Araújo JP, Silva ED, Silva JCG, Souza TSP, Lima EO, Guerra I, et al. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. *J Hum Kinet.* 2014;43(1):79-85.
16. Maior AS, Simão R, Rocha MMS, Freitas SB, Willardson JM. Influence of blood flow restriction during low-intensity resistance exercise on the post-exercise hypotensive response. *J Strength Cond Res.* 2015;29(10):2894-9.
17. Neto GR, Sousa MSC, Costa PB, Salles BF, Novaes GS, Novaes JS. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):1064-70.

18. Rossow LM, Fahs CA, Sherk VD, Seo D, Bemben DA, Bemben MG. The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2011;31(6):429-34.
19. Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports*. 2014 (10.1111/sms.12297).
20. Yasuda T, Loenneke JP, Ogasawara R, Abe T. Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiol Hung*. 2013;100(4):419-26.
21. Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, et al. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2014;34(5):356-63.
22. Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. *J Strength Cond Res*. 2004;18(4):918-20.
23. Shephard RJ. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med*. 1988;5(3):185-95.
24. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, et al. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*. 2005;111(5):697-716.
25. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol*. 2010;108(6):1563-7.
26. Poton R, Polito MD. Cardiovascular responses during resistance exercise with blood flow restriction. *Rev Bras Cardiol*. 2014;27(2):104-10.
27. Victor RG, Seals DR. Reflex stimulation of sympathetic outflow during rhythmic exercise in humans. *Am J Physiol*. 1989;257(6):H2017-H24.
28. Figueroa A, Vicil F. Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(3):431-6.

29. Mediano MFF, Paravidino V, Simão R, Pontes FL, Polito MD. Subacute behavior of the blood pressure after power training in controlled hypertensive individuals. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(6):337-40.
30. Simão R, Fleck SJ, Polito M, Monteiro W, Farinatti P. Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *J Strength Cond Res*. 2005;19(4):853-8.
31. Lizardo JHF, Simões HG. Effects of different resistance exercise sessions on post-exercise hypotension. *Braz J Phys Ther* 2005;9(3):249-55.
32. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med*. 2010;31(1):1-4.
33. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sport Sci Rev*. 2009;37(2):78-85.
34. Anderson JE, Wozniak AC. Satellite cell activation on fibers: modeling events in vivo-an invited review. *Can J Physiol Pharmacol*. 2004;82(5):300-10.
35. Viaro F, Nobre F, Evora PRB. Expression of nitric oxide synthases in the pathophysiology of diseases cardiovasculares. *Arq Bras Cardiol*. 2000;74(4):365-79.

ARTIGO 3

Efeito agudo do exercício de força com restrição do fluxo sanguíneo contínua e intermitente nas medidas hemodinâmicas e percepção subjetiva de esforço

Título abreviado: restrição do fluxo sanguíneo contínua e intermitente

Resumo

O presente estudo comparou o efeito agudo de uma sessão de exercícios de força (EF) para membros superiores com restrição do fluxo sanguíneo (RFS) contínua e intermitente no lactato, frequência cardíaca (FC), duplo produto (DP) e percepção subjetiva de esforço (PSE). Dez homens recreacionalmente treinados (1-5 anos em treinamento de força; $19 \pm 0,82$ anos) realizaram três protocolos experimentais em ordem aleatória: (a) quatro EF de baixa intensidade a 20% de uma repetição máxima (1RM) com RFS intermitente (BI+RFSI), (b) quatro EF de baixa intensidade a 20% de 1RM com RFS contínua (BI+RFSC), (c) quatro EF de alta intensidade a 80% de 1RM (AI). Os três protocolos de EF elevaram o lactato e o DP ao final da sessão ($p < 0,05$) e elevaram a FC ao final de cada exercício ($p < 0,05$). Todavia, houve uma maior PSE local e geral no protocolo de AI quando comparado aos de BI+RFSI e/ou BI+RFSC nos exercícios puxada frontal, rosca tríceps e rocas bíceps ($p < 0,05$). Observou-se que houve uma maior variação percentual no DP e lactato para RFS contínua quando comparado com a intermitente, porém a PSE foi menor para RFS intermitente. Conclui-se que a RFS intermitente parece ser uma excelente opção, pois como não apresentou diferenças significativas entre a RFS contínua em todas as variáveis, promoveu uma menor variação percentual no DP e na PSE.

Palavras-chave: oclusão vascular, kaatsu, treinamento de força

Abstract

This study compared the acute effects of low-intensity resistance exercise (RE) sessions for the upper limb with continuous and intermittent blood flow restriction (BFR) and high-intensity RE with no BFR on lactate, heart rate, double product (DP; heart rate times systolic blood pressure), and perceived exertion (RPE). Ten recreationally trained men (1–5 years strength training; age mean = 19 ± 0.82 years) performed three experimental protocols in random order: (a) low-intensity RE at 20% one-repetition maximum (1RM) with intermittent BFR (LI+IBFR), (b) low-intensity RE at 20% 1RM with continuous BFR (LI+CBFR), and (c) high-intensity RE at 80% 1RM. The three RE protocols increased lactate and DP at the end of the session ($p < .05$) and increased heart rate at the end of each exercise ($p < .05$). However, greater local and general RPE was observed in the high-intensity protocol compared with LI+IBFR and LI+CBFR in the lat pull-down, triceps curl, and biceps curl exercises ($p < .05$). A greater percentage change in DP and lactate was observed for continuous BFR compared with intermittent BFR; however, RPE was lower for intermittent BFR. In conclusion, intermittent BFR appears to be an excellent option for physical training because it did not differ significantly from continuous BFR in any variable and promoted a lower percentage change in DP and RPE.

Key words: vascular occlusion, KAATSU, strength training

Introdução

O exercício de força (EF) de baixa intensidade (20 e 30% de uma repetição máxima - 1RM) em combinação com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) tem sido utilizado para aumentar a força (Laurentino et al., 2012; Silva et al., 2015; Vechin et al., 2015), a hipertrofia (Laurentino et al., 2012; Vechin et al., 2015), capacidade funcional (Araujo et al., 2015), a resistência muscular localizada (Gil et al., 2015; Kacin & Strazar, 2011) e tem se mostrado seguro em relação à hemodinâmica (Fahs et al., 2011; Neto, Novaes, et al., 2016; Neto et al., 2015; Neto, Sousa, et al., 2016; Takano et al., 2005; Vieira, Chiappa, Umpierre, Stein, & Ribeiro, 2013). Este método de treinamento pode ser utilizado em diferentes populações especiais, pois reduz o impacto nas articulações (Loenneke, Wilson, Marín, Zourdos, & Bembien, 2012; Scott, Loenneke, Slattery, & Dascombe, 2015) e possibilita os ganhos em força e hipertrofia muscular semelhante ao treinamento de alta intensidade (AI) (Laurentino et al., 2012; Takarada, Takazawa, et al., 2000).

Para aplicação deste método existem vários procedimentos metodológicos em relação ao uso do equipamento de oclusão (torniquete) que deveriam ser padronizados, como por exemplo, o tamanho do manguito, a pressão utilizada e a forma de aplicação da RFS (contínua e intermitente) durante os exercícios. Para a forma de aplicação da RFS, observou-se que apenas um estudo comparou a RFS contínua e intermitente na ativação muscular (Yasuda, Loenneke, Ogasawara, & Abe, 2013), um no estresse metabólico e no recrutamento de fibras rápidas (Suga et al., 2012), e outro na força e massa magra (Fitschen et al., 2014). Entretanto, ainda não existe uma padronização sobre qual seria a melhor estratégia para trabalhar com a RFS em uma sessão de exercício para membros superiores.

Ao revisar a literatura pertinente observou-se que apenas um estudo comparou o efeito agudo do EF (flexão unilateral de cotovelo) de baixa intensidade (BI) com a RFS contínua e intermitente sobre a frequência cardíaca (FC) e o duplo produto (DP) (Brandner, Kidgell, & Warmington, 2015). Este estudo encontrou que a RFS intermitente aumentou significativamente a FC quando comparado com a RFS contínua, sem diferenças no DP. Isto pode ter ocorrido devido as diferentes

pressões utilizadas para a RFS que pode ser considerado uma das limitações do estudo do Brandner et al. (2015).

Outros estudos avaliaram o efeito do EF com a RFS contínua sobre o lactato (Fujita et al., 2007; Loenneke, Kearney, Thrower, Collins, & Pujol, 2010; Loenneke, Wilson, Balapur, et al., 2012; Pierce, Clark, Ploutz-Snyder, & Kanaley, 2006; Poton & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Takano et al., 2005; Takarada, Nakamura, et al., 2000; Vieira et al., 2015), a FC (Loenneke, Kearney, et al., 2010; Loenneke, Wilson, Balapur, et al., 2012; Poton & Polito, 2014; Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013), o DP (Poton & Polito, 2014; Vieira et al., 2013) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) (Loenneke, Balapur, Thrower, Barnes, & Pujol, 2011; Loenneke, Kearney, et al., 2010; Poton & Polito, 2014; Vieira et al., 2015), bem como o efeito da RFS intermitente sobre a FC (Figueroa & Vicil, 2011; Kacin & Strazar, 2011; Neto, Sousa, et al., 2016; Rossow et al., 2011) e o DP (Neto, Sousa, et al., 2016). Entretanto, observou-se que nenhum estudo avaliou o efeito agudo de uma sessão do EF de BI para membros superiores com a RFS contínua e intermitente sobre o lactato, FC, DP e a PSE.

A RFS contínua e intermitente está sendo utilizada para mostrar aumentar a força e hipertrofia muscular, mas ainda é desconhecido qual é a melhor forma de restrição. Assim, é importante entender os estímulos de pressão arterial para verificar o grau de mudança e observar qual seria o método mais seguro de RFS (contínua vs. intermitente) em uma sessão de EF com RFS. No entanto, é necessário realizar estudos em populações saudáveis (por exemplo, jovens, adultos), com procedimentos seguros e métodos apropriados para serem então extrapolados em populações especiais.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar o efeito agudo de uma sessão de EF para membros superiores com RFS contínua e intermitente sobre o lactato, a FC, o DP e a PSE em homens militares. Dados os resultados de pesquisas anteriores, o presente estudo hipotetizou que as respostas hemodinâmicas e PSE seriam semelhantes para o EF de BI com RFS contínua e intermitente.

Materiais e Métodos

Sujeitos

O estudo incluiu 10 homens militares normotensos e recreacionalmente treinados [1-5 anos de experiência em treinamento de força (Rhea, 2004); $19,30 \pm 0,82$ anos; $78,80 \pm 10,89$ kg; $174,60 \pm 5,48$ m; $25,79 \pm 2,75$ m²·kg⁻¹; PAS = $123,83 \pm 9,70$ mm Hg; Pressão arterial diastólica (PAD) = $79,8 \pm 8,35$ mm Hg] e recreacionalmente treinados. A dimensão amostral foi realizada utilizando o software *G*Power* 3.1 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007). E com base em uma análise *a priori*, foi calculado um N de 10 indivíduos, após termos adotado uma potência de 0,80, $\alpha = 0,05$, coeficiente de correlação de 0,5, a correção *Nonsphericity* de 1 e um tamanho de efeito de 0,45. Verificou-se que o tamanho da amostra era suficiente para fornecer 82,4% do poder estatístico. Para o cálculo da amostra foram adotados os procedimentos sugeridos por Beck (2013).

Foram utilizados os seguintes critérios de exclusão: (a) os que responderem positivamente a quaisquer dos itens do *Physical Activity Readiness Questionnaire / PAR-Q* (Shephard, 1988); (b) os que faltaram uma das sessões; (c) os que apresentaram algum tipo de lesão osteomioarticular nos membros superiores; e (d) os fumantes. Após serem explicados os riscos e benefícios da pesquisa os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre esclarecido elaborado de acordo com a declaração de Helsinque. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (protocolo nº 0476/13).

Desenho do Estudo

Durante a primeira visita ao laboratório foram avaliadas a antropometria e a força muscular. Após esta visita, os participantes foram ao laboratório em três ocasiões separadas entre 72-96 horas, durante o qual eles completaram os três protocolos em ordem aleatória (*crossover design*): (a) EF de baixa intensidade a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BI+RFSI), (b) EF de baixa intensidade a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BI+RFSC), (c) EF de alta intensidade a 80% de 1RM (AI).

Todos os três protocolos foram realizados no mesmo horário do dia para controlar a variação diurna das medidas hemodinâmicas. As medidas do lactato, da pressão arterial e FC e PSE foram realizadas antes e ao final de cada sessão, além disso, a FC e PSE foram verificadas ao final de cada exercício.

Durante o estudo, os participantes foram instruídos a abster-se de exercício exaustivo, bem como evitar cafeína, chocolate, suplementos nutricionais, ingestão de álcool durante e após todo estudo e dormir por um mínimo de seis horas na noite anterior à sessão dos exercícios. Além disso, os participantes foram instruídos a manter os mesmos hábitos alimentares ao longo do período de estudo e durante todas as sessões de EF, os indivíduos foram orientados a não realizar a manobra de Valsalva.

Procedimentos

Avaliação Antropométrica. Utilizou-se um estadiômetro e balança (model 31, Filizola, São Paulo, Brazil) para mensuração da estatura e a massa corporal que foram aferidas com precisão de 0,5 cm e 0,1 kg, respectivamente. Estas medidas foram equacionadas posteriormente para obtenção do índice de massa corporal (IMC) em $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$.

Avaliação do Lactato. As amostras de sangue de cada participante foram recolhidas em tubos de ácido etilenodiaminotetracético (5 ml) 20 minutos antes e imediatamente após (~60 segundos a 90 segundos) do exercício. Colheu-se sangue por meio da veia antecubital, colocou-se em gelo e centrifugou-se a 1500 g a 4 °C durante 15 min; O plasma sanguíneo foi extraído e armazenado a -80 °C. O lactato plasmático foi dosado através do kit comercial Bioclin® (Lactato UV enzimático – K084), seguindo as especificações do fabricante.

Pressão Arterial, Frequência Cardíaca e o Duplo Produto. Antes (15 min) e depois (~30 a 60 segundos) de cada sessão de EF, a pressão arterial (PA) foi medida usando um estetoscópio (3M, Littmann® Cardiology, EUA) e um esfigmomanômetro aneróide DuraShock™ Tycos® (Welch Allyn Inc., NY, USA,

Modelo DS-44). O manguito foi completamente envolvido em torno do braço direito, abrangendo, pelo menos, dois terços da parte superior do braço. Este equipamento foi utilizado para todas as medições pré (duas medidas) e após cada sessão dos exercícios. Todas as medições foram realizadas de acordo com as diretrizes da *American Heart Association* (Pickering et al., 2005). A frequência cardíaca (FC) foi continuamente monitorada pré e ao final de cada exercício (Polar T31 *coded™ transmissor*). E o duplo produto (DP) foi obtido por meio da multiplicação da FC (bpm) x PAS (mm Hg) no momento pré e ao final de cada sessão.

Determinação da Restrição de Fluxo Sanguíneo. Após a avaliação da pressão arterial com o esfigmomanômetro tradicional (120 mm de largura, 500 mm de comprimento), os participantes permaneceram sentados e um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester*) para o braço (largura 60 mm; comprimento 470 milímetros) foi fixado na região da prega axilar para verificar a pressão arterial antes de iniciar cada protocolo da RFS contínua e intermitente. A restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio da multiplicação da Pressão Arterial Sistólica x 1,3 (Brandner et al., 2015; Suga et al., 2010; Takano et al., 2005). O manguito era inflado ou desinflado entre as séries.

Teste de Uma Repetição Máxima. Os exercícios foram realizados de forma bilateral: supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *puley* e rosca bíceps direta no *puley*, respectivamente. Para o aquecimento, cada indivíduo realizou uma série de cinco a 10 repetições com 40 e 60%, da força máxima percebida com intervalos de um min entre as séries. Depois de um min de intervalo, a segunda série foi concluída entre três e cinco repetições a 60-80% da força máxima percebida. Depois de um min de descanso, a avaliação da força foi iniciada e medida em até cinco tentativas, a carga era ajustada antes de cada nova tentativa. A duração de recuperação entre as tentativas foi padronizada em 3-5 min e utilizou-se um intervalo de 20 min para recuperação entre os diferentes exercícios. O teste foi interrompido quando o indivíduo não conseguiu executar corretamente o movimento, sendo considerada a carga máxima a carga mobilizada na última tentativa bem sucedida.

Sessões Experimentais. Foram realizados quatro EF com execução bilateral: supino reto (com barra convencional e anilhas calibradas), puxada frontal, rosca tríceps no *puley* e rosca bíceps direta no *puley* (em máquinas convencionais), respectivamente. Os participantes realizaram três protocolos em ordem aleatória: quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BI+RFSI); quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BI+RFSC); quatro EF a 80% de 1RM (AI). Para os protocolos de BI com a RFS contínua e intermitente, os participantes completaram 30 repetições seguidas de três séries de 15 repetições, utilizando 20% de 1RM com 30 s de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios enquanto usava um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester*) nos braços (largura 60 milímetros, comprimento 470 milímetros) fixados na região mais proximal. Para o protocolo de BI+RFSI o manguito foi desinflado entre as séries e para o protocolo de BI+RFSC o manguito foi mantido inflado entre as séries, porém foi desinflado sempre ao final de cada exercício. Para o protocolo de AI, os participantes completaram três séries de oito repetições com 80% de 1RM com dois min de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios. A velocidade de execução foi estabelecida em três segundos (1,5 para a ação muscular concêntrica e 1,5 para a excêntrica) controlada por meio de um metrônomo.

Percepção Subjetiva de Esforço. Antes de iniciar o estudo os participantes participaram de duas sessões de familiarização com a escala de OMNI-RES (Robertson et al., 2003). A PSE (0-10) foi aferida ao final de cada exercício (percepção local e geral).

Volume Total dos Exercícios. Multiplicou-se a carga total pelo número de séries e de repetições completas nos quatro exercícios (carga x séries x repetições) para obter o volume total (VT) de exercício.

Análises Estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS versão 20.0 do pacote (SPSS Inc., Chicago, IL). A análise estatística foi realizada inicialmente pelo teste de normalidade *Shapiro-Wilk* e pelo teste de homogeneidade *Levene*. As variáveis demonstraram distribuição normal e homogeneidade ($p > 0,05$). Foi realizado o teste de reprodutibilidade entre a primeira e a segunda medida da PA em repouso antes de iniciar cada protocolo [coeficiente de correlação intraclassa (ICC)]. Utilizou-se a Anova *One-Way* com *post hoc* de *Bonferroni* para comparar o volume total dos exercícios entre os protocolos e o teste t-pareado para comparar as duas pressões de RFS utilizadas nos protocolos de BI+RFSI e BI+RFSC. Anova *two-way* seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças no lactato e DP. Anova *two-way* de medidas repetida seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças na variável FC. Os testes não paramétricos de *Friedman* e *Wilcoxon* foram utilizados para realizar a análise da PSE. Foi utilizada a variação percentual ($\Delta\%$) para expressar as possíveis diferenças entre as mudanças significativas. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

Resultados

A pressão média utilizada durante todo o protocolo dos exercícios (intermitente e contínua) foi de $163,80 \pm 10,52$ e $160,95 \pm 12,92$ mm Hg, respectivamente. Os ICCs da PA realizado pelo investigador foram os seguintes: BI + RFSI = 0,975; BI + RFSC = 0,966; e AI = 0,959. O teste t-pareado mostrou não haver diferenças significativas entre as duas pressões de RFS utilizadas durante os protocolos de BI+RFSI vs. BI+RFSC ($p = 0,444$). Observou-se que houve diferença significativa no somatório do volume total dos quatro exercícios entre os protocolos [BI+RFSI e BI+RFSC ($4131,0 \pm 608,2$) vs. AI ($5598,7 \pm 836,7$), $p < 0,001$], porém, sem diferenças significativas entre BI+RFSI vs. BI+RFSC ($p = 1,000$).

Na análise comparativa do lactato pela ANOVA *two-way*, observou-se que não existiram interações significativas entre protocolos x tempo $F(2, 6) = 2,774$; $n^2 =$

0,170; $p = 0,080$. Diferença significativa entre BI+RFSI vs. AI ($p = 0,032$) no final da sessão dos exercícios. Na condição tempo, observaram-se aumentos significativos entre o pré vs. final da sessão (pós-exercício) para todos os protocolos [BI+RFSI ($p < 0,001$, $\Delta = 4,4\%$), BI+RFSC ($p < 0,001$, $\Delta = 5,0\%$) e AI ($p < 0,001$, $\Delta = 5,2\%$)], conforme Figura 1.

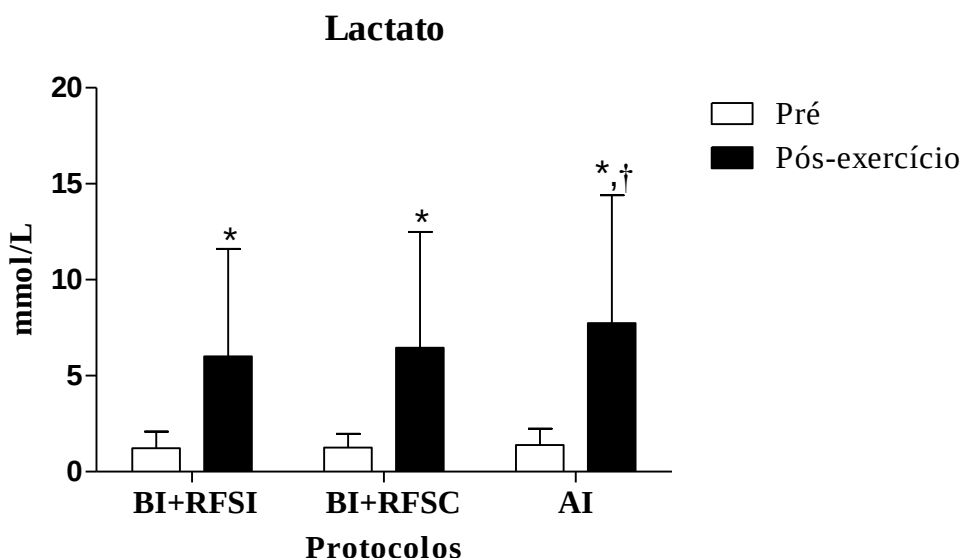


Figura 1. Análise comparativa do Lactato pré e imediatamente após (pós-exercício) sessão entre os protocolos do estudo

† diferença significativa entre BI+RFSI vs. AI; * diferença significativa entre pré vs. imediatamente pós-exercício; BI+RFSI = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BI+RFSC = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa da FC pela ANOVA two-way, observou-se que existiram interações significativas entre protocolos x tempo $F(2, 6) = 5,720$; $n^2 = 0,298$; $p < 0,001$, entre protocolos $F(2, 6) = 10,149$; $n^2 = 0,429$; $p = 0,001$ e no tempo $F(2, 6) = 214,000$; $n^2 = 0,888$; $p < 0,001$. Diferenças significativas foram encontradas entre BI+RFSI vs. AI ($p = 0,007$; $p < 0,001$; $p < 0,001$) e BI+RFSC vs. AI ($p = 0,005$; $p < 0,001$; $p = 0,002$), no final do exercício supino reto, da puxada frontal e da rosca tríceps, respectivamente. Entretanto, houve diferença significativa apenas entre

BI+RFSI vs. AI ($p = 0,035$), no final do exercício rosca bíceps direta (fim da sessão). Na condição tempo, observaram-se aumentos significativos entre o pré vs. final da sessão (pós-exercício) para todos os protocolos [BI+RFSI ($p < 0,001$, $\Delta = 1,1\%$), BI+RFSC ($p < 0,001$, $\Delta = 1,08\%$) e AI ($p < 0,001$, $\Delta = 1,3\%$)]. Foram observados aumentos significativos entre o final dos exercícios supino reto vs. rosca bíceps, puxada frontal vs. rosca bíceps e rosca tríceps vs. rosca bíceps ($p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$), para o protocolo BI+RFSI, respectivamente. Para o protocolo de BI+RFSC, houve aumentos significativos entre o final dos exercícios o supino reto vs. puxada frontal, supino reto vs. rosca tríceps, supino reto vs. rosca bíceps, puxada frontal vs. rosca bíceps e rosca tríceps vs. rosca bíceps ($p = 0,021$; $p = 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$), respectivamente. Para o protocolo AI, houve aumentos significativos entre o final dos exercícios o supino reto vs. puxada frontal, supino reto vs. rosca tríceps, supino reto vs. rosca bíceps, puxada frontal vs. rosca bíceps e rosca tríceps vs. rosca bíceps ($p = 0,005$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p = 0,001$; $p = 0,004$), respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise comparativa da frequência cardíaca (FC) de cada exercício entre os protocolos do estudo

FC	Supino reto		Puxada frontal	Rosca tríceps	Rosca bíceps
	Pré	Pós	Pós	Pós	Pós
BI+RFSI	71,0±9,4	111,3±13,4*	117,1±14,3*	118,7±20,4*	152,2±19,1*
BI+RFSC	74,5±13,2	109,9±14,4*	123,7±18,4*	129,9±21,7*	155,5±20,4*
AI	71,2±5,8	136,8±27,4*,†,‡	154,2±13,6*,†,‡	159,2±14,1*,†,‡	168,9±8,1*,†

† diferença significativa entre BI+RFSI vs. AI; ‡ diferença significativa entre BI+RFSC vs. AI; * diferença significativa entre pré vs. imediatamente após cada exercício; BI+RFSI = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BI+RFSC = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; AI = protocolo de alta intensidade

O teste não paramétrico de *Friedman* encontrou diferenças significativas entre os protocolos ($p < 0,001$; $p < 0,001$) na PSE local e geral, respectivamente. Assim,

foi observado pelo teste de *Wilcoxon* que houve uma maior percepção local no protocolo de AI quando comparado com o de BI+RFSC ($p = 0,016$) para o exercício supino reto. No exercício puxada frontal, observou-se que houve uma maior percepção local ($p = 0,005$; $p = 0,011$) e geral ($p = 0,005$; $p = 0,007$) para o protocolo de AI quando comparado com os protocolos de BI+RFSI e BI+RFSC, respectivamente. No exercício rosca tríceps, observou-se que houve uma maior percepção local ($p = 0,007$) e geral ($p = 0,008$) para o protocolo de AI quando comparado com os protocolos de BI+RFSI. No exercício rosca bíceps, observou-se que houve uma maior percepção local ($p = 0,034$) e geral ($p = 0,020$) para o protocolo de AI quando comparado com os protocolos de BI+RFSI, bem como houve uma maior percepção local ($p = 0,026$) para o protocolo de AI quando comparado com os protocolos de BI+RFSC (Tabela 2).

Tabela 2. Análise comparativa da percepção subjetiva de esforço (PSE) de cada exercício entre os protocolos do estudo

PSE Pós	Supino reto		Puxada frontal		Rosca tríceps		Rosca bíceps	
	Local	Geral	Local	Geral	Local	Geral	Local	Geral
BI+RFSI	5,2±2,4	4,5±2,7	3,8±1,9	3,4±2,6	5,8±2,5	4,5±2,6	7,6±2,0	6,8±2,8
BI+RFSC	4,3±2,4	4,6±1,8	4,3±2,3	4,3±2,2	7,2±3,2	6,8±3,1	7,7±3,0	7,5±3,2
AI	6,8±1,8†‡	6,3±2,2	7,5±1,9†,‡	7,2±1,8†,‡	8,7±2,1†	8,0±2,2†	9,4±1,5†,‡	9,2±1,3†

† diferença significativa entre BI+RFSI vs. AI; ‡ diferença significativa entre BI+RFSC vs. AI; * diferença significativa entre pré vs. imediatamente após cada exercício; BI+RFSI = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BI+RFSC = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa do DP pela ANOVA two-way, observou-se que não existiu interações significativas entre protocolos x tempo $F(2, 6) = 2,831$; $n^2 = 0,173$; $p = 0,077$ e entre protocolos $F(2, 6) = 2,373$; $n^2 = 0,149$; $p = 0,112$, entretanto, existiu interações significativas no tempo $F(2, 6) = 483,127$; $n^2 = 0,947$; $p < 0,001$. Aumentos significativos entre o pré vs. final da sessão (pós-exercício) para todos os

protocolos [BI+RFSI ($p < 0,001$, $\Delta = 1,6\%$), BI+RFSC ($p < 0,001$, $\Delta = 1,8\%$) e AI ($p < 0,001$, $\Delta = 2,2\%$)], conforme Figura 2.

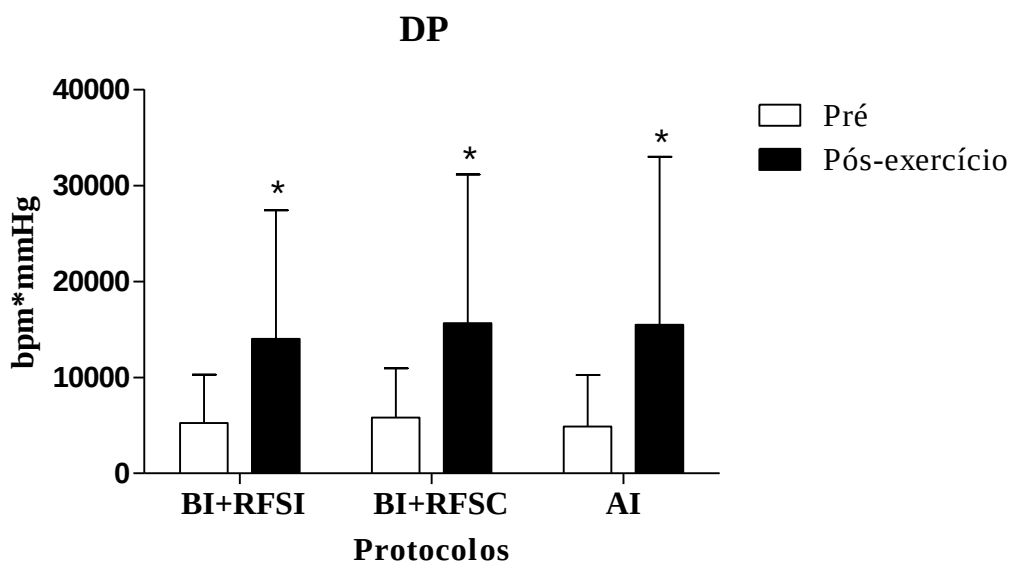


Figura 2. Análise comparativa do duplo produto (DP) pré e imediatamente após (pós-exercício) sessão entre os protocolos do estudo

* diferença significativa entre pré vs. imediatamente pós-exercício; BI+RFSI = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BI+RFSC = baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; AI = protocolo de alta intensidade

Discussão

O presente estudo comparou o efeito agudo de uma sessão de EF para membros superiores com RFS contínua e intermitente sobre o lactato, a FC, o DP e a PSE em homens militares. Para nosso conhecimento este foi o primeiro estudo que comparou a hemodinâmica e a PSE após uma sessão de membros superiores do EF com a RFS contínua e intermitente. Assim, os principais achados foram: (a) os três protocolos de EF elevaram o lactato e o DP ao final da sessão, bem como elevaram a FC ao final de cada exercício; (b) houve uma maior PSE local e geral no protocolo de AI quando comparado aos de BI+RFSI e/ou BI+RFSC nos exercícios

puxada frontal, rosca tríceps e rocas bíceps; (c) observou-se que houve uma maior variação percentual no DP e lactato para RFS contínua quando comparado com a intermitente, porém os valores médios da PSE foram menores para RFS intermitente. Estes dados suportam a nossa hipótese de que não há diferença nas variáveis hemodinâmicas e PSE quando comparado a RFS contínua versus intermitente.

Embora nenhum estudo tenha comparado a RFS contínua e intermitente sobre o lactato, observou-se que alguns estudos avaliaram o efeito do EF com a RFS contínua isolada (Loenneke, Kearney, et al., 2010; Loenneke, Wilson, Balapur, et al., 2012; Poton & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Vieira et al., 2015). Os valores médios do lactato e/ou FC e DP destes estudos divergem dos nossos, uma vez que encontraram valores inferiores. Isto pode ter ocorrido devido terem utilizado apenas exercícios uniarticulares (extensão unilateral ou bilateral de joelho e flexão unilateral de cotovelo e/ou flexão plantar). Além disso, o volume de exercício do presente estudo foi superior, já que foi utilizado quatro exercícios (uma sessão de exercícios) com execução bilateral, uni e multiarticulares. Destes quatro estudos, três compararam as respostas do lactato e/ou FC e DP entre os protocolos de RFS contínua e AI (Poton & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Vieira et al., 2015). Os resultados destes estudos corroboram com nossos achados, pois os autores encontram aumentos do lactato (Poton & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Vieira et al., 2015), da FC e do DP (Poton & Polito, 2014) para o protocolo de AI quanto o de BI com a RFS contínua imediatamente pós-exercício, sem diferenças significativas entre eles, porém os valores médios foram mais altos para o protocolo de AI. Ao contrario dos dados do lactato e/ou FC e DP os achados dos estudos de Poton e Polito (2014) e Vieira et al. (2015) divergem dos nossos achados em relação à PSE. Pois estes estudos encontraram uma maior PSE no protocolo com a RFS contínua quando comparado com o protocolo de AI. Isto pode ter ocorrido devido a RFS contínua elevar os níveis de íons H^+ (Loenneke, Wilson, & Wilson, 2010; Manini & Clark, 2009) deixando o músculo envolvido na RFS muito ácido, o que possibilitou uma maior resposta na PSE. Portanto, parece que o alto estresse mecânico promovido pelos protocolos de AI pode ser responsável pelo maior aumento do lactato, da FC e do DP independente do volume de exercícios (um exercício ou uma

sessão), e o estresse metabólico promovido pela RFS contínua pode ser responsável pelo aumento da PSE em virtude do aumento da hiperemia, dos íons H^+ e do lactato e, isto pode ser verificado no baixo volume de exercício (apenas um exercício).

Por outro lado, no presente estudo houve aumento significativo do lactato para o protocolo de AI quando comparado com o protocolo de BI com a RFS intermitente. Isto pode ter ocorrido devido à liberação da pressão do manguito ter promovido menos estresse metabólico e consequentemente menos fadiga muscular, o que possibilitou uma elevação menor dos valores médios do DP e da PSE quando comparado com os protocolos. Outra explicação seria que a RFS intermitente promoveria menores níveis de dores musculares, quando comparado com a RFS contínua (Fitschen et al., 2014), o que poderia ocasionar menos tensão na musculatura envolvida.

Outros estudos verificaram o efeito da RFS intermitente apenas sobre a FC (Figuerola & Vicil, 2011; Kacin & Strazar, 2011; Neto, Sousa, et al., 2016; Rossow et al., 2011) e o DP (Neto, Sousa, et al., 2016), porém, apenas dois (Neto, Sousa, et al., 2016; Rossow et al., 2011) compararam a RFS intermitente com AI. O estudo realizado por Rossow et al. (2011) corrobora com nossos achados, pois encontrou que houve aumento significativo da FC no protocolo de AI quando comparado ao de BI com a RFS intermitente após uma sessão de EF apenas de membros inferiores. Entretanto, o estudo do Neto et al. (2016) não encontrou diferenças significativas da FC e DP entre os protocolos de AI e BI com a RFS intermitente, após uma sessão de EF de membros superiores e inferiores (agonista e antagonista). Já em relação à PSE, o estudo de Neto et al. (2016) diverge dos nossos achados. Estes autores encontraram que a PSE foi maior para RFS intermitente quando comparado com o protocolo de AI. Assim, ao verificar os resultados dos estudos sobre a PSE (Loenneke, Kearney, et al., 2010; Neto, Sousa, et al., 2016; Poton & Polito, 2014; Vieira et al., 2015), observa-se que a utilização de exercícios isolados com a utilização da RFS (contínua ou intermitente), apresenta uma maior PSE quando comparado ao protocolo de AI. Entretanto, quando se pensa em uma sessão de treinamento em apenas um segmento corporal (superior ou inferior), a PSE parece ser maior para o protocolo de AI, e isto pode ocorrer devido o volume de exercício

ser superior aos protocolos da RFS. Adicionalmente, vale salientar que a PSE local parece elevar mais após a RFS contínua e intermitente dos membros envolvidos na RFS (Ex.: bíceps e tríceps) quando comparado aos músculos que não estão envolvidos na RFS (Ex.: peitorais e dorsais). Isto ocorre devido à hiperemia e a concentração dos íons H^+ aumentarem mais no local ocluído, o que promove o aumento da PSE (Loenneke, Wilson, et al., 2010). Todavia, já foi investigado que pode ocorrer o aumento da força muscular (6%), da massa muscular do tríceps (8%) e do peitoral maior (16%) após duas semanas de treinamento no exercício supino reto (30% de 1RM; 4 séries; 30 repetições na primeira série; 15 repetições na 2ª, 3ª e 4ª séries; 30 segundos de intervalo entre as séries) (Yasuda, Fujita, Ogasawara, Sato, & Abe, 2010).

Ao analisar o estudo do Brandner et al. (2015) que foi o primeiro a comparar o efeito do EF (flexão unilateral de cotovelo) com a RFS contínua e intermitente sobre a FC e o DP, observou-se que o protocolo com a RFS intermitente promoveu aumento significativo da FC no final da segunda série quando comparado com a RFS contínua, porém não houve diferenças significativas na FC e DP, no final da quarta série, entre a RFS contínua e intermitente. Entretanto, os valores médios da FC e DP no protocolo da RFS intermitente foram superiores ao da RFS contínua. Isto pode ter acontecido, devido o estudo ter apresentado algumas limitações metodológicas. Os autores compararam o efeito agudo do EF para membros superiores em quatro condições: AI (80% de 1RM; quatro séries de 6-8 repetições; com 150 segundos de intervalo entre as séries) sem RFS, BI (20% de 1RM; 4 séries; 30 repetições na primeira série; 15 repetições na 2ª, 3ª e 4ª séries; 30 segundos de intervalo entre as séries) sem a RFS e dois protocolos de BI com aplicação da RFS contínua (91 mm Hg) e intermitente (151 mm Hg) com a largura do manguito de 10,5 cm. O aumento dos valores da FC e do DP ao final do exercício pode ter ocorrido devido os autores terem utilizado diferentes graus de pressão para a RFS contínua (80% da PAS de repouso) e intermitente (130% da PAS de repouso) e, além disso, utilizaram apenas um exercício monoarticular (flexão de braço) e realizado de forma unilateral. Portanto, a metodologia do presente estudo assemelha-se mais com uma situação real de treinamento, uma vez que foram utilizados exercícios bilaterais e uni e multiarticulares, o que possibilitou um volume

de treinamento superior ao do estudo do Brandner et al. (2015) em virtude de termos utilizado quatro exercícios, o que fortalece a comparação dos resultados da RFS contínua e intermitente.

Analisando estes achados, observa-se que a RFS intermitente pode se tornar uma excelente opção para quem trabalha com este método de treinamento, já que o aumento da ativação muscular (Yasuda et al., 2013), os ganhos em força muscular e massa magra (Fitschen et al., 2014), o aumento do lactato, FC, DP são similares entre a RFS contínua e intermitente, entretanto, a RFS intermitente apresenta uma menor PSE. Este estudo apresenta um marco importante na literatura, para o estabelecimento para a RFS, o que possibilita o entendimento da eficiência e segurança desta técnica.

Conclusão

Em conclusão, a RFS intermitente parece ser uma excelente opção para este método de treinamento, pois como não apresentou diferenças significativas entre a RFS contínua em todas as variáveis, promoveu uma menor variação percentual no DP e na PSE. Estes achados podem ser importantes para pesquisas futuras, pois a RFS intermitente utilizada entre as séries seria uma melhor alternativa, o que reduziria o tempo de RFS da sessão e consequentemente levaria maior segurança ao método. Sendo assim, é importante que se conduzam novos experimentos que analisem diferentes variáveis hemodinâmicas e PSE de maneira aguda e crônica, sobretudo envolvendo diferentes pressões de RFS e diferentes espessuras de manguitos em sujeitos normotensos e hipertensos.

Declaração de conflitos de interesse:

O(s) autor(es) não declararam qualquer potencial conflito de interesses com relação à pesquisa, autoria e / ou publicação deste artigo.

Financiamento

O(s) autor(es) não recebeu apoio financeiro para a pesquisa, autoria e / ou publicação deste artigo.

Referências

- Araujo, J. P., Neto, G. R., Loenneke, J. P., Bembem, M. G., Laurentino, G., Batista, G., . . . Cirilo-Sousa, M. S. (2015). The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *Journal of the American Aging Association*, doi: 10.1007/s11357-11015-19851-11354.
- Beck, T. W. (2013). The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2323-2337. doi:10.1519/JSC.0b013e318278eea0
- Brandner, C. R., Kidgell, D. J., & Warmington, S. A. (2015). Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(6), 770-777. doi:10.1111/sms.12297
- Fahs, C. A., Rossow, L. M., Seo, D., Loenneke, J. P., Sherk, V. D., Kim, E., . . . Bembem, M. G. (2011). Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 111(12), 2969-2975. doi:10.1007/s00421-011-1927-y
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
- Figueroa, A., & Vicil, F. (2011). Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(3), 431-436. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01061.x
- Fitschen, P. J., Kistler, B. M., Jeong, J. H., Chung, H. R., Wu, P. T., Walsh, M. J., & Wilund, K. R. (2014). Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(5), 356-363. doi:10.1111/cpf.12100
- Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., . . . Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance

- exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 103(3), 903-910.
- Gil, A. L. S., Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Dias, I., Vianna, J., Nunes, R. A. M., & Novaes, J. S. (2015). Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35. doi:10.1111/cpf.12291
- Kacin, A., & Strazar, K. (2011). Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 231-241. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01260.x
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., M., N. J., . . . Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(3), 406-412. doi:10.1249/MSS.0b013e318233b4bc
- Loenneke, J. P., Balapur, A., Thrower, A. D., Barnes, J. T., & Pujol, T. J. (2011). The perceptual responses to occluded exercise. *International Journal Sports Medicine*, 32(3), 181-184. doi:10.1055/s-0030-1268472
- Loenneke, J. P., Kearney, M. L., Thrower, A. D., Collins, S., & Pujol, T. J. (2010). The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2831-2834. doi:10.1519/JSC.0b013e3181f0ac3a
- Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International Journal Sports Medicine*, 31(1), 1-4. doi: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1239499>
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Balapur, A., Thrower, A. D., Barnes, J. T., & Pujol, T. J. (2012). Time under tension decreased with blood flow–restricted exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(4), 268-273. doi:10.1111/j.1475-097X.2012.01121.x
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C., & Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1849-1859. doi:10.1007/s00421-011-2167-x

- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 78-85. doi:10.1097/JES.0b013e31819c2e5c
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Dias, I., Brown, A., Vianna, J., & Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, doi: 10.1111/cpf.12368.
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Costa, P. B., Salles, B. F., Novaes, G. S., & Novaes, J. S. (2015). Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1064-1070. doi:10.1519/JSC.0000000000000734
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Silva, G. V. C., Gil, A. L. S., Salles, B. F., & Novaes, J. S. (2016). Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 36(1), 53-59. doi:10.1111/cpf.12193
- Pickering, T. G., Hall, J. E., Appel, L. J., Falkner, B. E., Graves, J., Hill, M. N., . . . Roccella, E. J. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*, 111(5), 697-716.
- Pierce, J. R., Clark, B. C., Ploutz-Snyder, L. L., & Kanaley, J. A. (2006). Growth hormone and muscle function responses to skeletal muscle ischemia. *Journal of Applied Physiology*, 101(6), 1588-1595.
- Poton, R., & Polito, M. D. (2014). Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34. doi:10.1111/cpf.12218
- Reeves, G. V., Kraemer, R. R., Hollander, D. B., Clavier, J., Thomas, C., Francois, M., & Castracane, V. D. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 101(6), 1616-1622.

- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., . . . Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341.
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Sherk, V. D., Seo, D., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2011). The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(6), 429-434. doi:10.1111/j.1475-097X.2011.01038.x
- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2015). Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Medicine*, 45(3), 313-325. doi:10.1007/s40279-014-0288-1
- Shephard, R. J. (1988). PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*, 5(3), 185-195.
- Silva, J. C. G., Neto, G. R., Freitas, E., Neto, E., Batista, G., Torres, M., & Sousa, M. S. C. (2015). Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 18(4), 33-41.
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., . . . Tsutsui, H. (2010). Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1563-1567. doi:10.1152/jappphysiol.00504.2009
- Suga, T., Okita, K., Takada, S., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Yokota, T., . . . Horiuchi, M. (2012). Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3915-3920. doi:10.1007/s00421-012-2377-x
- Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K., Kato, M., Uno, K., . . . Hirata, Y. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity

- resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 65-73.
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 61.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2097.
- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P. B., . . . Chacon-Mikahil, M. P. T. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1071-1076. doi:10.1519/JSC.0000000000000703
- Vieira, A., Gadelha, A. B., Ferreira, J. J. B., Vieira, C. A., Melo, K. V. K. S. E., Cadore, E. L., . . . Bottaro, M. (2015). Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(5), 323-327. doi:10.1111/cpf.12128
- Vieira, P. J., Chiappa, G. R., Umpierre, D., Stein, R., & Ribeiro, J. P. (2013). Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2288-2294. doi:10.1519/JSC.0b013e318278f21f
- Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y., & Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 30(5), 338-343. doi:10.1111/j.1475-097X.2010.00949.x
- Yasuda, T., Loenneke, J. P., Ogasawara, R., & Abe, T. (2013). Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 419-426. doi:10.1556/APhysiol.100.2013.4.6.

ARTIGO 4

Uma sessão do exercício de força com restrição do fluxo sanguíneo contínua ou intermitente promove dano muscular e aumenta o estresse oxidativo?

Título abreviado: Kaatsu no dano muscular e estresse oxidativo

Resumo

O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito de uma sessão do exercício de força (EF) de baixa carga (BC) com restrição do fluxo sanguíneo (RFS) contínua e intermitente na creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), proteína carbonilada (PC), Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARs) e ácido úrico (AU) em homens militares. Participaram do estudo 10 homens recreacionalmente treinados ($19 \pm 0,82$ anos) que realizaram três protocolos experimentais em ordem aleatória em dias separados (72-96 h): quatro EF de BC a 20% de 1RM com RFS contínua (BC+RFSC), quatro EF de BI a 20% de 1RM com RFS intermitente (BC+RFSI), quatro EF de alta intensidade a 80% de 1RM (AI). As medidas da CK e LDH (marcadores de dano muscular) foram realizadas antes, 24 e 48 após cada sessão e a PC, TBARs e AU (marcadores de estresse oxidativo) foram realizadas antes e imediatamente após cada sessão. Houve aumento significativo na CK para o protocolo de AI quando comparado com o BC+RFSC e BC+RFSI ($p=0,035$; $p=0,036$) após 24 horas, respectivamente, e entre AI vs. BC+RFSC ($p=0,049$) após 48 horas. Houve aumento significativo na CK entre o pré vs. imediatamente pós ($\Delta=21,9\%$) para o protocolo de BC+RFSC e no protocolo AI entre pré vs. imediatamente pós, pré vs. 24 horas e pré vs. 48 horas ($\Delta=35\%$; $\Delta=177,6\%$; $\Delta=177,6\%$, respectivamente). Entretanto, não houve alterações significativas no LDH, PC, TBARs e AU entre os protocolos ($p>0,05$). Conclui-se que uma sessão de EF com RFS contínua ou intermitente não promove dano muscular, além disso, ambas parecem não alterar os marcadores de estresse oxidativo.

Palavras-chave: oclusão vascular, kaatsu, treinamento de força, dano celular

Abstract

The aim of this study was to compare the effect of low-load resistance exercise (LLRE) with continuous and intermittent blood flow restriction (BFR) on the creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), protein carbonyl (PC), thiobarbituric acid-reactive substance (TBARS), and uric acid (UA) levels in military men. The study included ten recreationally trained men aged 19 ± 0.82 years who underwent the following experimental protocols in random order on separate days (72-96h): four LLRE sessions at a 20% 1RM (one-repetition maximum) with continuous BFR (LLRE+CBFR); four LLRE sessions at 20% 1RM with intermittent BFR (LLRE+IBFR); and four high-intensity resistance exercise (HIRE) sessions at 80% 1RM. The CK and LDH (markers of muscle damage) levels were measured before exercise, 24h post-exercise, and 48h post-exercise, and the PC, TBARS, and UA (markers of oxidative stress) levels were measured before exercise and immediately after each exercise session. There was a significant increase in CK in the HIRE 24 post-exercise samples compared with the LLRE+CBFR and LLRE+IBFR ($p=0.035$, $p=0.036$, respectively), as well as between HIRE 48 post-exercise and LLRE+CBFR ($p=0.049$). Additionally, there was a significant increase in CK in the LLRE+CBFR samples before exercise and immediately after each exercise ($\Delta=21.9\%$) and in the HIRE samples before exercise and immediately after each exercise, before exercise and 24 post-exercise, and before exercise and 48 post-exercise (Δ values of 35%, 177.6%, and 177.6%, respectively). However, there were no significant changes in LDH, PC, TBARS, and UA between the protocols ($p>0.05$). Therefore, a physical exercise session with continuous or intermittent BFR did not promote muscle damage; moreover, neither protocol seemed to affect the oxidative stress markers.

Key words: vascular occlusion, kaatsu, resistance training, cellular data

Introdução

Há quase 50 anos os Japoneses desenvolveram um método de exercício de força (EF) denominado Kaatsu training que envolve restrição de fluxo sanguíneo. Este método tem sido utilizado para aumentar a força (Laurentino et al., 2012; Silva et al., 2015; Sousa et al., 2017; Vechin et al., 2015) e a massa muscular (Laurentino et al., 2012; Vechin et al., 2015). A utilização de cargas baixas [20-30% de uma repetição máxima (1RM)] em combinação com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) promovidas por meio de bandas elásticas ou esfigmomanômetros padrões (Manini & Clark, 2009; Sato, 2005) contrapõe a posição do Colégio Americano de Medicina do Esporte que recomenda cargas iguais ou superiores a 65% de 1RM para aumento da força e da massa muscular (ACSM, 2009). Adicionalmente, o método kaatsu training também vem sendo utilizado para aumentar a resistência muscular localizada (Gil et al., 2015; Kacin & Strazar, 2011; Sousa et al., 2017), capacidade funcional (Araujo et al., 2015) e tem se mostrado seguro em relação à hemodinâmica (Neto, Novaes, Dias, et al., 2016; Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, et al., 2016; Neto et al., 2015; Neto, Sousa, et al., 2016; Vilaça-Alves et al., 2016).

Desde o surgimento do método, diversos estudos têm sido desenvolvidos com objetivo de padronizar os procedimentos para que tornem seguros e eficazes, como por exemplo, a intensidade da carga utilizada (Suga et al., 2010), o tamanho do cuff (Rossow et al., 2012), a pressão utilizada (Sumide, Sakuraba, Sawaki, Ohmura, & Tamura, 2009) e a forma de aplicação da RFS (contínua ou intermitente). Em relação à aplicação da RFS, observou-se que estudos compararam a RFS contínua e intermitente na ativação muscular (Yasuda, Loenneke, Ogasawara, & Abe, 2013), no estresse metabólico e no recrutamento de fibras rápidas (Suga et al., 2012), na hemodinâmica (Brandner, Kidgell, & Warmington, 2015; Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016), e outro na força e massa magra (Fitschen et al., 2014). No entanto, esses estudos utilizaram um único exercício com uma execução unilateral e uniarticular, exceto por dois estudos (Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, et al., 2016) que utilizaram exercícios multiarticulares e bilaterais. Embora os estudos mostrem não existir diferenças significativas entre a RFS

contínua e intermitente na força e massa muscular de membros inferiores (Fitschen et al., 2014) e na ativação muscular dos membros superiores (Yasuda et al., 2013), ainda não é conhecido, qual seria a melhor estratégia para trabalhar com a RFS em uma sessão de exercício para membros superiores.

Para identificar os métodos mais seguros e eficazes para aplicar o kaatsu training é importante compreender os efeitos da RFS contínua e intermitente durante sessões de exercício físico para os membros superiores. O estresse metabólico parece ocorrer mais com RFS contínua e exercício de alta intensidade quando comparado ao RFS intermitente (Suga et al., 2012), que parece aumentar a dor durante as sessões de exercício (Fitschen et al., 2014). Uma vez que isso pode influenciar a aderência ao treinamento, é necessário realizar estudos em populações saudáveis controladas (por exemplo, jovens militares) com protocolos de segurança e métodos apropriados para extrapolação a populações com necessidades especiais.

Além disso, a incidência de lesão muscular e estresse oxidativo devem ser determinados. Outros estudos avaliaram o efeito do EF de baixa carga (BC) com a RFS contínua sobre os marcadores bioquímicos de dano muscular (Clark et al., 2011; Karabulut, Sherk, Bembem, & Bembem, 2013; Madarame, Kurano, Fukumura, Fukuda, & Nakajima, 2013; Takarada et al., 2000) e de estresse oxidativo (Garten, Goldfarb, Crabb, & Waller, 2015; Goldfarb et al., 2008; Takarada et al., 2000). Entretanto, não foram encontrados estudos que avaliassem o efeito do EF de BC com a RFS intermitente sobre os marcadores bioquímicos de dano muscular e estresse oxidativo. Adicionalmente, observou-se que nenhum estudo comparou o efeito agudo entre uma sessão de EF para membros superiores de BC combinada a RFS contínua ou intermitente sobre os marcadores de dano muscular (creatina quinase [CK], lactato desidrogenase [LDH]) e estresse oxidativo (proteína carbonilada [PC], substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico [TBARs] e do ácido úrico [AU]).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar o efeito agudo de uma sessão do EF de membros superiores combinado com a RFS contínua e intermitente no dano muscular e no estresse oxidativo em homens militares. Diante do exposto, a primeira hipótese do presente estudo era que o EF de alta intensidade

(AI) promoveria aumento significativo do dano muscular quando comparado aos exercícios de BC com a RFS contínua e intermitente; a segunda hipótese era que o EF de AI e de BC com a RFS contínua aumentaria significativamente os marcadores de estresse oxidativo quando comparado ao EF de BC com a RFS intermitente.

Materiais e Métodos

Sujeitos

Foram incluídos no estudo 10 homens militares normotensos ($19 \pm 0,8$ anos; $78,8 \pm 10,8$ kg; $174,6 \pm 5,4$ m; $25,7 \pm 2,7$ m² kg⁻¹; PAS = $123,8 \pm 9,7$ mm Hg; PAD = $79,8 \pm 8,3$ mm Hg) e recreacionalmente treinados [1-5 anos de experiência em treinamento de força (Rhea, 2004)]. E excluídos, os sujeitos que responderem positivamente a quaisquer dos itens do *Physical Activity Readiness Questionnaire* / PAR-Q (Shephard, 1988), os que faltaram uma das sessões, os que apresentaram algum tipo de lesão osteomioarticular nos membros superiores e os fumantes. Após serem explicados os riscos e benefícios da pesquisa os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre esclarecido elaborado de acordo com a declaração de Helsinque. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (protocolo nº 0476/13).

A dimensão amostral foi realizada utilizando o software *G*Power* 3.1. E com base em uma análise *a priori*, foi calculado um N de 10 indivíduos, após termos adotado uma potência de 0,80, $\alpha = 0,05$, coeficiente de correlação de 0,5, a correção *Nonsphericity* de 1 e um tamanho de efeito de 0,45. Verificou-se que o tamanho da amostra era suficiente para fornecer 82,4% do poder estatístico. Para o cálculo da amostra foram adotados os procedimentos sugeridos por Beck (2013). Esta análise *a priori* do poder estatístico foi realizada a fim de reduzir a probabilidade do erro tipo II e determinar o número mínimo de participantes necessários para esta investigação.

Desenho do Estudo

Durante a primeira visita ao laboratório foram avaliadas a antropometria e a força muscular (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *puley* e rosca bíceps direta no *puley*, respectivamente). Após esta visita, os participantes foram ao

laboratório em três ocasiões separadas entre 72-96 horas, durante o qual eles completaram os três protocolos em ordem aleatória no modelo *crossover* (Figure 1): (a) uma sessão de EF de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC), (b) uma sessão de EF de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI), (c) uma sessão de EF de alta intensidade a 80% de 1RM (AI). Todos os três protocolos foram realizados no mesmo horário do dia e as medidas foram realizadas antes, imediatamente depois e após (24h e 48h) cada protocolo. Durante o estudo, os participantes foram instruídos a abster-se de exercício, bem como evitar cafeína, chocolate, suplementos nutricionais, ingestão de álcool, quatro semanas antes, durante e após todo estudo e dormir por um mínimo de seis horas na noite anterior à sessão dos exercícios. Além disso, os participantes foram instruídos a manter os mesmos hábitos alimentares ao longo do período de estudo e durante todas as sessões de EF, os indivíduos foram orientados a não realizar a manobra de Valsalva.

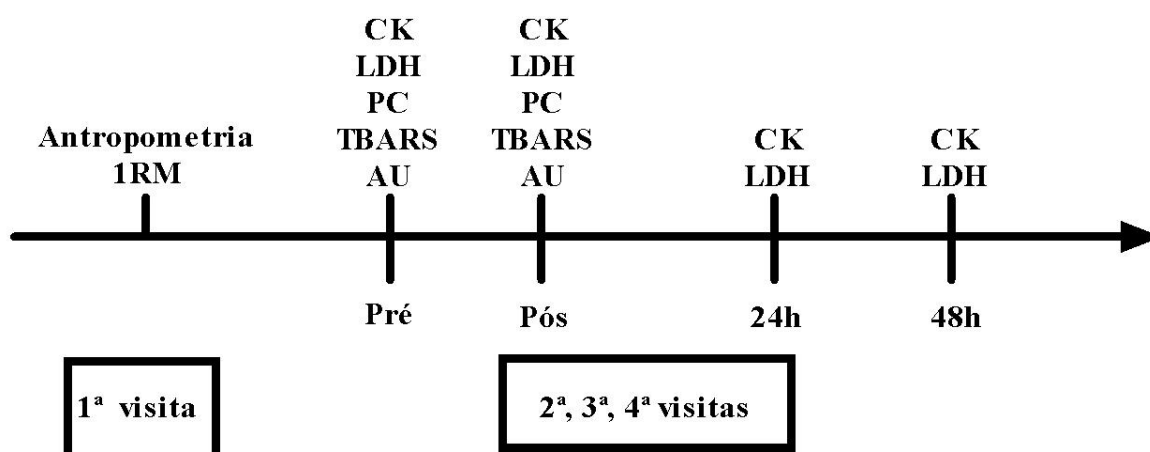


Figura 1. Representação gráfica do desenho experimental

CK = creatina quinase, LDH = lactato desidrogenase, PC = proteína carbonilada; TBARS = Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico, AU = ácido úrico

Procedimentos

Avaliação Antropométrica e Determinação da Restrição de Fluxo Sanguíneo

Inicialmente, utilizou-se um estadiômetro e balança (model 31, Filizola, São Paulo, Brazil) para mensuração da estatura e a massa corporal que foram aferidas com precisão de 0,5 cm e 0,1 kg, respectivamente. Estas medidas foram equacionadas posteriormente para obtenção do índice de massa corporal (IMC) em $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$.

Em seguida, os participantes permaneceram sentados e um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester*) para o braço (largura 60 mm; comprimento 470 milímetros) foi fixado na região da prega axilar para verificar a pressão arterial antes de iniciar cada protocolo da RFS contínua e intermitente. A restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio da multiplicação da Pressão Arterial Sistólica x 1,3 (Brandner et al., 2015; Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, et al., 2016; Suga et al., 2010; Takano et al., 2005). O manguito era inflado ou desinflado entre as séries.

Teste de 1RM

Os quatro exercícios foram realizados de forma bilateral (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *puley* e rosca bíceps direta no *puley*, respectivamente). Inicialmente, cada indivíduo realizava um aquecimento com uma série de cinco a 10 repetições com 40 e 60%, da força máxima percebida com intervalos de um min entre as séries. Após um min de intervalo, a segunda série era realizada entre três e cinco repetições a 60-80% da força máxima percebida. Depois de um min de descanso, a avaliação da força foi iniciada e medida em até cinco tentativas, a carga era ajustada antes de cada nova tentativa. A duração de recuperação entre as tentativas foi padronizada em 3-5 min e utilizou-se um intervalo de 20 min para recuperação entre os diferentes exercícios. O teste foi interrompido quando o indivíduo não conseguia executar corretamente o movimento, sendo considerada a carga máxima a carga mobilizada na última tentativa bem sucedida.

Coleta e Processamento das Amostras

As amostras de sangue (5 mL) foram coletadas em tubos vacunteiner 20 min antes, imediatamente (60 s a 90 s), 24 e 48 h após o exercício pela veia antecubital e imediatamente colocado em gelo para transporte. O sangue foi centrifugado a 1500 x g, 4°C por 15 min, o plasma foi retirado e armazenado a -80°C para as análises posteriores.

Avaliação de Dano Muscular e do Estresse Oxidativo

CK, LHD, PC, TBARS e AU foram dosadas por meio do kit comercial Bioclin® seguindo as especificações do fabricante. TBARS e PC foram medidos como descrito em Rosa-Lima, Lannes, Viana-Gomes, Pierucci e Salerno (2015). A absorvância foi lida em um microplaca de 96 poços no Spectra Max Paradigm (Molecular Devices, EUA). A variação do coeficiente intra-teste foi de 2,6% para CK, 1% para LHD, 0,51% para AU, 5,5% para TBARS e 4,7% para PC. A análise dos dados do PC só estava disponível para cinco participantes devido à perda de amostra.

Sessões Experimentais

Foram realizados quatro EF com execução bilateral: supino reto (com barra convencional e anilhas calibradas), puxada frontal, rosca tríceps no *puley* e rosca bíceps direta no *puley* (em máquinas convencionais - Physicus®, Brasil), respectivamente. Todos os participantes realizaram três protocolos em ordem aleatória: quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC); quatro EF a 20% de 1RM combinados com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI); quatro EF a 80% de 1RM (AI). Para os protocolos de BI com a RFS contínua e intermitente, os participantes completaram uma série de 30 repetições seguidas de três séries de 15 repetições, utilizando 20% de 1RM com 30 s de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios enquanto usava um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet*

neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester) nos braços (largura 60 milímetros, comprimento 470 milímetros) fixados na região mais proximal (Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, et al., 2016). Para o protocolo de BC+RFSI o manguito foi desinflado totalmente entre as séries e entre os exercícios e para o protocolo de BC+RFSC o manguito foi mantido inflado entre as séries, porém foi desinflado totalmente sempre ao final de cada exercício. Para o protocolo de AI, os participantes completaram três séries de oito repetições com 80% de 1RM com dois min de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios. A velocidade de execução para os três protocolos foi estabelecida em três segundos (1,5 para a ação muscular concêntrica e 1,5 para a excêntrica) controlada por meio de um metrônomo. O volume total (VT) de exercício foi calculado multiplicando a carga total pelo número de séries e de repetições completas nos quatro exercícios (carga x séries x repetições).

Análise Estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS versão 20.0 do pacote (SPSS Inc., Chicago, IL). A análise estatística foi realizada inicialmente pelo teste de normalidade *Shapiro-Wilk* e pelo teste de homogeneidade *Levene*. As variáveis demonstraram distribuição normal e homogeneidade ($p > 0,05$). Utilizou-se a Anova *One-Way* com *post hoc* de *Bonferroni* para comparar o volume total dos exercícios, o delta percentual do CK e do TBARs entre os protocolos. O teste t-pareado para comparar as duas pressões de RFS utilizadas nos protocolos de BC+RFSC e BC+RFSI. Anova *two-way* de medidas repetida [protocolos (BC+RFSC vs. BC+RFSI vs. AI) × tempo (Antes do exercício vs. imediatamente após o exercício vs. 24 h vs. 48 h)] seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças nas variáveis CK e LDH. Anova *two-way* [protocolos (BC+RFSC vs. BC+RFSI vs. AI) × tempo (antes do exercício vs. imediatamente após o exercício)] seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças nas variáveis PC e AU. O tamanho do efeito foi utilizado para verificar as magnitudes [trivial < 0,35; pequena = 0,35-0,80; moderada = 0,80-1,50 e grande > 1,5] das

alterações entre as avaliações dos protocolos (Rhea, 2004). Foi utilizada a variação percentual ($\Delta\%$) $[(\text{pos-pré})/\text{pré} \times 100]$ para expressar as possíveis diferenças entre as mudanças significativas. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

Resultados

Houve diferença significativa no somatório do volume total dos quatro exercícios entre os protocolos [BC+RFSC e BC+RFSI ($4131,0 \pm 608,2$) vs. AI ($5598,7 \pm 836,7$), $p < 0,001$], porém, sem diferenças significativas entre BC+RFSC vs. BC+RFSI ($p = 1,000$). O teste t-pareado mostrou não haver diferenças significativas entre as duas pressões de RFS utilizadas durante os protocolos de BC+RFSC vs. BC+RFSI ($160,95 \pm 12,92$ e $163,80 \pm 10,52$ mm Hg, $p = 0,444$, respectivamente).

Na análise comparativa da CK, observou-se que houve interações significativas entre protocolos x tempo ($F_{(2, 6)} = 3,448$; $\eta^2 = 0,203$; $p = 0,020$). Na condição protocolo, observou-se que houve diferenças significativas entre BC+RFSC vs. AI e BC+RFSI vs. AI ($p = 0,035$; $p = 0,036$) após 24 horas, respectivamente, e entre BC+RFSC vs. AI ($p = 0,049$) após 48 horas. Na condição tempo, observaram-se aumentos significativos entre o pré vs. imediatamente pós ($p = 0,010$, $\Delta = 21,9\%$) para o protocolo de BC+RFSC. Não houve diferenças significativas no protocolo de BC+RFSI ($p > 0,05$). Entretanto, houve aumento significativo no protocolo AI entre pré vs. imediatamente pós, pré vs. 24 horas e pré vs. 48 horas ($p = 0,011$, $\Delta = 35,0\%$; $p < 0,001$, $\Delta = 177,69\%$; $p = 0,002$, $\Delta = 177,60\%$), conforme Figura 2A. Na análise das diferenças (delta) pela Anova *One-Way*, observou-se que houve diferenças significativas entre BC+RFSC vs. AI e BC+RFSI vs. AI ($p = 0,012$; $p = 0,040$) entre 24 horas - Pré, respectivamente, e entre BC+RFSC vs. AI ($p = 0,048$) entre 48 horas - Pré (Figura 2B).

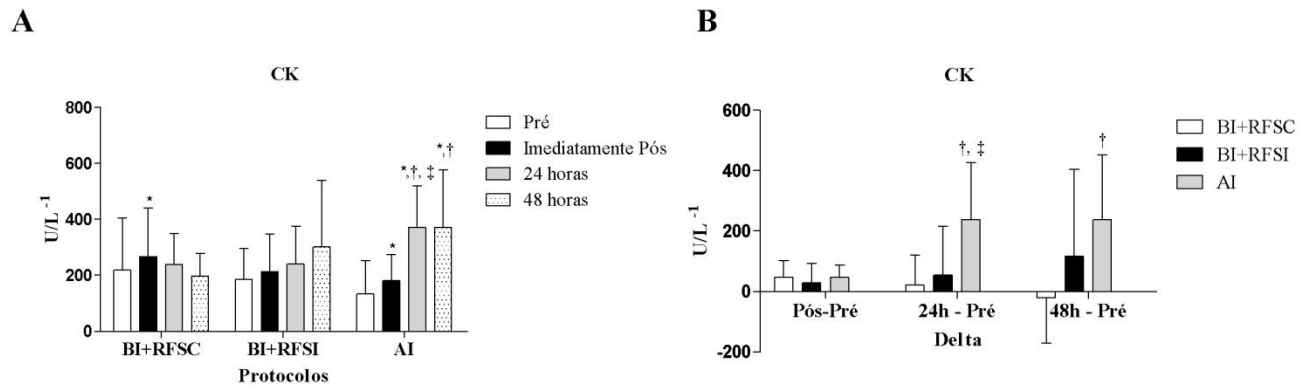


Figura 2. Análise comparativa da Creatina Quinase (CK) entre os protocolos nos momentos pré, imediatamente pós, 24 e 48 horas pós-sessão (n = 10).

† diferença significativa entre BC+RFSC vs. AI; ‡ diferença significativa entre BC+RFSI vs. AI; * diferença significativa quando comparado ao pré; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa da LDH, observou-se que não houve interações significativas entre protocolos x tempo ($F_{(2, 6)} = 0,972$; $\eta^2 = 0,067$; $p = 0,418$), nos protocolos ($F_{(2, 6)} = 0,270$; $\eta^2 = 0,020$; $p = 0,765$) e na condição tempo ($F_{(2, 6)} = 1,947$; $\eta^2 = 0,067$; $p = 0,163$), conforme Figura 3.

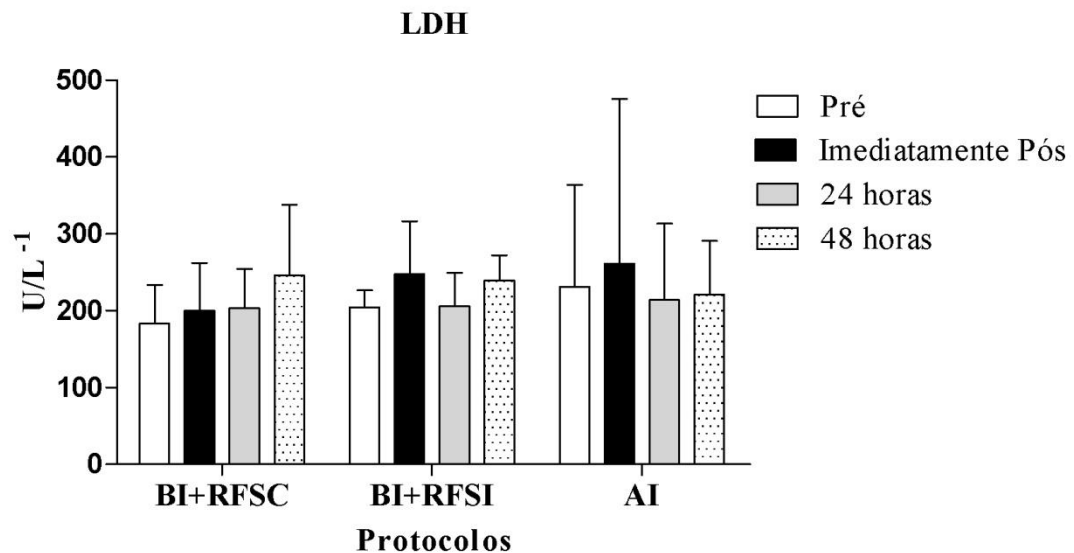


Figura 3. Análise comparativa da Lactato Desidrogenase (LDH) entre os protocolos nos momentos pré, imediatamente pós, 24 e 48 horas pós-sessão (n = 10).

BC+RFSC =baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa do PC, observou-se que não houve interações significativas entre protocolos x tempo ($F_{(2, 6)} = 0,084$; $\eta^2 = 0,007$; $p = 0,920$) e nos protocolos ($F_{(2, 6)} = 0,682$; $\eta^2 = 0,054$; $p = 0,515$), entretanto, houve interação na condição tempo ($F_{(2, 6)} = 8,117$; $\eta^2 = 0,253$; $p = 0,009$), conforme Figura 4. Na condição tempo, observou-se que os aumentos não foram significativos para os três grupos BC+RFSC, BC+RFSI, AI ($p = 0,177$; $p = 0,127$; $p = 0,062$), respectivamente.

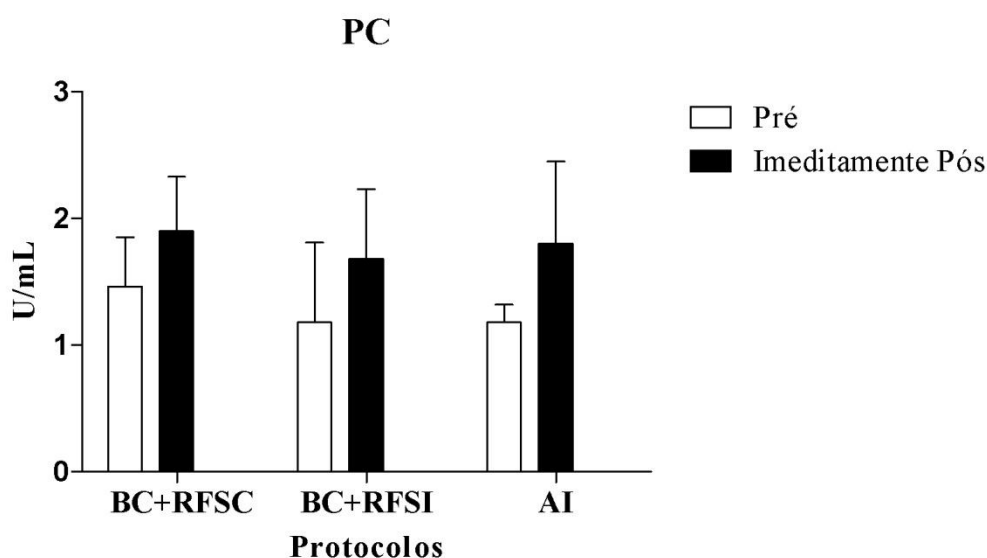


Figura 4. Análise comparativa da proteína carbonilada (PC) entre os protocolos nos momentos pré, imediatamente pós-sessão (n = 5).

BC+RFSC =baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa do TBARs, observou-se que não houve diferenças significativas entre protocolos ($p > 0,05$), conforme Figura 5.

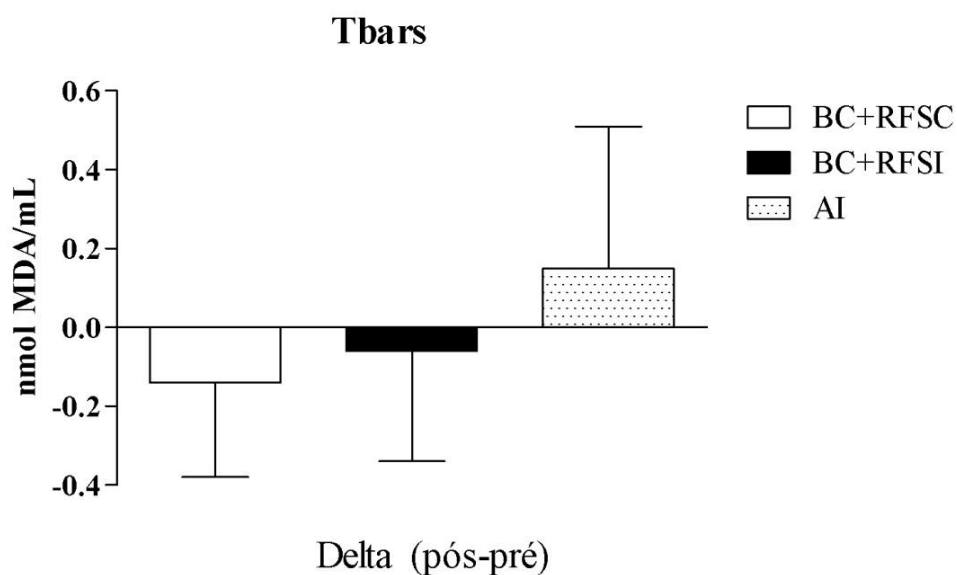


Figura 5. Análise comparativa das Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARs) entre os protocolos (n = 10).

BC+RFSC =baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; AI = protocolo de alta intensidade

Na análise comparativa do AU, observou-se que não houve interações significativas entre protocolos x tempo ($F_{(2, 6)} = 1,653$; $\eta^2 = 0,109$; $p = 0,210$), nos protocolos ($F_{(2, 6)} = 0,268$; $\eta^2 = 0,019$; $p = 0,767$) e na condição tempo ($F_{(2, 6)} = 3,195$; $\eta^2 = 0,106$; $p = 0,085$), conforme Figura 6.

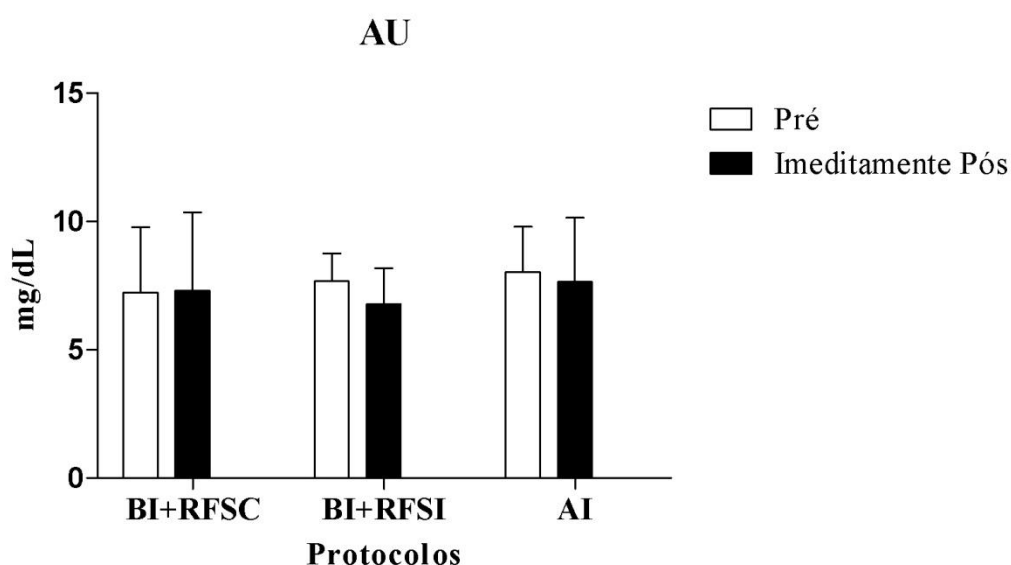


Figura 6. Análise comparativa da Acido Úrico (AU) entre os protocolos nos momentos pré, imediatamente pós-sessão (n = 10).

* diferença significativa quando comparado ao pré; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; AI = protocolo de alta intensidade

Discussão

O presente estudo comparou o efeito agudo de uma sessão do EF de membros superiores combinado com a RFS contínua e intermitente no dano muscular e no estresse oxidativo em homens militares. Para nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo que avaliou o efeito de uma sessão de EF com a RFS contínua e intermitente sobre o dano muscular e o estresse oxidativo. Assim, os principais achados foram: (a) a utilização da RFS contínua e intermitente não promoveu dano muscular; (b) a RFS contínua elevou os valores de CK imediatamente pós-sessão; (c) a RFS contínua e intermitente parece não alterar os marcadores de estresse oxidativo; e (d) o protocolo de AI promoveu dano muscular, porém não alterou os marcadores de estresse oxidativo.

Embora nenhum estudo tenha comparado a RFS contínua e intermitente sobre o dano muscular, observou-se que alguns estudos avaliaram o efeito do EF

com a RFS contínua isolada (Clark et al., 2011; Karabulut et al., 2013; Loenneke et al., 2013; Madarama et al., 2013; Takarada et al., 2000; Thiebaud et al., 2014; Thiebaud, Yasuda, Loenneke, & Abe, 2013; Umbel et al., 2009; Wernbom, Paulsen, Nilsen, Hisdal, & Raastad, 2012; Wilson, Lowery, Joy, Loenneke, & Naimo, 2013). Porém, apenas quatro analisaram os marcadores bioquímicos (Clark et al., 2011; Karabulut et al., 2013; Madarama et al., 2013; Takarada et al., 2000), os outros artigos verificaram o dano muscular por meio de escalas de percepção de dor. E ao fazermos uma análise com os achados do presente estudo e os estudos que avaliaram o dano muscular por meio da bioquímica ou por meio de escalas, observou-se que independente da forma de execução (unilateral vs. bilateral e uniarticular vs. multiarticular), quantidade de exercício (um exercício vs. uma sessão) o dano muscular parece não ocorrer após a utilização da RFS, seja ela contínua ou intermitente. Isto pode ser explicado, devido os protocolos de exercícios de baixa carga combinado com a RFS não ter elevado os marcadores de estresse oxidativo, o que corrobora com os achados de Goldfard et al. (2008) e Garten et al. (2015). Isto gera a seguinte hipótese, o dano muscular não ocorre com a RFS devido não haver estresse mecânico (Pearson & Hussain, 2015), bem como, por não haver aumento no estresse oxidativo, como mostrado no presente estudo e no estudo de Goldfard et al. (2008).

Este dano muscular pode está mais associado ao estresse mecânico promovido com a utilização de exercício com cargas altas que gera um alto estresse nas fibras musculares (Pearson & Hussain, 2015; Roig et al., 2009) e pode ocorrer em maiores magnitudes em ações excêntricas (Roig et al., 2009). Entretanto, parece que a utilização de exercícios com ações predominantemente excêntricas em combinação com a RFS previne o dano muscular (Sudo, Ando, Poole, & Kano, 2015). E, embora, os protocolos da RFS sejam realizados com cargas baixas, a intensidade é considerada elevada, o que possibilita o aumento no acúmulo de metabólitos e aumento hormonal, sem gerar estresse mecânico, e isto pode explicar há não ocorrência de dano muscular (Pope, Willardson, & Schoenfeld, 2013). Assim, como os achados do presente estudo não mostraram que houve aumento na produção de radicais livres (estresse oxidativo), especula-se que também não houve alterações nas membranas celulares e, portanto, não ocasionou uma lesão

acompanhada por um processo inflamatório ao nível das fibras musculares (Córdova & Navas, 2000), o que pode ser confirmado devido as não alterações nos marcadores CK e LDH nos protocolos da RFS. Assim, como uma maior estresse metabólico parece ocorrer com RFS contínua e o exercício de alta intensidade quando comparado com a RFS intermitente (Suga et al., 2012), especula-se que o estresse oxidativo também pode ser aumentado ainda mais nesses protocolos. Além disso, observa-se que o exercício intenso e contínuo é acompanhado pela produção de radicais livres que causam alterações nas membranas celulares. Isso leva à lesão das fibras musculares, acompanhada de um processo inflamatório, o que leva a uma redução da função muscular, liberação de enzimas musculares, alterações histológicas evidentes e dor muscular (Kuipers, 1994; Nosaka & Clarkson, 1995).

Os aumentos mensurados nos danos musculares e estresse oxidativo foram semelhantes entre a RFS contínua e intermitente. Como não foram encontradas diferenças significativas entre os métodos da RFS, observou-se que não seria necessário aumentar o estresse metabólico com RFS contínua (Suga et al., 2012). Além disso, a RFS intermitente provoca menor dor muscular (Fitschen et al., 2014), promove um menor aumento da hemodinâmica (Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, et al., 2016) e tem um efeito hipotensor menor (Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016), o que pode permitir um maior volume de treinamento e proporcionar um período mais longo de estresse tolerável com RFS, devido à menor sensação de dor. Nossos resultados, juntamente com estudos anteriores, indicaram que o RFS intermitente pode ser uma opção melhor para aqueles que usam este método de treinamento com objetivo de aumentar a ativação muscular (Yasuda et al., 2013), os ganhos de força e hipertrofia muscular (Fitschen et al., 2014), podendo ser uma excelente opção de exercício para atletas e não atletas.

Existem algumas limitações associadas ao desenho do estudo. Primeiro, a pressão arterial foi verificada na posição sentada, mas apenas um exercício foi realizado nesta posição (puxada frontal) e outros exercícios exigiram que os participantes mudassem de posição. Entretanto, verificar a pressão de restrição em posição diferente dos exercícios parece ser comum na literatura (Araujo et al., 2015; Gil et al., 2015; Laurentino et al., 2012; Neto et al., 2015; Neto, Sousa, et al., 2016;

Sousa et al., 2017). Além disso, o número de sujeitos na variável proteína carbonilada foi reduzido (cinco sujeitos), porém, observa-se que neste método de treinamento a utilização de amostras pequenas é comum na literatura (Goldfarb et al., 2008; Takarada et al., 2000), o que parece não se torna uma importante limitação, tendo em vista que foi em apenas uma variável. Outra limitação foi à ausência de uma avaliação da dor, amplitude de movimento e redução da força muscular que poderia ajudar a explicar melhor os resultados. Finalmente, desconhece a capacidade de extrapolar nossas conclusões para outras populações que diferem das características dos participantes do estudo.

Conclusão

Uma sessão de EF de BC para membros superiores combinada a RFS contínua e intermitente parece não promover dano muscular, mesmo a RFS contínua tendo elevado os valores de CK imediatamente pós-sessão. Entretanto, ambas parecem não alterar os marcadores de estresse oxidativo. Além disso, uma sessão de EF de AI parece promover dano muscular, sem alterar os marcadores de estresse oxidativo. Portanto, é importante que se conduzam novos experimentos que analisem diferentes marcadores de dano muscular e estresse oxidativo de maneira aguda e crônica, sobretudo envolvendo diferentes pressões de RFS, diferentes espessuras de manguitos e diferentes percentuais de carga em diferentes populações.

Agradecimentos

Nós não temos nada a declarar.

Conflito de interesse

Nenhum potencial conflito de interesse foi relatado pelos autores.

Referências

- ACSM. (2009). American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687-708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670
- Araujo, J. P., Neto, G. R., Loenneke, J. P., Bemben, M. G., Laurentino, G. , Batista, G., . . . Cirilo-Sousa, M. S. (2015). The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *AGE*. doi:10.1007/s11357-015-9851-4
- Beck, T. W. (2013). The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2323-2337. doi:10.1519/JSC.0b013e318278eea0
- Brandner, C. R., Kidgell, D. J., & Warmington, S. A. (2015). Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(6), 770-777. doi:10.1111/sms.12297
- Clark, B. C., Manini, T. M., Hoffman, R. L., Williams, P. S., Guiler, M. K., Knutson, M. J., . . . Kushnick, M. R. (2011). Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(5), 653-662. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01100.x
- Córdova, A., & Navas, F. J. (2000). Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 6(5), 204-208.
- Fitschen, P. J., Kistler, B. M., Jeong, J. H., Chung, H. R., Wu, P. T., Walsh, M. J., & Wilund, K. R. (2014). Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(5), 356-363. doi:10.1111/cpf.12100
- Garten, R. S., Goldfarb, A., Crabb, B., & Waller, J. (2015). The impact of partial vascular occlusion on oxidative stress markers during resistance exercise.

- International Journal Sports Medicine*, 36(7), 542-549. doi:10.1055/s-0034-1396827
- Gil, A. L. S. , Neto, G. R. , Sousa, M. S. C., Dias, I., Vianna, J., Nunes, R. A. M. , & Novaes, J. S. (2015). Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35. doi:10.1111/cpf.12291
- Goldfarb, A. H., Garten, R. S., Chee, P. D. M., Cho, C., Reeves, G. V., Hollander, D. B., . . . Kraemer, R. R. (2008). Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: influence of partial vascular occlusion. *European Journal of Applied Physiology*, 104(5), 813-819. doi:10.1007/s00421-008-0836-1
- Kacin, A., & Strazar, K. (2011). Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 231-241. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01260.x
- Karabulut, M., Sherk, V. D., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2013). Inflammation marker, damage marker and anabolic hormone responses to resistance training with vascular restriction in older males. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(5), 393-399. doi:10.1111/cpf.12044
- Kuipers, H. (1994). Exercise-induced muscle damage. *International journal of sports medicine*, 15(3), 132-135.
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., M., Neves J., . . . Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(3), 406-412. doi:10.1249/MSS.0b013e318233b4bc
- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Abe, T., & Bemben, M. G. (2013). Blood flow restriction does not result in prolonged decrements in torque. *European Journal of Applied Physiology*, 113(4), 923-931. doi:10.1007/s00421-012-2502-x
- Madarame, H., Kurano, M., Fukumura, K., Fukuda, T., & Nakajima, T. (2013). Haemostatic and inflammatory responses to blood flow-restricted exercise in

- patients with ischaemic heart disease: a pilot study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(1), 11-17. doi:10.1111/j.1475-097X.2012.01158.x
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 78-85. doi:10.1097/JES.0b013e31819c2e5c
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Dias, I., Brown, A., Vianna, J., & Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. doi:10.1111/cpf.12368
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Gonçalves, M., Batista, G. R., Mendonça, R. M. S. C., Miranda, H. L., . . . Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. *Motriz: Revista de Educação Física*, 22(3), 198-204. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1980-6574201600030011
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Piazero, B. K. L., Rodrigues-Rodrigues, T., & Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 0031512516677900.
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Costa, P. B., Salles, B. F., Novaes, G. S., & Novaes, J. S. (2015). Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1064-1070. doi:10.1519/JSC.0000000000000734
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Silva, G. V. C., Gil, A. L. S., Salles, B. F., & Novaes, J. S. (2016). Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 36(1), 53-59. doi:10.1111/cpf.12193
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1995). Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(9), 1263-1269.

- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187-200. doi:10.1007/s40279-014-0264-9
- Pope, Z. K., Willardson, J. M., & Schoenfeld, B. J. (2013). Exercise and blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2914–2926. doi:10.1519/JSC.0b013e3182874721
- Rhea, M. R. . (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, D. W. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analyses. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556-568. doi:10.1136/bjsm.2008.051417
- Rosa-Lima, F. L., Lannes, L., Viana-Gomes, D., Pierucci, A. P. T. R., & Salerno, V. P. (2015). Protein carbonyl levels correlate with performance in elite field hockey players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(7), 683-688. doi:10.1139/apnm-2014-0456
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T., & Bemben, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(5), 331-337. doi:10.1111/j.1475-097X.2012.01131.x
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1-5.
- Shephard, R. J. (1988). PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*, 5(3), 185-195.
- Silva, J. C. G., Neto, G. R., Freitas, E., Neto, E., Batista, G., Torres, M., & Sousa, M. S. C. (2015). Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 18(4), 33-41.

- Sousa, J. B. C., Neto, G. R. , Santos, H. H., Araújo, J. P., Silva, H. G., & Cirilo-Sousa, M. S. (2017). Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biology of Sport*, 34(1), 83-90.
- Sudo, M., Ando, S., Poole, D. C., & Kano, Y. (2015). Blood flow restriction prevents muscle damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions. *Physiological Reports*, 3(7), e12449. doi:10.14814/phy2.12449.
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., . . . Tsutsui, H. (2010). Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1563-1567. doi:10.1152/jappphysiol.00504.2009
- Suga, T., Okita, K., Takada, S., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Yokota, T., . . . Horiuchi, M. (2012). Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3915-3920. doi:10.1007/s00421-012-2377-x
- Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 107-112.
- Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K., Kato, M., Uno, K., . . . Hirata, Y. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 65-73.
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 61.
- Thiebaud, R., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Kim, D., Ye, X., Abe, T., . . . Bemben, M. G. (2014). Muscle damage after low-intensity eccentric contractions with blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*, 101(2), 150-157. doi:10.1556/APhysiol.101.2014.2.3.
- Thiebaud, R. S., Yasuda, T., Loenneke, J. P., & Abe, T. (2013). Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction

- on indices of exercise-induced muscle damage. *Interventional Medicine and Applied Science*, 5(2), 53-59. doi:10.1556/IMAS.5.2013.2.1
- Umbel, J. D., Hoffman, R. L., Dearth, D. J., Chleboun, G. S., Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 107(6), 687-695. doi:10.1007/s00421-009-1175-6
- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P. B., . . . Chacon-Mikahil, M. P. T. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1071-1076. doi:10.1519/JSC.0000000000000703
- Vilaça-Alves, J., Neto, G. R., Morgado, N. M., Saavedra, F., Lemos, R., Moreira, T. R., . . . Reis, V. M. (2016). Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. *Journal of Exercise Physiology Online*, 19(3), 100-109.
- Wernbom, M., Paulsen, G., Nilsen, T. S., Hisdal, J., & Raastad, T. (2012). Contractile function and sarcolemmal permeability after acute low-load resistance exercise with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 112(6), 2051-2063. doi:10.1007/s00421-011-2172-0
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., & Naimo, M. A. (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 3068-3075. doi:10.1519/JSC.0b013e31828a1ffa
- Yasuda, T., Loenneke, J. P., Ogasawara, R., & Abe, T. (2013). Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 419-426. doi:10.1556/APhysiol.100.2013.4.6.

ARTIGO 5

Efeito do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente na hipertrofia, força e resistência muscular de homens saudáveis

Título abreviado: restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente na força e hipertrofia

Resumo

O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito do treinamento de força (TF) com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) contínua ou intermitente na hipertrofia muscular (HM), força muscular dinâmica (FMD), força muscular isométrica (FMI) e resistência muscular localizada (RML) de homens saudáveis. Vinte e cinco homens com experiência em TF e faixa etária de 18 a 36 anos foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais: a) quatro exercícios de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC), b) quatro exercícios de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI), c) quatro exercícios de baixa carga a 20% de 1RM sem a RFS (BC). Foram realizadas 12 sessões de TF (duração de seis semanas, sendo duas vezes por semana). Antes e após essas sessões foram avaliadas a HM, FMD, FMI e RML. Observou-se que não houve diferenças entre os grupos para todas as variáveis ($p > 0,05$). Entretanto, houve no tempo para a RML no exercício rosca tríceps no *pulley* apenas no grupo BC+RFSC ($p < 0,001$), e no exercício rosca bíceps no *pulley* houve diferenças nos grupos BC+RFSC, BC+RFSI e BC ($p < 0,001$; $p = 0,002$; $p = 0,032$), respectivamente, com magnitude grande apenas para as duas formas da RFS. Conclui-se que a RFS contínua ou intermitente parecem ser uma boa alternativa para o aumento da RML dos membros superiores nos exercícios uniarticulares.

Palavras-chave: kaatsu training, oclusão vascular, exercício de força, exercício de resistência, variáveis neuromusculares

Abstract

The aim of the present study was to compare the effect of strength training (ST) combined continuous or intermittent blood flow restriction (BFR) on muscle hypertrophy (MH), dynamic muscle strength (DMS), isometric muscle strength (IMS) and muscular endurance (ME) of healthy men. Twenty-five men with experience in ST and age group of 18 to 36 years were randomly divided into three experimental groups: a) four low-load exercises at 20% of 1RM combined with continuous blood flow restriction (LL+BFRC), b) four low-load exercises at 20% of 1RM combined with intermittent blood flow restriction (LL+BFRI); c) four low-load exercises at 20% of 1RM without RFS (LL). Twelve sessions of ST were performed (duration of six weeks, being twice a week). Before and after these sessions the MH, DMS, IMS and ME were evaluated. It was observed that there were no differences between groups for all variables ($p>0.05$). However, there was in time for the ME in the exercise triceps thread in the pulley only in the LL+BFRC group ($p<0.001$), and in the biceps screw exercise in the pulley there were differences in the groups LL+BFRC, LL+BFRI and LL ($p<0.001$, $p=0.002$, $p=0.032$), respectively, with large magnitude only for the two forms of the BFR. It is concluded that continuous or intermittent BFR seems to be a good alternative for the increase of the ME of the upper limbs in the uniarticular exercises.

Key words: kaatsu training, vascular occlusion, strength exercise, resistance exercise, neuromuscular variables

Introdução

O Colégio Americano de Medicina do Esporte recomenda a prática do treinamento de força (TF) com cargas iguais ou superiores a 65% de uma repetição máxima (1RM) para o aumento da força e hipertrofia muscular [1]. Entretanto, idosos ou pessoas com necessidades especiais são menos tolerantes a percentuais de cargas elevados. Nesse contexto, alguns pesquisadores têm utilizado um método de TF denominado KAATSU training que consiste na utilização de cargas baixas (20-30% de 1RM) em combinação com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) promovidas por meio de cuffs padrões [2]. Este método tem sido utilizado para aumentar a hipertrofia muscular [3, 4], a força muscular [3-6] e a resistência muscular localizada (RML) [6-8]. Além disso, vem sendo utilizado para aumentar a capacidade funcional [9], a força isométrica [10] e tem se mostrado seguro em relação à hemodinâmica [11-19].

Nos últimos anos, este método de TF ganhou mais notoriedade na comunidade científica, assim, várias pesquisas têm sido desenvolvidas com objetivo de entender todos os procedimentos inerentes a sua aplicação, no que diz respeito à segurança, eficácia e aderência. Como exemplo, observa-se a intensidade da carga utilizada [20], o tamanho do cuff [21], a pressão utilizada [22] e a forma de aplicação da RFS (contínua ou intermitente) [13, 14, 23-27]. Entre os estudos que avaliaram a aplicação da RFS, observou-se que apenas um analisou a força e hipertrofia muscular [25], porém, este estudo utilizou apenas um exercício com execução unilateral e uniarticular. Embora alguns estudos mostrem não existir diferenças significativas entre a RFS contínua e intermitente na força e hipertrofia muscular de membros inferiores [25], na ativação muscular dos membros superiores [26] e na hemodinâmica dos membros superiores [13, 14]. Observa-se que ainda não é conhecido, qual seria a melhor estratégia para trabalhar sessões de TF combinado a RFS (contínua ou intermitente) com objetivo de aumentar a hipertrofia muscular (HM), força muscular dinâmica (FMD), força muscular isométrica (FMI) e a resistência muscular localizada (RML) de membros superiores.

Assim, ao verificar a literatura pertinente, observou-se que a RFS contínua promove um estresse metabólico mais alto quando comparado com a RFS

intermitente [24], aumentando mais a sensação de dor durante as sessões de exercícios [25], o que possibilita o aumento da hemodinâmica [12-14]. Isto pode influenciar na aderência ao treinamento de pessoas com necessidades especiais, porém, é necessário realizar estudos analisando sessões de TF com a RFS (contínua ou intermitente) com pessoas aparentemente saudáveis para posteriormente realizar estudos com populações especiais.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar o efeito do TF com RFS contínua ou intermitente sobre a HM, FMD, FMI e RML de homens saudáveis. Diante do exposto, a hipótese do presente estudo era que não haveria diferenças significativas na HM, FMD, FMI e RML entre os grupos com a RFS contínua e intermitente.

Materiais e Métodos

Sujeitos

Participaram do estudo 25 homens com faixa etária de 18 a 36 anos, com experiência em TF (tempo de prática ≥ 2 meses e ≤ 12 meses), Tabela 1. A dimensão amostral foi realizada utilizando o software *G*Power* 3.1 [28]. E com base em uma análise *a priori*, foi calculado um N de 24 indivíduos, após termos adotado uma potência de 0,80, $\alpha = 0,05$, coeficiente de correlação de 0,5, a correção *Nonsphericity* de 1 e um tamanho de efeito de 0,35. Verificou-se que os 24 sujeitos eram suficientes para fornecer 82,1% do poder estatístico. Como o estudo finalizou com 25 sujeitos, observou-se, na análise *post hoc*, que o tamanho da amostra era suficiente para fornecer 84,0% do poder estatístico. Para o cálculo da amostra foram adotados os procedimentos sugeridos por Beck [29].

Foram incluídos, os sujeitos com faixa etária entre 18 a 40 anos que responderem negativamente a todos os itens do *Physical Activity Readiness Questionnaire* / PAR-Q [30], os que apreeserassem o índice de massa corporal menor que $30 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$, os que não apresentaram histórico de algum tipo de lesão osteomioarticular nos membros superiores nos utimos seis meses e os não fumantes. Foram excluidos os que faltaram consecutivamente duas sessões. Após serem explicados os riscos e benefícios da pesquisa os sujeitos assinaram o termo

de consentimento livre esclarecido elaborado de acordo com a declaração de Helsinque. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (protocolo nº 0476/13).

Tabela 1. Características dos sujeitos

	BC+RFSC = 09	BC+RFSI = 08	BC = 08	p
Idade (anos)*	26,1 ± 5,0	23,8 ± 5,6	22,2 ± 3,5	0,277
MC (kg)*	67,5 ± 9,7	79,2 ± 9,3	78,0 ± 10,9	0,045
Estatura (m)*	1,71 ± 0,05	1,75 ± 0,07	1,75 ± 0,06	0,443
IMC (kg.m ²)*	22,8 ± 2,2	25,8 ± 3,0	25,2 ± 2,4	0,054
PRFSBE (mm Hg)†	108,8 ± 9,2	117,5 ± 10,3	-	0,090

* diferenças pela anova one-way, † diferenças pelo teste t independente; MC = massa corporal; IMC = índice de massa corporal; PRFSBE = pressão média utilizada na restrição de fluxo sanguíneo do braço esquerdo; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Desenho do Estudo

Durante a primeira e a última visita ao laboratório foram adotados os seguintes procedimentos: inicialmente foi avaliada a antropometria (hipertrofia muscular); cinco minutos depois o ponto da RFS; 15 a 20 minutos após a força muscular isométrica (FMI); na sequência após 3-5 minutos começou a avaliação da força muscular dinâmica máxima (1RM) de cada exercício (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley*, respectivamente) e após 40-60 minutos realizou-se a avaliação da resistência muscular localizada (RML) dos quatro exercícios. Entre as duas coletas que aconteceram durante a primeira e última visita ao laboratório foram realizadas 12 sessões de treinamento (duas vezes por semana), a primeira sessão ocorreu 72 horas após a primeira visita (pré-teste) e a última sessão ocorreu 72 horas antes da última avaliação (pós-teste),

Figura 1. Os três grupos do estudo realizaram a seguinte rotina: a) TF de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua (BC+RFSC), b) TF de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente (BC+RFSI), c) TF de baixa carga a 20% de 1RM sem a RFS (BC). Durante o estudo, os participantes foram instruídos a abster-se de exercício de membros superiores, bem como a ingestão de suplementos nutricionais.

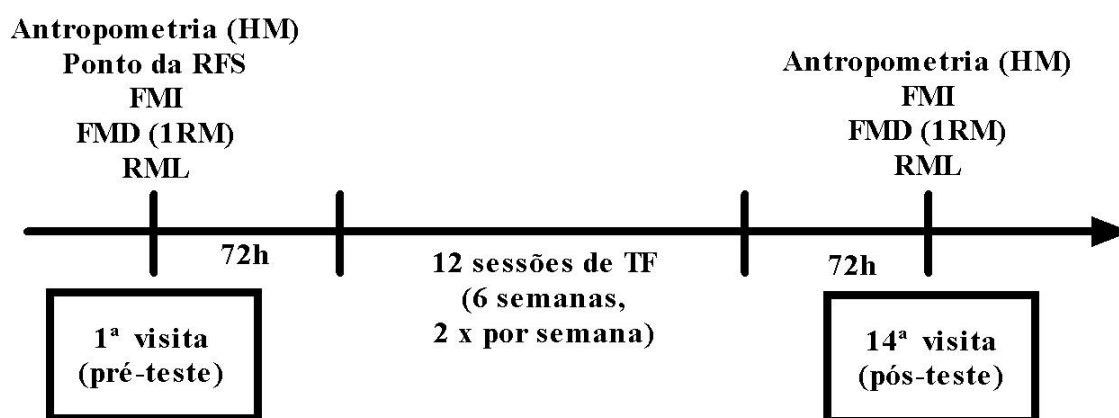


Figura 1. Desenho experimental

HM = hipertrofia muscular; RFS = restrição de fluxo sanguíneo; FMI = força muscular isométrica; FMD = força muscular dinâmica; RML = resistência muscular localizada; TF = treinamento de força

Procedimentos

Avaliação Antropométrica e Hipertrofia Muscular

Inicialmente, utilizou-se uma balança (model 7755 Soehnle Professional[®], Alemanha) para mensuração da massa corporal, em utilizou-se o estadiômetro portátil (WCS, Cardiomed[®], Brasil) para mensuração da estatura, essas medidas foram aferidas com precisão de 0,1 kg e 0,5 cm, respectivamente. Estas medidas foram equacionadas posteriormente para obtenção do índice de massa corporal (IMC) em $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$. A hipertrofia muscular (área de secção transversa do braço) foi avaliada por meio das medidas antropométricas de circunferências de ambos os braços relaxados, conforme recomendação de Frisancho [31, 32] e pela circunferência de ambos os braços contraído e pela circunferência do tórax na

expiração forçada máxima. Todas estas medidas foram padronizadas conforme recomendações do ACSM [33] e foram mensuradas sempre pelo mesmo avaliador experiente.

Determinação do Ponto da Restrição de Fluxo Sanguíneo

A restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio do doppler vascular (MedPeg® DV -2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), na qual a sonda foi colocada sobre a artéria radial (braço direito e esquerdo) para determinar a pressão arterial (mm Hg) de treinamento. Os participantes permaneceram deitados em decúbito dorsal e um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester) para o membro superior (largura 60 mm; comprimento 470 milímetros) foi fixado na região da prega axilar e foi inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria radial fosse interrompido. A pressão do manguito usada durante os exercícios foi determinada a 80% da pressão necessária para a restrição total do fluxo de sangue no estado de repouso [3]. O manguito foi mantido (RFSC) e desinflado (RFSI) entre as séries.

Força Muscular Isométrica

Após a determinação do ponto da RFS foi avaliada a medida da força isométrica por meio dos testes de dinamometria manual (direita e esquerda) e dinamometria escapular. Para o teste de dinamometria manual foi utilizado o Dinamômetro CROW® com capacidade de 50 Kgf. A participante ficava em pé com os cotovelos estendidos ao longo do corpo com antebraço em leve pronação e punhos na posição neutra. Em seguida, o voluntário foi orientado a realizar três tentativas em cada uma das mãos, aplicando uma força máxima e breve. Foi computado o melhor resultado das três tentativas em cada mão. Já para o teste de dinamometria escapular foi utilizado o Dinamômetro CROW® com capacidade de 50 Kgf. A participante foi posicionada em pé com abdução de ombro, inferior a 90°, flexão de cotovelo, antebraço em posição neutra, punho com uma leve extensão, o

polegar e os dedos tocavam a empunhadura e ao comando do avaliador executava-se uma retração da escápula. Foi computado o melhor resultado das três tentativas.

Força Muscular Dinâmica Máxima (1RM)

A avaliação da força dinâmica máxima/carga de treinamento foi avaliada por meio do teste de 1RM. Os três grupos realizaram quatro exercícios de forma bilateral: supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley*, respectivamente. Utilizou-se um padrão de cinco minutos para o tempo de recuperação entre os exercícios. Inicialmente, cada indivíduo realizava um aquecimento com uma série de cinco a 10 repetições com 40 e 60%, da força máxima percebida. Após um minuto de intervalo, a segunda série foi realizada entre três e cinco repetições a 60-80% da força máxima percebida. Depois de um minuto de descanso, a avaliação da força foi iniciada e medida em até cinco tentativas, a carga era ajustada antes de cada nova tentativa. A duração de recuperação entre as tentativas foi padronizada em 3-5 minutos. O teste foi interrompido quando o indivíduo não conseguia executar corretamente o movimento, sendo considerada a carga máxima a carga mobilizada na última tentativa bem sucedida.

Resistencia Muscular Localizada (RML)

A RML foi calculada pelo número máximo de repetições realizada nos quatro exercícios, durante uma série com uma carga fixa de 40% de 1RM. A amplitude articular do ombro foi de 90° a aproximadamente 120° de angulação para o exercício supino, para o exercício puxada frontal a amplitude articular do ombro foi de 180° a aproximadamente 45° de angulação, para o exercício rosca tríceps no *pulley* a amplitude articular do cotovelo foi de 90° a 0° e para o exercício rosca bíceps direta a amplitude articular do cotovelo foi de 0° a aproximadamente 145°. A velocidade foi controlada por meio de um metrônomo, com tempo total de execução do movimento de três segundos (1,5 segundos para ação concêntrica e 1,5 segundos para ação excêntrica) até o momento em que ocorresse a falha concêntrica. Quando o

participante não conseguia manter o ciclo de repetições dentro da série, na cadência e amplitude estabelecidas, era determinado o ponto de falha concêntrica e o maior número de repetições realizadas com sucesso era computado.

Sessões de Treinamento

Foram realizados 12 sessões com execução bilateral: supino reto (com barra convencional e anilhas calibradas), puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley* (em máquinas convencionais), respectivamente. Os participantes foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais com intervenções diferentes: a) quatro exercícios a 20% de 1RM combinados com a RFS contínua (BC+RFSC); b) quatro exercícios a 20% de 1RM combinado com a RFS intermitente (BC+RFSI) e c) quatro exercícios a 20% de 1RM sem a RFS (BC). Para os três grupos, os participantes completaram quatro séries de 15 repetições, utilizando 20% de 1RM com 30 segundos de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios. Os grupos com a RFS utilizavam um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester*) nos braços (largura 60 milímetros, comprimento 470 milímetros) fixados na região mais proximal. Para o grupo de BC+RFSI o manguito foi desinflado entre as séries e para o grupo de BC+RFSC o manguito foi mantido inflado entre as séries, porém foi desinflado sempre ao final de cada exercício. A velocidade de execução para os três grupos foi estabelecida em três segundos (1,5 para a ação muscular concêntrica e 1,5 para a excêntrica) controlada por meio de um metrônomo.

Volume Total de Treinamento

Para calcular o volume total (VT) de trabalho, multiplicou-se a carga pelo número de séries e de repetições completas de todas as sessões dos quatro exercícios (sessões x carga x séries x repetições).

Análises Estatística

A análise estatística foi realizada inicialmente pelo teste de normalidade *Shapiro-Wilk* e pelo teste de homogeneidade *Levene*. As variáveis demonstraram distribuição normal e homogeneidade ($p > 0,05$). Utilizou-se a Anova *One-Way* com *post hoc* de *Bonferroni* para comparar o volume total dos exercícios, idade, massa corporal, estatura e IMC entre os grupos e, o teste t independente para comparar as pressões de RFS utilizadas nos grupos de BC+RFSC e BC+RFSI. Anova *two-way* seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças nas variáveis HM, FMD, FMI e RML. Utilizou-se a Anova *One-Way* para a variável circunferência do tórax em que os grupos partiram de condições diferentes, para isso realizou o delta variação (Pós-Pré). O tamanho do efeito (TE) foi utilizado para verificar a magnitude [trivial $< 0,50$, pequena = $0,50-1,25$, moderada = $1,25-1,9$ e grande $> 2,0$] das mudanças significativas entre as avaliações dos grupos do estudo [34]. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS versão 20.0 do pacote (SPSS Inc., Chicago, IL).

Resultados

Hipertrofia Muscular

Na análise comparativa da HM do braço direito, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,037$; $\eta^2 = 0,002$; $p = 0,964$), no grupo ($F = 2,668$; $\eta^2 = 0,108$; $p = 0,081$) e no tempo ($F = 0,007$; $\eta^2 < 0,001$; $p = 0,933$). Na análise comparativa da HM do braço esquerdo, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,069$; $\eta^2 = 0,003$; $p = 0,934$), no grupo ($F = 2,254$; $\eta^2 = 0,093$; $p = 0,117$) e no tempo ($F = 0,026$; $\eta^2 = 0,001$; $p = 0,872$). Na análise comparativa da circunferência do braço contraído direito, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,066$; $\eta^2 = 0,003$; $p = 0,936$), no grupo ($F = 2,011$; $\eta^2 = 0,084$; $p = 0,146$) e no tempo ($F = 0,388$; $\eta^2 = 0,009$; $p = 0,536$). Na análise comparativa da circunferência do braço contraído esquerdo, observou-se que não houve interações significativas entre

grupo x tempo ($F = 0,023$; $\eta^2 = 0,001$; $p = 0,977$), no grupo ($F = 2,029$; $\eta^2 = 0,084$; $p = 0,144$) e no tempo ($F = 0,517$; $\eta^2 = 0,012$; $p = 0,476$). Na análise comparativa da circunferência do tórax, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,025$; $\eta^2 = 0,001$; $p = 0,975$) e no tempo ($F = 0,096$; $\eta^2 = 0,002$; $p = 0,759$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 5,539$; $\eta^2 = 0,201$; $p = 0,007$). Na análise intergrupo pela ANOVA One-Way, observou-se que não houve diferenças significativas entre eles ($p = 0,532$), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Análise comparativa da hipertrofia muscular (HM) entre os grupos nos momentos pré-teste e pós-teste.

<i>Variáveis</i>	BC+RFSC		BC+RFSI		BC	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
HMBD (cm ²)	75,6 ± 12,4	75,2 ± 10,3	85,7 ± 17,7	87,6 ± 19,0	82,4 ± 11,4	82,0 ± 13,3
HMDE (cm ²)	75,8 ± 12,5	75,0 ± 10,4	84,2 ± 16,8	86,8 ± 19,1	81,9 ± 11,5	82,1 ± 12,7
CBCD (cm)	32,3 ± 2,1	32,8 ± 1,6	34,0 ± 3,7	34,8 ± 3,3	33,6 ± 2,6	33,8 ± 2,6
CBCE (cm)	32,1 ± 2,0	32,7 ± 1,8	33,9 ± 3,6	34,7 ± 3,7	33,4 ± 2,5	33,8 ± 2,6
CT (cm)	91,6 ± 7,1	92,0 ± 6,7	97,7 ± 4,3	98,7 ± 5,4	96,7 ± 5,7	96,7 ± 5,0

HMBD = hipertrofia muscular do braço direito; HMDE = hipertrofia muscular do braço esquerdo; CBCD = circunferência do braço contraído direito; CBCE = circunferência do braço contraído esquerdo; CT = circunferência do tórax; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Força Muscular Dinâmica Máxima (1RM)

Na análise comparativa da FMD do exercício supino reto, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,067$; $\eta^2 = 0,003$; $p = 0,935$), no grupo ($F = 0,208$; $\eta^2 = 0,009$; $p = 0,813$) e no tempo ($F = 0,089$; $\eta^2 = 0,002$; $p = 0,767$). Na análise comparativa da FMD do exercício puxada frontal, observou-se

que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,107$; $\eta^2 = 0,005$; $p = 0,899$), no grupo ($F = 0,370$; $\eta^2 = 0,017$; $p = 0,693$) e no tempo ($F = 0,431$; $\eta^2 = 0,010$; $p = 0,515$). Na análise comparativa da FMD do exercício rosca tríceps no *pulley*, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,102$; $\eta^2 = 0,005$; $p = 0,903$), no grupo ($F = 0,132$; $\eta^2 = 0,006$; $p = 0,876$) e no tempo ($F = 0,241$; $\eta^2 = 0,005$; $p = 0,626$). Na análise comparativa da FMD do exercício rosca bíceps no *pulley*, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,055$; $\eta^2 = 0,002$; $p = 0,947$), no grupo ($F = 0,191$; $\eta^2 = 0,009$; $p = 0,827$) e no tempo ($F = 0,739$; $\eta^2 = 0,017$; $p = 0,395$), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Análise comparativa da força muscular dinâmica (FMD) máxima 1RM dos quatro exercícios entre os grupos nos momentos pré-teste e pós-teste.

Exercícios	BC+RFSC		BC+RFSI		BC	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
SR	77,6 ± 17,2	78,0 ± 15,4	72,9 ± 14,4	76,4 ± 16,7	75,5 ± 11,9	75,4 ± 13,7
PF	69,0 ± 13,0	69,2 ± 12,5	65,9 ± 13,9	70,5 ± 14,8	63,8 ± 12,3	66,6 ± 14,9
RTP	31,3 ± 6,8	31,6 ± 6,0	30,7 ± 4,8	32,6 ± 5,6	32,3 ± 4,8	32,6 ± 6,1
RBDP	34,4 ± 5,9	35,1 ± 6,2	34,1 ± 8,0	36,1 ± 6,9	32,7 ± 5,9	34,7 ± 6,2

SR = supino reto; PF = puxada frontal, RTP = rosca tríceps no *pulley*; RBDP = rosca bíceps direta no *pulley*; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Força Muscular Isométrica

Na análise comparativa da FMI do braço direito, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,029$; $\eta^2 = 0,001$; $p = 0,971$), no grupo ($F = 1,253$; $\eta^2 = 0,054$; $p = 0,296$) e no tempo ($F = 1,642$; $\eta^2 = 0,036$; $p = 0,207$). Na análise comparativa da FMI do braço esquerdo, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,108$; $\eta^2 = 0,005$; $p =$

0,897), no grupo ($F = 0,545$; $\eta^2 = 0,024$; $p = 0,584$) e no tempo ($F = 1,018$; $\eta^2 = 0,023$; $p = 0,318$). Na análise comparativa da FMI escapular, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,068$; $\eta^2 = 0,003$; $p = 0,935$), no grupo ($F = 2,613$; $\eta^2 = 0,106$; $p = 0,085$) e no tempo ($F = 0,294$; $\eta^2 = 0,007$; $p = 0,591$), conforme Tabela 4.

Tabela 4. Análise comparativa da força muscular isométrica (FMI) entre os grupos nos momentos pré-teste e pós-teste.

Variáveis	BC+RFSC		BC+RFSI		BC	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
DMBD (kgf)	46,1 ± 6,7	48,9 ± 6,6	50,0 ± 7,3	53,4 ± 8,3	48,5 ± 9,4	50,6 ± 7,2
DMBE (kgf)	45,2 ± 6,4	48,8 ± 7,3	48,7 ± 10,6	51,4 ± 10,7	48,3 ± 7,3	49,2 ± 7,5
DE (kgf)	25,5 ± 5,0	25,7 ± 6,3	30,3 ± 9,6	31,6 ± 8,5	29,3 ± 7,8	31,4 ± 7,4

DMBD = dinamometria manual do braço direito; DMBE = dinamometria manual do braço esquerdo; DE = dinamometria escapular; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Resistência Muscular Localizada

Na análise comparativa da RML do exercício supino reto, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,087$; $\eta^2 = 0,004$; $p = 0,917$), no grupo ($F = 0,989$; $\eta^2 = 0,043$; $p = 0,380$) e no tempo ($F = 2,805$; $\eta^2 = 0,060$; $p = 0,101$). Na análise comparativa da RML do exercício puxada frontal, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,158$; $\eta^2 = 0,007$; $p = 0,855$), no grupo ($F = 2,454$; $\eta^2 = 0,100$; $p = 0,098$), entretanto, houve no tempo ($F = 5,000$; $\eta^2 = 0,102$; $p = 0,030$). Na análise intragrupo, observou-se que não houve diferenças significativas nos grupos, porém os tamanhos de efeito foram: BC+RFSC = 0,62; BC+RFSI = 1,05; BC = 0,62. Na análise comparativa da RML do exercício rosca tríceps no *pulley*, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 3,060$; $\eta^2 = 0,122$; $p = 0,057$), no grupo ($F = 1,615$; $\eta^2 = 0,068$; $p =$

0,210), entretanto, houve no tempo ($F = 13,544$; $\eta^2 = 0,235$; $p = 0,001$). Na análise intragrupo, observou-se que houve diferenças significativas apenas no grupo BC+RFSC ($p < 0,001$; TE = 2,31; Maginidade: grande), os outros grupos apresentaram os seguintes TE (BC+RFSI = 0,57; BC = 0,39). Na análise comparativa da RML do exercício rosca bíceps no *pulley*, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,886$; $\eta^2 = 0,039$; $p = 0,419$), no grupo ($F = 1,451$; $\eta^2 = 0,062$; $p = 0,245$), entretanto, houve no tempo ($F = 32,018$; $\eta^2 = 0,421$; $p < 0,001$). Na análise intragrupo, observou-se que houve diferenças significativas apenas nos três grupos (BC+RFSC [$p < 0,001$; TE = 2,63; Maginidade: grande], BC+RFSI [$p = 0,002$; TE = 2,10; Maginidade: grande] BC [$p = 0,032$; TE = 1,26; Maginidade: moderada]), conforme Tabela 5.

Tabela 5. Análise comparativa da resistência muscular localizada (RML) dos quatro exercícios (repetições) entre os grupos nos momentos pré-teste e pós-teste.

Exercícios	BC+RFSC		BC+RFSI		BC	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
SR	30,1 ± 9,4	33,0 ± 10,8	29,7 ± 7,6	32,6 ± 4,5	25,8 ± 3,6	30,6 ± 3,5
PF	34,0 ± 8,8	39,5 ± 8,9	41,3 ± 9,7	51,5 ± 10,7	39,3 ± 15,9	49,2 ± 22,1
RTP	22,8 ± 5,4	35,3 ± 6,9*	25,6 ± 7,7	30,0 ± 4,9	24,0 ± 6,6	26,6 ± 4,9
RBDP	19,2 ± 3,6	28,7 ± 7,4*	20,3 ± 3	28,3 ± 4,7*	19,1 ± 4,1	24,3 ± 2,8*

* diferença significativa quando comparado ao pré; SR = supino reto; PF = puxada frontal, RTP = rosca tríceps no *pulley*; RBDP = rosca bíceps direta no *pulley*; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Pressão de Treinamento e Volume Total de Treinamento

O teste t independente mostrou não haver diferenças significativas entre grupos de BC+RFSC vs. BC+RFSI ($p = 0,090$) nas pressões de RFS utilizadas no

braço esquerdo (Tabela 1). Observou-se que não houve diferença significativa no somatório do volume total (12 sessões) dos quatro exercícios entre os grupos (BC+RFSC [30585,6 $\pm$ 5629,1] vs. BC+RFSI [29339,1 $\pm$ 5491,5] vs. BC [29447,1 $\pm$ 4724,2], $p = 0,865$).

Discussão

O presente estudo comparou o efeito do TF com RFS contínua ou intermitente sobre a HM, FMD, FMI e RML em homens saudáveis. Para nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo que verificou o efeito crônico de sessões de TF combinado a RFS com exercícios de membros superiores realizados em execução bilateral, uni e multiarticular sobre as adaptações neuromusculares. Assim, os principais achados foram: a) não houve diferenças significativas entre os grupos com a RFS contínua e intermitente em todas as variáveis HM, FMD, FMI e RML; b) a RML no exercício rosca tríceps no *pulley* aumentou apenas no grupo BC+RFSC; c) a RML no exercício rosca bíceps no *pulley* aumentou nos grupos BC+RFSC, BC+RFSI e BC, porém a magnitude grande ocorreu apenas para os grupos com a RFS (contínua e intermitente); d) os músculos que sofrem influência direta da RFS (bíceps e tríceps) foram os que mais obtiveram benefícios com as duas técnicas da RFS (exercícios uniarticulares).

Em relação às adaptações neuromusculares de HM e FMD, observa-se que apenas um estudo analisou o efeito de cinco semanas do TF com RFS contínua e intermitente sobre a HM e FMD [25]. Os achados desse estudo corroboram com nossos resultados, pois esses autores não encontraram diferenças significativas na HM e FMD entre as formas de RFS. Ao analisar os estudos, observa-se que as adaptações neuromusculares são similares entre as formas de RFS, porém, parecem ocorrer independente do segmento utilizado (superior vs. inferior), da forma de execução (unilateral vs. bilateral e uni vs. multiarticular) e do volume de treinamento. Estes resultados podem ter ocorrido devido observar que não existem diferenças significativas da forma aguda no lactato [14], na ativação muscular [26] e no dano muscular e estresse oxidativo [27] entre a RFS contínua e intermitente, fatores que interferem diretamente no processo das adaptações neuromusculares. E

nesse contexto, as alterações metabólicas e o recrutamento de unidades motoras são um dos principais fatores para o aumento da HM [35-37] e da FMD [36, 37].

Embora nenhum estudo tenha comparado a RFS contínua e intermitente sobre a RML, observou-se que alguns estudos avaliaram o efeito do EF com a RFS contínua isolada [6, 8, 38] ou intermitente isolada [7]. Os resultados destes estudos corroboram com nossos achados, o que sugere que a melhoria da RML após aplicação do TF com a RFS ocorre independente da forma da restrição (contínua ou intermitente), da forma de execução (unilateral vs. bilateral e uni vs. multiarticular), do percentual de carga (20 a 50% de 1RM), da duração do treinamento (4 a 8 semanas) e do volume de treinamento, sendo que isto pode ocorrer tanto em homens quanto em mulheres aparentemente saudáveis e atletas. Este aumento na RML parece está associado à condição de hipóxia intramuscular promovida pela RFS, pois este mecanismo pode estimular aumentos na capilarização devido aumento no fator de crescimento vascular endotelial (VEGF) e melhorar o desempenho da RML [39].

Já em relação às adaptações neuromusculares de FMI mensuradas por meio de dinamômetros manual e escapular após um TF com RFS intermitente, verificou-se que apenas um estudo teve esse objetivo [10]. Estes autores realizaram um programa de TF com mulheres acompanhando as fases do ciclo menstrual durante quatro semanas com flexão bilateral de cotovelo e analisaram a FMI manual e escapular antes e após o final das oito sessões. Os achados desse estudo corroboram em partes com nossos achados, pois os autores não encontraram aumento significativo no final das oito sessões, apenas encontram aumentos significativos na avaliação intermediária (fase ovulatória do ciclo menstrual) no teste de dinamometria da mão direita e escapular, isto deve ter ocorrido provavelmente devido a alteração hormonal que ocorre durante o ciclo menstrual das mulheres. Este não aumento da FMI pode estar associada à característica dos exercícios e teste utilizados para verificar a FMI, o que parece ser uma limitação dos nossos achados e dos achados de Chaves et al. [10]. O que sugere que a FMI seja avaliada, em estudos futuros, após o TF com exercícios específicos para os testes utilizados.

Analisando os achados do presente estudo e os da literatura existentes, observa-se que a RFS intermitente pode se tornar uma excelente opção para quem trabalha com este método de treinamento. Uma vez que as adaptações neuromusculares de ativação muscular [26], FMD e HM [25] e FC e DP [14] são similares entre a RFS contínua e intermitente, mesmo não existindo um consenso sobre o estresse metabólico [14, 24]. Entretanto, a RFS intermitente apresenta uma menor PSE [14] e menor sensação de dor [25] o que pode possibilitar uma maior aderência dos praticantes do método.

Em relação aos músculos que sofrem influência direta da RFS (bíceps e tríceps) foram os que mais obtiveram benefícios com as duas técnicas da RFS (exercícios uni e multiarticulares). O que parece está diretamente ligado aos mecanismos envolvidos neste processo, neste sentido, Loenneke et al. [40] mencionam que à hiperemia e a concentração dos íons H^+ aumentarem mais no local ocluído, o que promove o aumento da PSE e parece melhorar o desempenho neuromuscular. Esta informação parece se confirmar no estudo de Neto et al. [14]. Estes autores observaram que a PSE local parece elevar mais após a RFS contínua e intermitente dos membros envolvidos com a RFS (Ex.: bíceps e tríceps) quando comparado aos músculos que não estão envolvidos com a RFS (Ex.: peitorais e dorsais). Todavia, o estudo realizado por Yasuda et al. [41] corrobora em parte com nossos achados, uma vez que foi observado o aumento da força muscular (6%), da massa muscular do tríceps (8%) e do peitoral maior (16%) após duas semanas de treinamento no exercício supino reto. Estes aumentos podem ter ocorrido devido à sensibilidade dos materiais utilizados para avaliação da HM, estes autores utilizaram o ultrason e no nosso estudo foi utilizado a antropometria.

Este estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, os instrumentos utilizados para verificar a HM não são padrão ouro, utilizou-se o método duplamente indireto (antropometria), o que parece ter uma boa aplicabilidade prática, fato observado no estudo do Abe et al. [42] que verificou aumento da HM com este método após aplicação da RFS. Segundo, a pressão de RFS foi verificada na posição deitada, porém os exercícios foram realizados em diferentes posições (deitado, sentado e em pé), no entanto, parece ser comum estudos realizarem o ponto da RFS em posições diferentes das que são executados os exercícios [3, 5, 7,

9, 15, 16]. Finalmente, o tempo curto de intervenção (seis semanas) e a pouca quantidade de sessões (doze sessões) podem ter influenciado nos resultados, porém, observa-se na literatura que a grande maioria dos estudos apresenta um tempo de intervenção que variam de quatro a seis semanas [6, 7, 10, 25] e uma quantidade de oito a doze sessões [6, 7, 10].

Conclusão

As duas formas de RFS (contínua ou intermitente) parecem ser uma boa alternativa para o aumento da RML dos membros superiores nos exercícios uniarticulares, embora pareçam promover melhorias nos valores médios quando comparado pré e pós-teste nas variáveis da HM, FMD, FMI. Esses dados são relevantes para o desenvolvimento de pesquisas futuras, pois a RFS intermitente reduziria o tempo de RFS da sessão de membros superiores o que levaria maior segurança ao método. Portanto, sugere-se a realização de estudos que comparem as duas formas da RFS sobre as adaptações neuromusculares e hemodinâmica com diferentes exercícios, intensidades e diferentes percentuais de RFS, utilizando equipamentos padrão ouro.

Conflitos de interesse

Nós não temos nada a declarar.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

1. ACSM. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(3):687-708.

2. Sato Y. The history and future of KAATSU training. *Int J Kaatsu Train Res.* 2005;1(1):1-5.
3. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, M. NJ, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(3):406-12.
4. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RPB, et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):1071-6.
5. Silva JCG, Neto GR, Freitas E, Neto E, Batista G, Torres M, et al. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *J Exerc Physiol Online.* 2015;18(4):33-41.
6. Sousa JBC, Neto GR, Santos HH, Araújo JP, Silva HG, Cirilo-Sousa MS. Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biol Sport.* 2017;34(1):83-90.
7. Gil ALS, Neto GR, Sousa MSC, Dias I, Vianna J, Nunes RAM, et al. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;35.
8. Kacin A, Strazar K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(6):231-41.
9. Araujo JP, Neto GR, Loenneke JP, Bemben MG, Laurentino G, Batista G, et al. The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *AGE.* 2015;10.1007/s11357-015-9851-4.
10. Chaves E, Neto GR, Cirilo-Sousa MS, Miranda H, Araújo CO, Vianna JM, et al. Effect of strength training with blood flow restriction on isometric strength during different phases of the menstrual cycle. *Med Sports* 2016;69(3):331-43.
11. Araújo JP, Silva ED, Silva JCG, Souza TSP, Lima EO, Guerra I, et al. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. *J Hum Kinet.* 2014;43(1):79-85.

12. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;doi: 10.1111/cpf.12368.
13. Neto GR, Novaes JS, Gonçalves M, Batista GR, Mendonça RMSC, Miranda HL, et al. Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. *Motriz: J Phys Ed*. 2016;22(3):198-204.
14. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Piazeria BKL, Rodrigues-Rodrigues T, et al. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. *Percept Mot Skills*. 2016;0031512516677900.
15. Neto GR, Sousa MSC, Costa PB, Salles BF, Novaes GS, Novaes JS. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Cond Res*. 2015;29(4):1064-70.
16. Neto GR, Sousa MSC, Silva GVC, Gil ALS, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;36(1):53-9.
17. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(1):65-73.
18. Vilaça-Alves J, Neto GR, Morgado NM, Saavedra F, Lemos R, Moreira TR, et al. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. *J Exerc Physiol Online*. 2016;19(3):100-9.
19. Bazgir B, Valojerdi MR, Rajabi H, Fathi R, Ojaghi SM, Meybodi MKE, et al. Acute cardiovascular and hemodynamic responses to low intensity eccentric resistance exercise with blood flow restriction. *Asian J Sports Med*. 2016;7(4):e38458.
20. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol*. 2010;108(6):1563-7.

21. Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, et al. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012;32(5):331-7.
22. 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.
23. Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(6):770-7.
24. Suga T, Okita K, Takada S, Omokawa M, Kadoguchi T, Yokota T, et al. Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(11):3915-20.
25. Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, et al. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2014;34(5):356-63.
26. Yasuda T, Loenneke JP, Ogasawara R, Abe T. Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiol Hung*. 2013;100(4):419-26.
27. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Batista GR, Cirilo-Sousa MS. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? . *J Sports Sci*. 2017.
28. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Meth*. 2007;39(2):175-91.
29. Beck TW. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *J Strength Cond Res*. 2013;27(8):2323-37.
30. Shephard RJ. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med*. 1988;5(3):185-95.
31. Frisancho AR. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr*. 1981;34(11):2540-5.

32. Frisancho AR. Triceps skin fold and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr.* 1974;27(10):1052-8.
33. ACSM. Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2011.
34. Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. *J Strength Cond Res.* 2004;18(4):918-20.
35. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Med.* 2015;45(2):187-200.
36. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bemben MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1849-59.
37. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res.* 2013;27(10):2914–26.
38. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2002;86(4):308-14.
39. Larkin KA, MacNeil RG, Dirain M, Sandesara B, Manini TM, Buford TW. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(11):2077.
40. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med.* 2010;31(1):1-4.
41. Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sato Y, Abe T. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010;30(5):338-43.
42. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol.* 2006;100(5):1460-6.

ARTIGO 6

Efeito agudo e crônico do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente nas medidas hemodinâmicas e percepção subjetiva de esforço em homens saudáveis

Título abreviado: restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente na hemodinâmica

Resumo

O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo e crônico do treinamento de força (TF) com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) contínua ou intermitente na pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), pressão arterial média (PAM), frequência cardíaca (FC), duplo produto (DP) e percepção subjetiva de esforço (PSE). Vinte e cinco homens foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais: a) quatro exercícios de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a RFS contínua (BC+RFSC), b) quatro exercícios de baixa carga a 20% de 1RM combinado com a RFS intermitente (BC+RFSI), c) quatro exercícios de baixa carga a 20% de 1RM sem a RFS (BC). Foram realizadas 12 sessões de TF (duração de seis semanas, sendo duas vezes por semana). Antes e após essas 12 sessões foram avaliadas a PAS, PAD e PAM (estudo crônico), antes e após cada sessão foram avaliadas a PAS, PAD e FC e equacionadas a PAM e DP (estudo agudo). Observou-se que não houve diferenças significativas entre os grupos na PAS, PAD e PAM do estudo crônico ($p > 0,05$). No estudo agudo, houve aumento significativo em todos os grupos na PAS, PAM e DP ($p < 0,05$), apenas o grupo de BC+RFSC aumentou significativamente a PAD ($p = 0,017$). Os grupos BC+RFSC e BC+RFSI apresentaram aumentos significativos na PAD, FC e DP quando comparado com BC ($p < 0,05$). Maiores PSE foram encontradas no grupo de BC+RFSC nos exercícios rosca bíceps direta e puxada frontal ($p < 0,05$). Conclui-se que a RFS contínua ou intermitente parecem não reduzir as medidas hemodinâmicas de forma crônica, entretanto, a RFS contínua parece elevar as médias da PAD e PSE na forma aguda.

Palavras-chave: pressão arterial, frequência cardíaca, kaatsu training, oclusão vascular, exercício de força, exercício de resistência

Abstract

The aim of the present study was to analyze the acute and chronic effect of strength training (ST) with continuous or intermittent blood flow restriction (BFR) on systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP), heart rate (HR), double product (DP) and subjective perception of effort (PE). Twenty-five men were randomly divided into three experimental groups: a) four low-load exercises at 20% of 1RM combined with continuous BFR (LL+BFRC), b) four low-load exercises at 20% of 1RM combined with BFR intermittent (LL+BFRI), c) four low-load exercises at 20% of 1RM without BFR (LL). Twelve sessions of LL were performed (duration of six weeks, being twice a week). Before and after these 12 sessions, SBP, DBP and MAP (chronic study) were evaluated, before and after each session the SBP, DBP and HR were evaluated and analyzed for MAP and DP (acute study). It was observed that there were no significant differences between the groups in the SBP, DBP and MAP of the chronic study ($p>0.05$). In the acute study, there was a significant increase in all groups in SBP, MAP and DP ($p<0.05$), only LL+BFR group significantly increased DBP ($p=0.017$). The LL+BFRC and LL+BFRI groups showed significant increases in DBP, HR and DP when compared to LL ($p<0.05$). Greater PE were found in group LL+BFRC to the exercises biceps direct and frontal pull ($p<0.05$). It is concluded that continuous or intermittent BFR does not seem to reduce hemodynamic measures in a chronic way, however, continuous BFR seems to increase the means of DBP and PE in the acute form.

Key words: blood pressure, heart rate, kaatsu training, vascular occlusion, strength exercise, resistance exercise

Introdução

A pressão arterial (PA) elevada de forma isolada é um indicador de risco para várias doenças tanto cardíacas quanto vasculares (Pescatello et al., 2004). Nessa direção, dados sugerem que algumas terapias anti-hipertensivas têm sido associadas a reduções de 20 a 25% da doença arterial coronariana, assim como, reduções de 35 a 40% na incidência de acidente vascular cerebral e até reduções maiores que 50% na insuficiência cardíaca (Chobanian et al., 2003). Assim, uma dessas terapias seria o controle da PA com a prática regular de exercícios físicos (Pescatello et al., 2004). Várias pesquisas mostram o efeito positivo do treinamento de força (TF) na PA de forma aguda (Bentes et al., 2015; Matos et al., 2013; Mediano, Paravidino, Simão, Pontes, & Polito, 2005; Simão, Fleck, Polito, Monteiro, & Farinatti, 2005) e crônica (Queiroz, Kanegusuku, & Forjaz, 2010).

Estes efeitos positivos parecem ocorrer de forma mais acentuada quando os percentuais de carga são acima ou iguais a 60% de 1RM (Bentes et al., 2015; Matos et al., 2013). Entretanto, pessoas com necessidades especiais ou idosos são mais vulneráveis a percentuais de cargas elevados e não poderiam ter maiores benefícios devido suas limitações. Nesse contexto, alguns profissionais da saúde têm estudado um método de TF denominado KAATSU training que tem como objetivo a utilização de cargas baixas (20-30% de 1RM) combinado com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS), esta promovida por meio de cuffs padrões (Sato, 2005). Este método de treinamento tem mostrado que os ganhos em termos de força (Laurentino et al., 2012; Silva et al., 2015; Sousa et al., 2017; Vechin et al., 2015) e hipertrofia muscular (Laurentino et al., 2012; Vechin et al., 2015) são tão efetivos quanto em altas intensidades ($\geq 70\%$ de 1RM).

Além disso, tem sido utilizado para aumentar a resistência muscular localizada (Gil et al., 2015; Kacin & Strazar, 2011; Sousa et al., 2017), a capacidade funcional (Araujo et al., 2015), a força isométrica (Chaves et al., 2016) e tem se mostrado seguro em relação à hemodinâmica (Bazgir et al., 2016; Neto, Novaes, Dias, et al., 2016; Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017; Neto et al., 2015; Neto, Sousa, et al., 2016; Takano et al., 2005; Vilaça-Alves et al., 2016).

Como este método ganhou ainda mais destaque na comunidade científica, diversos estudos foram desenvolvidos com intuito de entender as diferentes variáveis metodológicas que são inerentes a essa forma de treinamento. Nesse sentido, existe a necessidade de compreender qual a melhor intensidade de carga a ser utilizada (Suga et al., 2010), o tamanho do cuff mais eficiente (Rossow et al., 2012), a pressão de treinamento mais adequada (Sumide, Sakuraba, Sawaki, Ohmura, & Tamura, 2009), bem como a forma de aplicação da RFS (contínua ou intermitente) (Brandner, Kidgell, & Warmington, 2015; Fitschen et al., 2014; Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Batista, et al., 2017; Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017; Suga et al., 2012; Yasuda, Loenneke, Ogasawara, & Abe, 2013). Assim, entender todas essas variáveis é imprescindível para um boa precificação deste método de treinamento, pois irá possibilitar uma maior segurança, eficácia e fundamentalmente a aderência ao treinamento.

Uma importante variável é a forma da RFS (contínua ou intermitente), já que a RFS contínua possibilita um maior estresse metabólico quando comparado com a RFS intermitente (Suga et al., 2012), o que faz a sensação de dor (Fitschen et al., 2014) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) (Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017) serem maiores durante as sessões de exercícios, e isto possibilita o aumento da hemodinâmica (Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017). Estes eventos podem influenciar na aderência ao treinamento de pessoas com necessidades especiais, porém, é necessário realizar estudos analisando sessões de TF com a RFS (contínua ou intermitente) com pessoas saudáveis para posteriormente realizar estudos com populações especiais, uma vez que se trata de sessões de treinamento para membros superiores.

Ao revisar a literatura pertinente, observou-se que três estudos compararam o efeito agudo da RFS contínua e intermitente sobre as medidas hemodinâmicas (Brandner et al., 2015; Neto, Novaes, Gonçalves, et al., 2016; Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017) e um a PSE (Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017), porém nenhum estudo verificou o efeito crônico. E ao analisar os três estudos, verificou-se que não existe um consenso sobre qual

seria a melhor estratégia para trabalhar sessões de TF combinado a RFS (contínua ou intermitente) sobre a hemodinâmica e a PSE de membros superiores de forma aguda.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo e crônico do TF com a RFS contínua ou intermitente nas medidas hemodinâmicas e percepção subjetiva de esforço em homens saudáveis. Diante do exposto, a hipótese do presente estudo era que a RFS contínua elevaria significativamente mais as medidas hemodinâmicas e PSE quando comparado com a RFS intermitente.

Métodos

Sujeitos

Vinte e cinco homens com faixa etária de 18 a 36 anos, com experiência em TF (tempo de prática ≥ 2 meses e ≤ 12 meses), participaram do estudo, Tabela 1. Foram incluídos os sujeitos: a) com faixa etária entre 18 a 40 anos; b) que responderem negativamente a todos os itens do *Physical Activity Readiness Questionnaire* / PAR-Q (Shephard, 1988); c) que apresentassem o índice de massa corporal menor que $30 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}$; d) que não apresentaram histórico de algum tipo de lesão osteomioarticular nos membros superiores nos últimos seis meses; e) não fumantes. Foram excluídos os que faltaram consecutivamente duas sessões. Após serem explicados os riscos e benefícios da pesquisa os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre esclarecido elaborado de acordo com a declaração de Helsinque. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (protocolo nº 0476/13).

O cálculo amostral foi realizado utilizando o software *G*Power* 3.1 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) com base nos procedimentos sugeridos por Beck (2013). E com base em uma análise *a priori*, foi calculado um N de 24 indivíduos, após termos adotado uma potência de 0,80, $\alpha = 0,05$, coeficiente de correlação de 0,5, a correção *Nonsphericity* de 1 e um tamanho de efeito de 0,35. Verificou-se que os 24 sujeitos eram suficientes para fornecer 82,1% do poder estatístico. Como o estudo finalizou com 25 sujeitos, observou-se, na análise *post hoc*, que o tamanho da amostra era suficiente para fornecer 84,0% do poder estatístico.

Tabela 1*Características dos sujeitos*

	BC+RFSC = 09	BC+RFSI = 08	BC = 08	p
Estatura (m)*	1,71 ± 0,05	1,75 ± 0,07	1,75 ± 0,06	0,443
FC bpm*	71,6 ± 12,1	67,1 ± 9,0	64,3 ± 7,8	0,331
Idade (anos)*	26,1 ± 5,0	23,8 ± 5,6	22,2 ± 3,5	0,277
IMC (kg.m ²)*	22,8 ± 2,2	25,8 ± 3,0	25,2 ± 2,4	0,054
MC (kg)*	67,5 ± 9,7	79,2 ± 9,3	78,0 ± 10,9	0,045
PAD (mm Hg)*	65,8 ± 6,8	72,2 ± 9,9	66,7 ± 7,6	0,253
PAM (mm Hg)*	80,9 ± 6,1	89,7 ± 8,9	84,3 ± 7,5	0,073
PAS (mm Hg)*	111,0 ± 5,8	124,8 ± 9,0	119,6 ± 9,8	0,008
PRFSBE (mm Hg)†	108,8 ± 9,2	117,5 ± 10,3	-	0,090

Note: * diferenças pela anova one-way, † diferenças pelo teste t independente; FC = frequência cardíaca; IMC = índice de massa corporal; MC = massa corporal; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; PAS = pressão arterial sistólica; PRFSBE = pressão média utilizada na restrição de fluxo sanguíneo do braço esquerdo; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga.

Desenho do Estudo*Estudo Crônico*

Os sujeitos foram submetidos inicialmente à avaliação da antropometria (caracterização da amostra), cinco minutos depois foi avaliado o ponto da RFS, 10 a 15 minutos depois foi avaliada a Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) e após 3-5 minutos foi realizada a avaliação da força muscular dinâmica máxima (1RM) de cada exercício (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley*, respectivamente). Ao final do treinamento

(12 sessões), foram avaliadas a PAS e PAD respeitando o mesmo tempo de repouso adotado na primeira visita (pré-teste), Figura 1. Os sujeitos foram instruídos a abster-se de exercícios 24 horas antes das avaliações da PAS e PAD, bem como evitar cafeína, chocolate, suplementos nutricionais, ingestão de álcool antes dessas avaliações, bem como, foram orientados a dormir por um mínimo de seis horas na noite anterior as avaliações. Além disso, os participantes foram instruídos a manter os mesmos hábitos alimentares ao longo do período de estudo. As avaliações foram realizadas no mesmo horário para evitar a influencia do ciclo circadiano.

Estudo Agudo

Entre as duas coletas que aconteceram durante a primeira e última visita ao laboratório foram realizadas 12 sessões de treinamento (duas vezes por semana), a primeira sessão ocorreu 72 horas após a primeira visita (pré-teste) e a ultima sessão ocorreu 72 horas antes da ultima avaliação (pós-teste). Cinco minutos antes e imediatamente ao final de cada sessão foram avaliadas a PAS, PAD e FC. Ao final dos quatro exercícios foi medida a percepção subjetiva de esforço (PSE), Figura 1. Durante o estudo, os sujeitos foram instruídos a abster-se de exercícios de membros superiores 24 horas antes das avaliações da PAS, PAD e FC, bem como evitar chocolate, ingestão de álcool e dormir por um mínimo de seis horas na noite antes de cada sessão de TF. Além disso, os sujeitos foram orientados a não realizar a manobra de Valsalva.

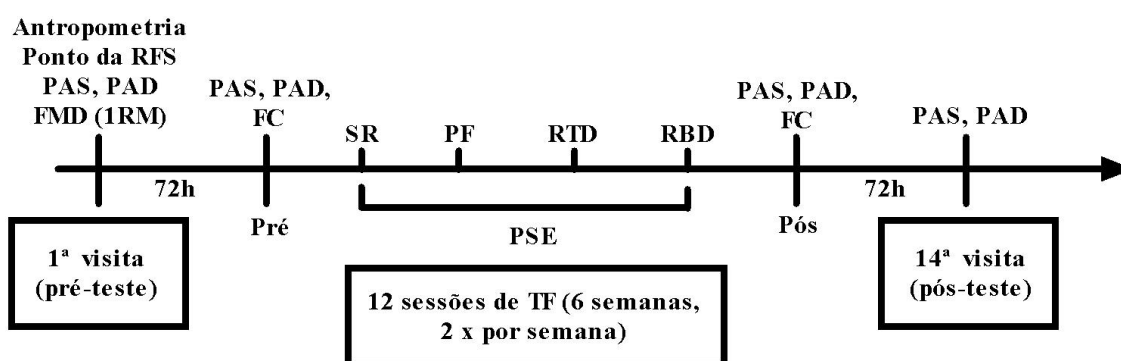


Figura 1. Desenho experimental

Note: RFS = restrição de fluxo sanguíneo; FMD = força muscular dinâmica; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; SR = Supino Reto; PF = Puxada frontal; RTD = rosca tríceps direta; RBD = rosca bíceps direta; PSE = percepção subjetiva de esforço; TF = treinamento de força.

Procedimentos

Avaliação Antropométrica

Inicialmente, a massa corporal foi avaliada por meio de uma balança científica (model 7755 Soehnle Professional[®], Alemanha) e a estatura foi avaliada por meio de um estadiômetro portátil (WCS, Cardiomed[®], Brasil), essas medidas foram aferidas com precisão de 0,1 kg e 0,5 cm, respectivamente. O índice de massa corporal (IMC) em m^2kg^{-1} foi equacionado posteriormente.

Avaliação do Ponto da Restrição de Fluxo Sanguíneo

Os sujeitos foram orientados a ficarem deitados em decúbito dorsal e um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester) para o membro superior (largura 60 mm; comprimento 470 milímetros) foi fixado na região da prega axilar. Em seguida, a restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio do doppler vascular (MedPeg[®] DV -2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), na qual a sonda foi colocada sobre a artéria radial (braço direito e esquerdo) para determinar a pressão arterial (mm Hg) de treinamento. O manguito foi inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria radial fosse interrompido. A pressão do manguito usada durante os exercícios foi determinada a 80% da pressão necessária para a restrição total do fluxo de sangue no estado de repouso (Laurentino et al., 2012).

Medidas Hemodinâmicas

Antes e depois de cada sessão, a pressão arterial (PAS e PAD) e FC foram avaliadas por meio do monitor automático MAPA BP3MZ1 (G. TECH[®], Brasil). O manguito foi colocado no braço não dominante e foi envolvido completamente, abrangendo pelo menos dois terços da parte superior do braço. Esse equipamento foi utilizado para todas as medidas de pressão arterial e FC pré e pós-sessão. Todas as medições foram realizadas de acordo com as diretrizes da American Heart Association (Pickering et al., 2005). A PAM foi calculada pela equação $(PAS + 2PAD) \div 3$. E o duplo produto (DP) foi obtido por meio da multiplicação da PAS (mm Hg) x FC (bpm) no momento pré e ao final de cada sessão.

Percepção Subjetiva de Esforço

Antes de iniciar o estudo os participantes participaram de uma sessão de familiarização com a escala de OMNI-RES (Robertson et al., 2003). A PSE foi aferida ao final dos quatro exercícios (percepção local e geral).

Força Muscular Máxima (1RM)

A avaliação da carga de treinamento foi avaliada por meio do teste de 1RM. Os três grupos realizaram o teste de força muscular nos quatro exercícios de forma bilateral: supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley*, respectivamente. Adotou-se um padrão de cinco minutos para o tempo de recuperação entre cada exercício. Inicialmente, cada sujeito realizava um aquecimento com uma série de cinco a 10 repetições com 40 e 60%, da força máxima percebida e confirmada pela escala de PSE de OMNI-RES. Em seguida, após um minuto de intervalo, a segunda série foi realizada entre três e cinco repetições a 60-80% da força máxima percebida e confirmada pela escala de PSE de OMNI-RES. Depois de um minuto de descanso, a avaliação da força foi iniciada e medida em até cinco tentativas, a carga era ajustada antes de cada nova tentativa. A duração de recuperação entre as tentativas foi padronizada em 3-5 minutos. O teste

foi interrompido quando o indivíduo não conseguia executar corretamente o movimento, sendo considerada a carga máxima a carga mobilizada na última tentativa bem sucedida, além disso, cada participante teria que confirmar o número 10 na escala de OMNI-RES.

Sessões de Treinamento

Os participantes foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais com intervenções diferentes: a) quatro exercícios a 20% de 1RM combinados com a RFS contínua (BC+RFSC); b) quatro exercícios a 20% de 1RM combinado com a RFS intermitente (BC+RFSI) e c) quatro exercícios a 20% de 1RM sem a RFS (BC). Foram realizados 12 sessões com execução bilateral: supino reto (com barra convencional e anilhas calibradas), puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley* (em máquinas convencionais), respectivamente. Para os três grupos, os participantes completaram quatro séries de 15 repetições, utilizando 20% de 1RM com 30 segundos de intervalo entre todas as séries e um min entre os exercícios. Os grupos com a RFS utilizavam um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester*) nos braços (largura 60 milímetros, comprimento 470 milímetros) fixados na região mais proximal. Para o grupo de BC+RFSI o manguito foi desinflado entre as séries e para o grupo de BC+RFSC o manguito foi mantido inflado entre as séries, porém foi desinflado sempre ao final de cada exercício. A velocidade de execução para os três grupos foi estabelecida em três segundos (1,5 para a ação muscular concêntrica e 1,5 para a excêntrica) controlada por meio de um metrônomo.

Volume Total de Treinamento

O volume total (VT) de trabalho das 12 sessões foi verificado pela multiplicação da carga pelo número de séries e de repetições completas de todas as sessões dos quatro exercícios (sessões x carga x séries x repetições).

Análises Estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS versão 20.0 do pacote (SPSS Inc., Chicago, IL). Inicialmente foi utilizado o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* e o teste de homogeneidade *Levene*. Para análise das variáveis PAS, PAD, PAM, FC e DP do estudo agudo, obteve-se a média das 12 sessões de treinamento (pré e pós-treinamento), para a análise da PSE local e geral, obteve-se a média das 12 sessões de cada exercício. As variáveis demonstraram distribuição normal e homogeneidade ($p > 0,05$). Utilizou-se a Anova *One-Way* com *post hoc* de *Bonferroni* para comparar a idade, massa corporal, estatura, IMC, PAS, PAD, PAM, FC (caracterização do estudo) e o volume total dos exercícios entre os grupos. O teste t independente foi utilizado para comparar as pressões de RFS utilizadas nos grupos de BC+RFSC e BC+RFSI. Anova *two-way* seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças nas variáveis PAS, PAD, PAM, FC e DP. Utilizou-se a Anova *One-Way* nas variáveis PAS e PAM do estudo crônico e nas variáveis PAS do estudo agudo para os grupos partirem de condições iniciais diferentes, para isso realizou o delta variação (Pós-Pré). A Anova de Kruskal-Wallis (teste não paramétricos) foi utilizado para realizar a análise da PSE. O tamanho do efeito (TE) foi utilizado para verificar a magnitude [trivial $< 0,50$, pequena = $0,50-1,25$, moderada = $1,25-1,9$ e grande $> 2,0$] das mudanças significativas entre as avaliações dos grupos do estudo (Rhea, 2004). O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$.

Resultados

Volume Total de Treinamento e Pressão de Treinamento

Observou-se que não houve diferença significativa no somatório do volume total (12 sessões) dos quatro exercícios entre os grupos (BC+RFSC [$30585,6 \pm 5629,1$] vs. BC+RFSI [$29339,1 \pm 5491,5$] vs. BC [$29447,1 \pm 4724,2$], $p = 0,865$). O teste t independente mostrou não haver diferenças significativas entre grupos de BC+RFSC vs. BC+RFSI ($p = 0,090$) nas pressões de RFS utilizadas no braço esquerdo (Tabela 1).

Medidas Hemodinâmicas

Na análise comparativa da PAS do estudo crônico, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,158$; $\eta^2 = 0,007$; $p = 0,855$) e no tempo ($F = 0,210$; $\eta^2 = 0,005$; $p = 0,649$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 7,034$; $\eta^2 = 0,242$; $p = 0,002$). Na análise intergrupo pela ANOVA One-Way, observou-se que não houve diferenças significativas entre eles ($p = 0,599$). Na análise da PAS do estudo agudo, verifica-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,064$; $\eta^2 = 0,003$; $p = 0,938$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 5,790$; $\eta^2 = 0,208$; $p = 0,006$) e no tempo ($F = 52,232$; $\eta^2 = 0,543$; $p < 0,001$). Na análise intergrupo pela ANOVA One-Way, observou-se que não houve diferenças significativas entre eles ($p = 0,830$). Na análise do tempo, verificou-se aumento significativos nos três grupos BC+RFSC ($p < 0,001$; TE = 1,97), BC+RFSI ($p < 0,001$; TE = 2,07) e BC ($p < 0,001$; TE = 3,31), conforme Tabela 2.

Na análise comparativa da PAD do estudo crônico, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,222$; $\eta^2 = 0,010$; $p = 0,802$), no grupo ($F = 2,123$; $\eta^2 = 0,088$; $p = 0,132$) e no tempo ($F = 0,002$; $\eta^2 < 0,001$; $p = 0,965$). Na análise da PAD do estudo agudo, verifica-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,751$; $\eta^2 = 0,033$; $p = 0,478$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 4,533$; $\eta^2 = 0,171$; $p = 0,016$) e no tempo ($F = 7,586$; $\eta^2 = 0,147$; $p = 0,009$). Na análise intergrupo, observou-se que houve diferenças significativas entre BC+RFSC vs. BC ($p = 0,025$) e BC+RFSI vs. BC ($p = 0,013$). Na análise do tempo, verificou-se aumento significativo apenas no grupo BC+RFSC ($p = 0,017$; TE = 1,56), conforme Tabela 2.

Na análise comparativa da PAM do estudo crônico, observou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,205$; $\eta^2 = 0,009$; $p = 0,816$) e no tempo ($F = 0,054$; $\eta^2 = 0,001$; $p = 0,817$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 4,301$; $\eta^2 = 0,164$; $p = 0,020$). Na análise intergrupo pela ANOVA One-Way, observou-se que não houve diferenças significativas entre eles ($p = 0,440$). Na análise da PAM do estudo agudo, verifica-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 0,266$; $\eta^2 = 0,012$; $p = 0,768$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 3,966$; $\eta^2 = 0,153$; $p = 0,026$) e no

tempo ($F = 21,471$; $\eta^2 = 0,328$; $p < 0,001$). Na análise intergrupo, observou-se que houve diferenças significativas entre os grupos BC+RFSI vs. BC ($p = 0,029$). Na análise do tempo, verificou-se que houve aumento significativo nos três grupos BC+RFSC ($p = 0,002$; TE = 1,56), BC+RFSI ($p = 0,009$; TE = 1,25) e BC ($p = 0,043$; TE = 1,32), conforme Tabela 2.

Na análise da FC, verificou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 1,093$; $\eta^2 = 0,047$; $p = 0,344$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 7,719$; $\eta^2 = 0,260$; $p = 0,001$) e no tempo ($F = 21,568$; $\eta^2 = 0,329$; $p < 0,001$). Na análise intergrupo, observou-se que houve diferenças significativas entre os grupos BC+RFSC vs. BC ($p = 0,001$) e BC+RFSI vs. BC ($p = 0,011$). Na análise do tempo, verificou-se que houve aumento significativo nos grupos BC+RFSC ($p = 0,001$; TE = 2,60) e BC+RFSI ($p = 0,004$; TE = 2,03), conforme Tabela 2.

Na análise da DP, verificou-se que não houve interações significativas entre grupo x tempo ($F = 1,067$; $\eta^2 = 0,046$; $p = 0,353$), entretanto, houve interações significativas no grupo ($F = 6,733$; $\eta^2 = 0,234$; $p = 0,003$) e no tempo ($F = 48,571$; $\eta^2 = 0,525$; $p < 0,001$). Na análise intergrupo, observou-se que houve diferenças significativas entre os grupos BC+RFSC vs. BC ($p = 0,003$) e BC+RFSI vs. BC ($p = 0,003$). Na análise do tempo, verificou-se que houve aumento significativo nos três grupos BC+RFSC ($p < 0,001$; TE = 3,43), BC+RFSI ($p < 0,001$; TE = 3,57) e BC ($p = 0,008$; TE = 2,47), conforme Tabela 2.

Tabela 2

Análise comparativa das medidas hemodinâmicas entre os grupos nos momentos pré-teste e pós-teste (crônico e agudo).

	BC+RFSC		BC+RFSI		BC	
<i>Crônico</i>	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
PAS (mmHg)	111,0±5,8	114,3±7,1	124,8±9,0	125,7±13,1	119,6±9,8	119,2±12,5
<i>Delta (Pós-Pré)</i>	3,33±6,8		0,87±10,0		-0,37±5,2	
PAD (mmHg)	65,8±6,8	67,6±3,2	72,2±9,9	70,6±8,7	66,7±7,6	66,8±6,8
PAM (mmHg)	80,9±6,1	83,2±3,7	89,7±8,9	89,0±9,2	84,3±7,5	84,3±7,8
<i>Delta (Pós-Pré)</i>	2,29±6,4		-0,79±4,3		-0,04±3,9	
<i>Agudo</i>						
PAS (mmHg)	121,3±7,6	136,3±7,6*	129,9±7,8	146,1±10,4*	124,5±5,1	141,4±7,5*
<i>Delta (Pós-Pré)</i>	15,01±7,76		16,23±6,0		16,9±5,0	
PAD (mmHg)	78,0±5,5	86,6±6,5*†	81,8±8,3	87,8±8,7‡	76,0±6,2	78,4±8,2
PAM (mmHg)	92,5±5,9	103,2±5,9*	97,8±7,6	107,3±8,8*‡	92,1±5,5	99,4±7,6*
FC (bpm)	83,4±9,1	107,1±17,5*†	79,6±10,3	100,6±16,0*‡	71,9±9,6	82,0±17,3
DP (mmHg*bpm)	10124,5±1285,1	14540,9±2088,2*†	10334,3±1228,6	14721,8±2671,9*‡	8931,0±1083,4	11616,0±2637,8*

Note: * diferença significativa quando comparado ao pré; † diferença significativa entre BC+RFSC vs. BC; ‡ diferença significativa entre BC+RFSI vs. BC; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; FC = frequência cardíaca; DP = duplo produto; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga.

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis encontrou diferenças significativas entre os grupos BC+RFSC vs. BC na PSE local do exercício rosca bíceps direta ($p = 0,034$) e na PSE geral dos exercícios puxada frontal e rosca bíceps direta ($p = 0,034$; $p = 0,030$, respectivamente). Também foi encontrada diferença significativa entre os grupos BC+RFSI vs. BC ($p = 0,041$) na PSE geral do exercício rosca bíceps direta (Tabela 3).

Tabela 3

Análise comparativa das medidas de percepção subjetiva de esforço local e geral entre os grupos nos quatro exercícios.

Grupos	Supino Reto		Puxada Frontal		Rosca Tríceps Direta		Rosca Bíceps Direta	
	Local	Geral	Local	Geral	Local	Geral	Local	Geral
BC+RFSC	2,6±0,4	3,4±1,1	2,9±0,6	4,0±1,4†	6,3±1,0	5,5±2,0	8,6±1,1†	7,6±2,1†
BC+RFSI	2,5±1,5	3,6±1,3	2,4±1,5	3,1±1,1	5,8±1,5	4,6±1,6	8,3±1,7	7,0±2,3‡
BC	3,5±1,2	3,1±1,9	2,0±1,3	2,1±1,6	5,6±1,8	4,0±1,8	6,7±1,9	5,1±1,6

Note: † diferença significativa entre BC+RFSC vs. BC; ‡ diferença significativa entre BC+RFSI vs. BC; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Discussão

O presente estudo analisou o efeito agudo e crônico do TF com RFS contínua ou intermitente nas medidas hemodinâmicas e PSE em homens saudáveis. Para nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo que analisou as adaptações agudas e crônicas do TF combinado a RFS contínua ou intermitente, após execução de exercícios realizados de forma bilateral, uni e multiarticular em membros superiores, sobre as medidas hemodinâmicas e de PSE. Assim, os principais achados foram: I) no estudo crônico, verificou-se que não houve alterações positivas entre os grupos na PAS, PAD e PAM; II) no estudo agudo, todos os grupos aumentaram significativamente a PAS, PAM e DP, porém a FC foi aumentada nos grupos BC+RFSC e BC+RFSI; III) apenas o grupo de BC+RFSC aumentou significativamente a PAD; IV) os dois grupos da RFS aumentaram significativamente a PAD, FC e DP quando comparado ao grupo BC; V) as maiores PSE local e geral foram encontradas no grupo BC+RFSC.

Embora nenhum estudo tenha analisado os efeitos crônicos da RFS contínua ou intermitente sobre a hemodinâmica, observou-se que dois estudos avaliaram o efeito do TF com a RFS contínua isolada (Fahs et al., 2012; Ozaki et al., 2013). Os

resultados desses estudos corroboram com nossos achados, pois não encontraram diferenças significativas entre os grupos, entretanto, o estudo realizado por Fahs et al. (2012) encontrou redução significativa na PAD após as seis semanas de treinamento. Esta redução pode estar relacionada ao volume de treino (Mediano et al., 2005; Simão et al., 2005), diferentemente do estudo de Ozaki et al. (2013) que utilizou apenas um exercício (supino reto), o estudo de Fahs et al. (2012) utilizou seis exercícios para membros superiores e inferiores. Esta redução de forma crônica da PAD no estudo de Fahs et al. (2012) parece ser explicado pelos achados do estudo agudo realizado por Neto et al. (2015) que encontraram reduções na PAD após aplicação de quatro exercícios com a RFS intermitente para membros superiores e inferiores. Estas adaptações com vários exercícios de forma aguda podem gerar adaptações crônicas, nessa direção, observa-se que um exercício parece não gerar adaptações crônicas positivas nas medidas hemodinâmicas (Ozaki et al., 2013). Adicionalmente, observa-se similaridade no tempo de intervenção (seis semanas) do presente estudo e dos estudos de Fahs et al. (2012) e Ozaki et al. (2013), porém estes autores utilizaram uma quantidade de sessões semanais maiores (três vezes). Nesse sentido, parece que o tempo de intervenção seja relativamente curto para observar alterações positivas nas medidas hemodinâmicas, sugerindo assim, que estudos futuros, com este objetivo, tenham uma duração e uma frequência semanal de intervenção maior.

Analisando os nossos achados do efeito agudo na qual os três grupos elevaram a PAS, PAM e DP, com aumento da FC para os grupos da RFS e aumento apenas na PAD para o grupo BC+RFSC. E ao comparar com a literatura pertinente, observa-se que nossos achados corroboram em partes com o estudo realizado por Neto et al. (2016). Estes autores encontraram aumentos na PAS, PAD e PAM imediatamente após uma sessão de exercícios composta pelos mesmos exercícios do presente estudo, entretanto, nossos achados encontrou aumento na PAD apenas no grupo com a RFS contínua. O aumento na PAD apenas para a RFS contínua pode ser explicado devido ela aumentar mais o lactato e os íons H^+ (Suga et al., 2012), além disso, promove uma maior hiperemia o que potencializa o aumento da atividade nervosa simpática muscular (Victor & Seals, 1989). E esses achados podem ser verificado com aplicações de intervenções com baixo volume de

exercício (apenas um exercício). Nessa direção, os achados do estudo realizado por Neto et al. (2017) corrobora com nossos achados. Estes autores não encontraram diferenças significativas na FC e DP entre os métodos da RFS contínua e intermitente após aplicação de sessão de exercícios com a mesma sequencia adotado no presente estudo. Entretanto, os nossos achados divergem do estudo realizado por Brandner et al. (2015) que compararam a RFS contínua e intermitente sobre as medidas hemodinâmicas. Os autores encontram uma magnitude maior para o protocolo de BC+RFSI, este aumento provavelmente ocorreu devido à pressão utilizada na RFS intermitente (151 mm Hg) ter sido maior quando comparado a RFS contínua (91 mm Hg). Adicionalmente, outros estudos corroboram com nossos achados. Poton e Polito (2014) Takano et al. (2005) e Vieira et al. (2013) encontraram aumento na pressão arterial imediatamente após aplicação do exercício de força de BC com RFS contínua. Este aumento encontrado nestes estudos e no presente estudo pode ter ocorrido devido à RFS contínua potencializar o aumento da atividade nervosa simpática muscular o que gerou um maior aumento na PAD (Victor & Seals, 1989). Já o estudo de Figueroa e Vicil (2011) não encontrou diferenças significativas na PAS, PAD e PAM para o protocolo da RFS intermitente. Analisando estes resultados. Especula-se que isto pode ter ocorrido devido à baixa pressão de RFS (100 mm Hg) utilizada e, além disso, associada à liberação do manguito entre as séries e ter utilizado apenas dois exercícios monoarticulares para membros inferiores.

Em relação à PSE, observa-se que apenas o estudo realizado por Neto et al. (2017) comparou a RFS contínua e intermitente. Os achados do presente estudo corroboram com os de Neto et al. (2017), na qual não houve diferença significativas entre as formas da RFS, porém os valores médios da PSE foram maiores para a RFS contínua. Isto pode ter ocorrido devido a RFS contínua elevar os níveis de íons H^+ (Loenneke, Wilson, & Wilson, 2010; Manini & Clark, 2009) deixando o músculo envolvido na RFS muito ácido, o que possibilitou uma maior resposta na PSE. Portanto, parece que o estresse metabólico promovido pela RFS contínua pode ser responsável pelo aumento da PSE em virtude do aumento da hiperemia, dos íons H^+ e do lactato e, isto pode ser verificado no baixo volume de exercício (apenas um exercício). Além disso, um fato importante a ser destacado é em relação aos músculos

que sofrem influência direta da RFS (bíceps e tríceps) que apresentaram as maiores respostas na PSE. Para Loenneke et al. (2010) isto parece está diretamente ligado aos mecanismos envolvidos neste processo, neste sentido, esses autores mencionam que à hiperemia e a concentração dos íons H^+ aumentarem mais no local ocluído, o que promove o aumento da PSE. Esta informação corrobora os nossos achados e os achados do estudo realizado por Neto et al. (2017).

Fazendo uma analogia com os achados do presente estudo e os da literatura existentes, observa-se que a RFS intermitente parece ser uma melhor estratégia para quem utiliza este método de treinamento em suas intervenções. Uma vez que as adaptações neuromusculares de ativação muscular (Yasuda et al., 2013), força e hipertrofia muscular (Fitschen et al., 2014), FC e DP (Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017), estresse oxidativo e dano muscular (Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Batista, et al., 2017) são similares entre a RFS contínua e intermitente, mesmo não existindo um consenso sobre o estresse metabólico (Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017; Suga et al., 2012). Entretanto, a RFS intermitente apresenta uma menor PSE (Neto, Novaes, Salerno, Gonçalves, Piazero, et al., 2017) e menor sensação de dor (Fitschen et al., 2014) o que pode possibilitar uma maior permanência das pessoas que praticam este método de treinamento.

Dado os procedimentos adotados, este estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, não foi verificado níveis dos agentes vasodilatadores dependentes do endotélio, atividade nervosa autonômica ou débito cardíaco que ajudaria nas respostas do estudo. Segundo, a pressão de RFS utilizada no foi verificada em decúbito dorsal (posição deitada), porém os quatro exercícios foram realizados posições distintas (deitado, sentado e em pé, nesta ordem), nessa direção, observa-se que é comum a utilização desses procedimentos na literatura (Chaves et al., 2016; Gil et al., 2015; Laurentino et al., 2012; Neto et al., 2015; Neto, Sousa, et al., 2016; Silva et al., 2015; Sousa et al., 2017). Por fim, a duração da intervenção (seis semanas) e a quantidade de sessões (doze sessões) podem ter influenciado nos resultados da PAS, PAD e PAM do estudo crônico, fazendo observar a necessidade de intervenções mais prolongadas para pode ser observadas alterações positivas nas medidas hemodinâmicas; entretanto, verifica-se na literatura que muitos estudos

apresentam um tempo de intervenção (Chaves et al., 2016; Fahs et al., 2012; Fitschen et al., 2014; Gil et al., 2015; Ozaki et al., 2013; Sousa et al., 2017) e a quantidade de sessão (Chaves et al., 2016; Gil et al., 2015; Sousa et al., 2017) similares ao do presente estudo.

Conclusão

As formas de RFS contínua e intermitente parecem não reduzir as medidas hemodinâmicas de forma crônica, entretanto, a RFS contínua parece elevar as médias da PAD e PSE na forma aguda. Assim, observa-se que a RFS intermitente reduziria o tempo de RFS da sessão de membros superiores, o que promoveria menores valores médios de PSE, elevando menos a pressão arterial e consequentemente levaria maior segurança ao método e aderência. Portanto, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas com objetivo de comparar as duas formas da RFS sobre as medidas hemodinâmicas e perceptivas com diferentes exercícios, intensidades e diferentes percentuais de RFS.

Conflitos de interesse

Nós não temos nada a declarar.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

Araujo, J. P., Neto, G. R., Loenneke, J. P., Bemben, M. G., Laurentino, G., Batista, G., . . . Cirilo-Sousa, M. S. (2015). The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *AGE*, 10.1007/s11357-11015-19851-11354.

- Bazgir, B., Valojerdi, M. R., Rajabi, H., Fathi, R., Ojaghi, S. M., Meybodi, M. K. E., . . . Asgari, A. (2016). Acute cardiovascular and hemodynamic responses to low intensity eccentric resistance exercise with blood flow restriction. *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(4), e38458. doi: 10.5812/asjasm.38458
- Beck, T. W. (2013). The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2323-2337. doi: 10.1519/JSC.0b013e318278eea0
- Bentes, C. M., Costa, P. B., Neto, G. R., Costa e Silva, G. V., De Salles, B. F., Miranda, H. L., & Novaes, J. S. (2015). Hypotensive effects and performance responses between different resistance training intensities and exercise orders in apparently health women. *Clinical physiology and functional imaging*, 35(3), 185–190. doi: 10.1111/cpf.12144
- Brandner, C. R., Kidgell, D. J., & Warmingington, S. A. (2015). Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(6), 770-777. doi: 10.1111/sms.12297
- Chaves, E., Neto, G. R., Cirilo-Sousa, M. S., Miranda, H., Araújo, C. O., Vianna, J. M., . . . Novaes, J. S. (2016). Effect of strength training with blood flow restriction on isometric strength during different phases of the menstrual cycle. *Medicina dello Sports*, 69(3), 331-343.
- Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo, J. L., . . . Wright, J. T. (2003). The seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: the JNC 7 report. *Jama*, 289(19), 2560-2571.
- Fahs, C. A., Rossow, L. M., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Kim, D., Bembien, D. A., & Bembien, M. G. (2012). Effect of different types of lower body resistance training on arterial compliance and calf blood flow. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(1), 45-51. doi: 10.1111/j.1475-097X.2011.01053.x
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.

- Figuerola, A., & Vicil, F. (2011). Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(3), 431-436. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01061.x
- Fitschen, P. J., Kistler, B. M., Jeong, J. H., Chung, H. R., Wu, P. T., Walsh, M. J., & Wilund, K. R. (2014). Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clinical physiology and functional imaging*, 34(5), 356-363. doi: 10.1111/cpf.12100
- Gil, A. L. S., Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Dias, I., Vianna, J., Nunes, R. A. M., & Novaes, J. S. (2015). Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clinical physiology and functional imaging*, 35. doi: 10.1111/cpf.12291
- Kacin, A., & Strazar, K. (2011). Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 231-241. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01260.x
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., M., N. J., . . . Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(3), 406-412. doi: 10.1249/MSS.0b013e318233b4bc
- Loenneke, J. P., Kearney, M. L., Thrower, A. D., Collins, S., & Pujol, T. J. (2010). The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2831-2834. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181f0ac3a
- Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International journal of sports medicine*, 31(1), 1-4. doi: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1239499>
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 78-85. doi: 10.1097/JES.0b013e31819c2e5c
- Matos, D. G., Aidar, F. J., Filho, M. L. M., Silva, S. R., Oliveira, J. C., Klain, I. P., . . . Dantas, E. H. M. (2013). Analysis of hemodynamic responses to resistance

- exercise performed with different intensities and recovery intervals. *Journal Electronic Analytical and Applied*, 5(2), 159-165.
- Mediano, M. F. F., Paravidino, V., Simão, R., Pontes, F. L., & Polito, M. D. (2005). Subacute behavior of the blood pressure after power training in controlled hypertensive individuals. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11(6), 337-340.
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Dias, I., Brown, A., Vianna, J., & Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. *Clinical physiology and functional imaging*, doi: 10.1111/cpf.12368. doi: 10.1111/cpf.12368
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Gonçalves, M., Batista, G. R., Mendonça, R. M. S. C., Miranda, H. L., . . . Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. *Motriz. Journal of Physical Education*, 22(3), 198-204. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-6574201600030011>
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Batista, G. R., & Cirilo-Sousa, M. S. (2017). Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? . *Journal of Sports Sciences*. doi: 10.1080/02640414.2017.1283430
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Piazero, B. K. L., Rodrigues-Rodrigues, T., & Cirilo-Sousa, M. S. (2017). Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 124(1), 277-292. doi: 0031512516677900
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Costa, P. B., Salles, B. F., Novaes, G. S., & Novaes, J. S. (2015). Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1064-1070. doi: 10.1519/JSC.0000000000000734
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Silva, G. V. C., Gil, A. L. S., Salles, B. F., & Novaes, J. S. (2016). Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart

- rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clinical physiology and functional imaging*, 36(1), 53-59. doi: 10.1111/cpf.12193
- Ozaki, H., Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki-Sunaga, M., Naito, H., & Abe, T. (2013). Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. *European journal of applied physiology*, 113(1), 167-174. doi: 10.1007/s00421-012-2422-9
- Pescatello, L. S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., & Ray, C. A. (2004). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 533-553.
- Pickering, T. G., Hall, J. E., Appel, L. J., Falkner, B. E., Graves, J., Hill, M. N., . . . Roccella, E. J. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*, 111(5), 697-716.
- Poton, R., & Polito, M. D. (2014). Cardiovascular responses during resistance exercise with blood flow restriction. *Revista Brasileira de Cardiologia*, 27(2), 104-110.
- Queiroz, A. C. C., Kanegusuku, H., & Forjaz, C. L. M. (2010). Effects of resistance training on blood pressure in the elderly. *Arquivos Brasileiro Cardiologia*, 95(1), 135-140. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2010001100020>
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., . . . Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341.
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T., & Bemben, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical*

- physiology and functional imaging*, 32(5), 331-337. doi: 10.1111/j.1475-097X.2012.01131.x.
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1-5.
- Shephard, R. J. (1988). PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*, 5(3), 185-195.
- Silva, J. C. G., Neto, G. R., Freitas, E., Neto, E., Batista, G., Torres, M., & Sousa, M. S. C. (2015). Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 18(4), 33-41.
- Simão, R., Fleck, S. J., Polito, M., Monteiro, W., & Farinatti, P. (2005). Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 853-858.
- Sousa, J. B. C., Neto, G. R., Santos, H. H., Araújo, J. P., Silva, H. G., & Cirilo-Sousa, M. S. (2017). Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biology of Sport*, 34(1), 83-90. doi: 10.5114/biolsport.2017.63738
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., . . . Tsutsui, H. (2010). Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1563-1567. doi: 10.1152/japplphysiol.00504.2009
- Suga, T., Okita, K., Takada, S., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Yokota, T., . . . Horiuchi, M. (2012). Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3915-3920. doi: 10.1007/s00421-012-2377-x
- Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 107-112.
- Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K., Kato, M., Uno, K., . . . Hirata, Y. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity

- resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European journal of applied physiology*, 95(1), 65-73.
- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P. B., . . . Chacon-Mikahil, M. P. T. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1071-1076. doi: 10.1519/JSC.0000000000000703
- Victor, R. G., & Seals, D. R. (1989). Reflex stimulation of sympathetic outflow during rhythmic exercise in humans. *American Journal of Physiology*, 257(6), H2017-H2024.
- Vieira, P. J. C., Chiappa, G. R., Umpierre, D., Stein, R., & Ribeiro, J. P. (2013). Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2288-2294. doi: 10.1519/JSC.0b013e318278f21f
- Vilaça-Alves, J., Neto, G. R., Morgado, N. M., Saavedra, F., Lemos, R., Moreira, T. R., . . . Reis, V. M. (2016). Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 19(3), 100-109.
- Yasuda, T., Loenneke, J. P., Ogasawara, R., & Abe, T. (2013). Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 419-426. doi: 10.1556/APhysiol.100.2013.4.6.

ARTIGO 7

Existem diferenças na ativação dos músculos agonista e antagonista durante sessões de treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente?

Título abreviado: ativação muscular e restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente

Resumo

Introdução: O objetivo do estudo foi analisar o efeito crônico do treinamento de força (TF) com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS), contínua ou intermitente, sobre ativação muscular. **Métodos:** Participaram do estudo 24 homens com experiência em TF, que foram divididos aleatoriamente em três grupos. **Resultados:** Na ativação muscular do bíceps e do tríceps nos exercícios: supino reto, tríceps e bíceps, observou-se não haver interações entre grupo $\times$ avaliações $\times$ séries, grupo $\times$ avaliações, grupo $\times$ séries, avaliações $\times$ séries, no grupo, nas avaliações e nas séries ($p > 0,05$); entretanto, nas avaliações houve aumento significativo no grupo da RFS intermitente, na 1ª, 2ª e 4ª séries ($p < 0,05$) apenas na ativação muscular do bíceps. **Discussão:** Conclui-se que a ativação muscular do bíceps e tríceps parecem ser semelhantes nos exercícios supino reto, tríceps e bíceps entre as formas da RFS, porém, a RFS intermitente parece melhorar a ativação muscular do bíceps apenas na puxada frontal.

Palavras-chave: eletromiografia, oclusão terapêutica, exercício físico, treinamento de resistência.

Abstract

Introduction: the aim of this study was to analyze the chronic effect of strength training (ST) with continuous or intermittent blood flow restriction (BFR) on muscle activation. **Methods:** Twenty-four men with experience in ST participated in the study, who were randomly divided into three groups. **Results:** In the muscular activation of biceps and triceps in the exercises: bench press, triceps and biceps, there were no interactions between group $\times$ evaluations $\times$ series, group $\times$ evaluations, group $\times$ series, evaluations $\times$ series, in the group, in the evaluations and in the series ($p > 0.05$); however, in the evaluations there was a significant increase in the intermittent BFR group, in the 1st, 2nd and 4th sets ($p < 0.05$) only in the biceps muscle activation. **Discussion:** It is concluded that the muscular activation of the biceps and triceps seems to be similar in the exercises bench press, triceps and biceps between the forms of the BFR, however, the intermittent BFR seems to improve the muscular activation of the biceps only in the frontal pull.

Key words: electromyography, therapeutic occlusion, physical exercise, resistance training.

Introdução

O treinamento de força (TF) de baixa carga (20-30% de 1RM) combinado à restrição de fluxo sanguíneo (RFS) surgiu na década de 60, porém ganhou maior notoriedade nos anos 2000,¹ devido ser um método alternativo para indivíduos que não podem realizar exercícios de altas cargas ($\geq 65\%$ de 1RM). Nesse contexto, este método de treinamento tem sido efetivo para os aumentos da força muscular,²⁻⁵ hipertrofia muscular,^{2,5} resistência muscular localizada,^{4,6,7} força isométrica,⁸ capacidade funcional⁹ e tem se mostrado seguro em relação à hemodinâmica.¹⁰⁻¹⁴

Assim, com a maior expansão deste método de treinamento, observou-se que diversos estudos foram realizados para entender todos os procedimentos metodológicos envolvidos em sua aplicabilidade [intensidade;¹⁵ tamanho do cuff mais eficiente;¹⁶ pressão de treinamento¹⁷], porém, pode-se afirmar que o modo de RFS (contínuo ou intermitente)¹⁸⁻²⁴ é, possivelmente, o mais importante deles. De acordo com Yasuda et al.²⁴ que compararam a forma da RFS, apenas na fase aguda, após a realização do exercício de flexão unilateral de cotovelo, observaram que não existiram diferenças na ativação muscular entre os modos de RFS.

Nesse sentido, o estudo de Fitschen et al.¹⁹ mostrou que a RFS contínua promove maior sensação de dor quando comparada a RFS intermitente, e que esta característica pode influenciar na aderência ao treinamento de seus praticantes, em destaque pessoas com necessidades especiais. Portanto, é de grande importância o desenvolvimento de pesquisas com objetivo de comparar os modos de aplicação da RFS em indivíduos saudáveis para posteriormente realizar estudos com grupos especiais. Adicionalmente, ao verificar a literatura pertinente, verificou-se que ainda não foi investigado o efeito crônico do TF com RFS contínua ou intermitente sobre a ativação muscular após sessões de treinamento de membros superiores.

Diante do exposto, a hipótese do presente estudo era que os modos de RFS (contínuo e intermitente) não promoveriam diferenças significativas na ativação dos músculos agonistas e antagonistas do cotovelo. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi comparar o efeito crônico do TF com RFS, entre os modos contínuo e intermitente, sobre a ativação dos músculos agonistas e antagonistas do cotovelo em homens jovens e saudáveis.

Materiais e Métodos

Participantes

O número de participantes da amostra foi calculado pelo software G*Power 3.1²⁵ com base nos procedimentos sugeridos por Beck.²⁶ Assim, considerando-se uma potência de 0,8, um nível de significância de 5% e um tamanho de efeito de 0,35, verificou-se, a priori, que 24 sujeitos eram suficientes para fornecer 82,1% do poder estatístico.

Portanto, 24 homens na faixa etária de 18 a 36 anos, com experiência mínima de 2 meses e máxima de 12 meses em TF, participaram do estudo (Tabela 1). Foram incluídos sujeitos: 1) na faixa etária entre 18 a 40 anos; 2) que responderam negativamente a todos os itens do Physical Activity Readiness Questionnaire / PAR-Q²⁷; 3) que apresentassem o índice de massa corporal (IMC) menor que $30 \text{ m}^2.\text{kg}^{-1}$; 4) que não apresentaram histórico de lesão osteomioarticular nos membros superiores nos últimos seis meses e; 5) não fumantes.

Após terem atendidos aos critérios de inclusão, e explicados os riscos e benefícios da pesquisa, os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) elaborado de acordo com a declaração de Helsinque. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local, sob protocolo nº 0476/13, e CAAE: 20355013.2.0000.5188.

Tabela 1. Características antropométricas e de força muscular (1RM) dos sujeitos

	BC+RFSC (9 sujeitos)	BC+RFSI (7 sujeitos)	BC (8 sujeitos)	ICC	p
Idade (anos)	26,1±5,0	23,1±5,6	22,2±3,5	0,962	<0,001
Massa Corporal (kg)	67,5±9,7	81,0±8,5	78,0±10,9	0,972	<0,001
Estatura (m)	1,71±0,05	1,75±0,08	1,75±0,06	0,943	<0,001
IMC (kg.m ²)	22,8±2,2	26,5±2,7	25,2±2,4	0,927	<0,001
PRFSBE (mm Hg)	108,8±9,2	117,1±10,3	-	0,925	0,003
Supino Reto (1RM)	77,6±17,2	75,9±12,4	75,5±11,9	0,984	<0,001
Puxada Frontal (1RM)	69,0±13,0	67,3±14,4	63,8±12,3	0,956	<0,001
Rosca Tríceps (1RM)	31,3±6,8	31,6±4,6	32,3±4,8	0,943	<0,001
Rosca Bíceps (1RM)	34,4±5,9	35,1±8,1	32,7±5,9	0,956	<0,001

IMC = índice de massa corporal; PRFSBE = pressão média utilizada na restrição de fluxo sanguíneo do braço esquerdo; BC+RFSC =baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Desenho do Estudo

Na primeira visita ao laboratório os sujeitos foram submetidos à avaliação antropométrica; 5 minutos depois o ponto da RFS; 15 a 20 minutos após, a força muscular isométrica (FMI); 3 a 5 minutos após, avaliação da força muscular dinâmica máxima (1RM) de cada exercício (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley*, respectivamente), conforme Figura 1. O treinamento teve duração de 6 semanas (duas vezes por semana), perfazendo um total de 12 sessões. Na primeira e última sessão foi avaliada a ativação muscular das quatro séries, em todos os exercícios (Figura 1) e a primeira sessão ocorreu 72 horas após a primeira visita. Os três grupos do estudo realizaram, respectivamente,

os seguintes protocolos de treino: a) BC+RFSC = TF de baixa carga [20% de 1RM] combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; b) BC+RFSI = TF de baixa carga [20% de 1RM] combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; c) BC = TF de baixa carga [20% de 1RM] sem a RFS. Durante todo o estudo, os sujeitos foram instruídos a abster-se de exercício de membros superiores, bem como a ingestão de suplementos nutricionais.

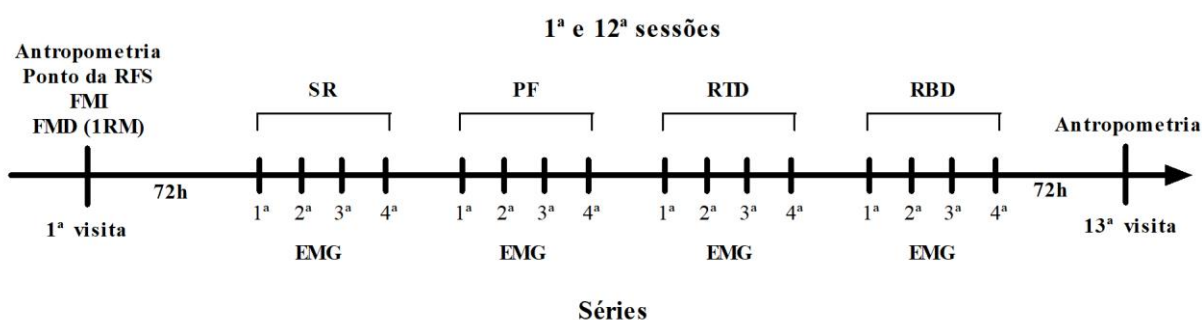


Figura 1. Desenho experimental

RFS = restrição de fluxo sanguíneo; FMI = Força muscular isométrica; FMD = força muscular dinâmica; SR = Supino Reto; PF = Puxada frontal; RTD = rosca tríceps direta; RBD = rosca bíceps direta; EMG = eletromiografia

Procedimentos

Antropometria

Utilizou-se uma balança científica com precisão de 0,1 kg (modelo 7755 - Soehnle Professional®, Alemanha) para avaliação da massa corporal, e um estadiômetro portátil com precisão 0,5 cm (WCS, Cardiomed®, Brasil) para avaliação da estatura, com posterior equacionamento do índice de massa corporal (IMC).

Avaliação da Restrição de Fluxo Sanguíneo

Após as medidas antropométricas, os sujeitos foram instruídos a ficar deitados em decúbito dorsal. Em seguida, um pesquisador, experiente, fixou na região da prega axilar (braços direito e esquerdo) um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (60 x 470 mm; tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in

extremities – Riester – Alemanha). Sequencialmente, o manguito foi inflado até o ponto em que o pulso auscultatório, capitado pela sonda do *doppler* vascular (MedPeg® DV - 2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), da artéria radial fosse interrompido e determinada a pressão de restrição total do fluxo sanguíneo (mm Hg). Para cada sujeito, a pressão do manguito usada durante os exercícios foi determinada a 80% da pressão de restrição total do fluxo de sangue, no estado de repouso.²

Força Muscular Dinâmica Máxima (1RM)

A avaliação da força muscular dinâmica máxima para determinação da carga de treinamento foi realizada por meio do teste de 1RM, seguindo as recomendações do ACSM.²⁸ Assim, os sujeitos dos três grupos experimentais foram submetidos ao teste de 1RM nos quatro exercícios de execução bilateral: supino reto, puxada frontal, rosca tríceps no *pulley* e rosca bíceps direta no *pulley*, respectivamente. Para tanto, adotou-se um tempo de cinco minutos para recuperação entre cada exercício, de acordo com os estudos de Neto et al.^{20,21,22}

Eletromiograma de Superfície (EMGs)

Para o registro do sinal elétrico dos músculos tríceps e bíceps braquial, durante a execução dos quatro exercícios, foi utilizado um eletromiógrafo (modelo W4X8, Biometrics Ltd., UK) de oito canais (wireless) com as seguintes características técnicas: *hardware* com placa de conversão analógico-digital (A/D) de 12 bits; amplificador com ganho de 1000 vezes; filtro passa banda de 20 a 500 Hz (*Butterworth* de segunda ordem); razão de rejeição de modo comum (RRMC) > 100 dB; taxa de ruído do sinal < 3 mV *Root Mean Square* (RMS); impedância de 10⁹ Ohms; eletrodos superficiais, bipolares, ativos, simples diferencial, com pré-amplificação de 20 vezes e um *software* DataLOG para coleta e análise de sinais com frequência de amostragem de 1000 Hz. Antes da captação do sinal eletromiográfico, foi realizada tricotomia, abrasão e limpeza da pele com álcool 70% para diminuir a impedância tecidual.

Os eletrodos de captura foram fixados com fita adesiva dupla face, micropore e uma faixa elásticas, em pontos específicos de cada músculo, enquanto que o eletrodo de referência foi fixado nos processos estiloides dos rádios, do lado oposto ao braço de maior força. Para garantir que os eletrodos fossem colocados nos mesmos pontos em todas as avaliações, os voluntários foram marcados com um corante de longa duração (tintura de henna), e quando a marca estava quase desaparecendo uma nova camada foi aplicada no referido ponto.

Todo o processo para captação do sinal EMG dos músculos bíceps e tríceps braquial, nos quatro exercícios ocorreu de acordo com as recomendações da *Surface Electromyography for the Non Invasive Assessment of Muscles* – SENIAM.²⁹ O registro do sinal eletromiográfico foi armazenado em cartão de memória e, posteriormente, analisado e processado no *software* (DataLog) do próprio equipamento, considerando-se a RMS das quinze repetições de cada série.

As medidas do sinal eletromiográfico foram realizadas apenas no braço que apresentasse maior força isométrica, esta mensurada por meio do dinamômetro manual (CROW[®], Brasil). Para isso, adotou-se a seguinte padronização: cada participante realizava três tentativas de preensão palmar, em um dinamômetro manual, em cada uma das mãos; assim, apenas o membro que apresentasse maior força isométrica foi considerado para colocação dos eletrodos. Para o registro do sinal eletromiográfico, os sujeitos se posicionaram nas posições referentes a cada um dos quatro exercícios. A amplitude articular do ombro foi de 90° a 120° para o exercício supino reto (deitado em decúbito dorsal), de 180° a 45° para o exercício puxada frontal (sentado); a amplitude articular do cotovelo foi de 90° a 0° para o exercício rosca tríceps no *pulley* (em pé) e de 0° a 145° para o exercício rosca bíceps direta (em pé).

Das 15 repetições realizadas, em cada um dos 4 exercícios, para efeito de processamento do sinal e cálculos estatísticos, foram considerados a média e o pico da RMS das 5 repetições centrais (6ª, 7ª, 8ª, 9ª e 10ª repetições), para cada uma das 4 séries, e realizada a normalização do sinal EMG, pelo pico.

Sessões de Treinamento

Após 72 horas da primeira visita, os sujeitos foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais: a) quatro exercícios a 20% de 1RM combinados com a RFS contínua (BC+RFSC); b) quatro exercícios a 20% de 1RM combinado com a RFS intermitente (BC+RFSI) e c) quatro exercícios a 20% de 1RM sem a RFS (BC). Foram realizadas, 12 sessões, com execução bilateral dos seguintes exercícios: supino reto (com barra convencional e anilhas calibradas), puxada frontal, rosca tríceps e rosca bíceps direta no *pulley* (em máquinas convencionais), respectivamente. Os sujeitos dos três grupos completaram quatro séries de 15 repetições, utilizando 20% de 1RM com 30 segundos de intervalo entre todas as séries e um minuto entre os exercícios. Os grupos com a RFS utilizavam um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (*tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester*) nos braços (largura 60 milímetros, comprimento 470 milímetros) fixados na região mais proximal. Para o grupo de BC+RFSC o manguito foi mantido inflado entre as séries, porém foi desinflado sempre ao final de cada exercício, já o grupo de BC+RFSI o manguito foi desinflado entre as séries. A velocidade de execução para os três grupos foi estabelecida em três segundos (1,5 para a ação muscular concêntrica e 1,5 para a excêntrica) controlada por meio de um metrônomo.

Volume Total de Treinamento

O volume total (VT) de toda intervenção (12 sessões) foi verificado pela multiplicação da carga pelo número de séries e de repetições completas de todas as sessões dos quatro exercícios (sessões x carga x séries x repetições).

Análises Estatística

Inicialmente foi utilizado o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* e esfericidade de *Mauchly's*. As variáveis demonstraram distribuição normal ($p > 0,05$), porém como a esfericidade não foi assumida, adotou-se os valores da correção de *Greenhouse-*

Geisser ($p < 0,05$). A confiabilidade das características da amostra (idade, massa corporal, estatura, IMC), a pressão média utilizada na RFS do braço esquerdo e o teste de 1RM dos quatro exercícios (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps e rosca bíceps) foram verificados pelo coeficiente de correlação interclasse (ICC). Utilizou-se a Anova *One-Way* com *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para comparar o volume total dos exercícios entre os grupos. O teste *t Student* (independente) foi utilizado para comparar as pressões de RFS utilizadas nos grupos de BC+RFSC e BC+RFSI. Anova *three-way* de medidas repetidas [grupos (BC+RFSC vs. BC+RFSI vs. BC) × avaliações (pré-teste vs. pós-teste) × séries (primeira vs. segunda vs. terceira vs. quarta)] seguida pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* foi utilizada para a análise de possíveis diferenças nas variáveis dependentes. O tamanho do efeito (TE) foi utilizado para verificar a magnitude [trivial $< 0,50$, pequena = $0,50-1,25$, moderada = $1,25-1,9$ e grande $> 2,0$] das mudanças significativas entre as avaliações dos grupos do estudo.³⁰ O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS versão 20.0 do pacote (SPSS Inc., Chicago, IL).

Resultados

Ao analisar o volume total de treinamento das 12 sessões, verificou-se que não houve diferença significativa entre os grupos (BC+RFSC [$30585,6 \pm 5629,1$] vs. BC+RFSI [$30251,3 \pm 5236,1$] vs. BC [$29447,1 \pm 4724,2$], $p = 0,902$). Na análise do ponto de RFS do braço esquerdo, verificou-se que não houve diferença significativa entre grupos de BC+RFSC vs. BC+RFSI ($p = 0,128$).

EMG do Exercício Supino Reto

Na análise comparativa da ativação muscular do bíceps e do tríceps braquial no exercício supino reto, observou-se que não existiram interações entre grupo × avaliações × séries, grupo × avaliações, grupo × séries, avaliações × séries, no grupo, nas avaliações e nas séries ($p > 0,05$), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Comparação das médias do sinal EMG, normalizado, nos músculos bíceps e tríceps braquial das quatro séries no exercício supino reto

<i>Músculos</i>	BC+RFSC (9 sujeitos)		BC+RFSI (7 sujeitos)		BC (8 sujeitos)	
	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
<i>Bíceps</i>						
<i>1ª Série</i>	0,136±0,05	0,165±0,13	0,181±0,07	0,176±0,08	0,187±0,05	0,170±0,10
<i>2ª Série</i>	0,122±0,03	0,131±0,07	0,179±0,09	0,154±0,12	0,178±0,04	0,152±0,05
<i>3ª Série</i>	0,137±0,04	0,139±0,09	0,142±0,04	0,133±0,11	0,196±0,04	0,189±0,10
<i>4ª Série</i>	0,137±0,05	0,140±0,08	0,146±0,04	0,149±0,08	0,187±0,04	0,143±0,04
<i>Tríceps</i>						
<i>1ª Série</i>	0,154±0,02	0,184±0,13	0,132±0,05	0,404±0,32	0,160±0,05	0,245±0,07
<i>2ª Série</i>	0,155±0,03	0,151±0,07	0,159±0,02	0,857±1,81	0,156±0,05	0,208±0,04
<i>3ª Série</i>	0,152±0,07	0,152±0,07	0,146±0,02	0,529±0,98	0,147±0,03	0,195±0,05
<i>4ª Série</i>	0,150±0,03	0,138±0,08	0,144±0,06	0,462±0,76	0,160±0,03	0,196±0,04
BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga						

EMG do Exercício Puxada Frontal

Na análise comparativa da ativação muscular do bíceps braquial no exercício puxada frontal, observou-se que não existiram interações entre grupo × avaliações × séries, grupo × avaliações, grupo × séries, avaliações × séries, no grupo e nas séries ($p > 0,05$), entretanto, ocorreram interações significativas nas avaliações ($p = 0,005$). No efeito avaliações, observou-se que houve aumento significativo apenas no grupo BC+RFSI na 1ª ($p = 0,017$; TE=4,47), na 2ª ($p = 0,002$; TE=6,07) e na

4ª série ($p=0,027$; $TE=5,23$), conforme Tabela 3. Na análise comparativa da ativação muscular do tríceps braquial no exercício supino reto, observou-se que não existiram interações entre grupo $\times$ avaliações $\times$ séries, grupo $\times$ avaliações, grupo $\times$ séries, avaliações $\times$ séries, no grupo, nas avaliações e nas séries ($p>0,05$), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Comparação das médias do sinal EMG, normalizados, nos músculos bíceps e tríceps braquial das quatro séries no exercício puxada frontal

Músculos	BC+RFSC (9 sujeitos)		BC+RFSI (7 sujeitos)		BC (8 sujeitos)	
	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
<i>Bíceps</i>						
<i>1ª Série</i>	0,152 $\pm$ 0,10	0,196 $\pm$ 0,17	0,110 $\pm$ 0,04	0,289 $\pm$ 0,21*	0,160 $\pm$ 0,03	0,224 $\pm$ 0,13
<i>2ª Série</i>	0,120 $\pm$ 0,04	0,164 $\pm$ 0,14	0,129 $\pm$ 0,04	0,372 $\pm$ 0,26*	0,146 $\pm$ 0,07	0,230 $\pm$ 0,14
<i>3ª Série</i>	0,110 $\pm$ 0,05	0,141 $\pm$ 0,14	0,128 $\pm$ 0,04	0,331 $\pm$ 0,24	0,152 $\pm$ 0,08	0,357 $\pm$ 0,49
<i>4ª Série</i>	0,115 $\pm$ 0,05	0,128 $\pm$ 0,11	0,125 $\pm$ 0,03	0,282 $\pm$ 0,19*	0,136 $\pm$ 0,07	0,211 $\pm$ 0,20
<i>Tríceps</i>						
<i>1ª Série</i>	0,114 $\pm$ 0,02	0,240 $\pm$ 0,24	0,209 $\pm$ 0,04	0,458 $\pm$ 0,38	0,148 $\pm$ 0,05	0,232 $\pm$ 0,28
<i>2ª Série</i>	0,114 $\pm$ 0,05	0,155 $\pm$ 0,12	0,160 $\pm$ 0,04	0,212 $\pm$ 0,13	0,148 $\pm$ 0,07	0,280 $\pm$ 0,30
<i>3ª Série</i>	0,160 $\pm$ 0,05	0,164 $\pm$ 0,12	0,179 $\pm$ 0,05	0,235 $\pm$ 0,20	0,142 $\pm$ 0,06	0,265 $\pm$ 0,22
<i>4ª Série</i>	0,161 $\pm$ 0,05	0,173 $\pm$ 0,11	0,180 $\pm$ 0,03	0,229 $\pm$ 0,16	0,148 $\pm$ 0,05	0,293 $\pm$ 0,95

* diferença significativa quando comparado ao pré-teste; BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

EMG do Exercício Tríceps

Na análise comparativa da ativação muscular do bíceps e do tríceps braquial no exercício rosca tríceps, observou-se que não existiram interações entre grupo $\times$ avaliações $\times$ séries, grupo $\times$ avaliações, grupo $\times$ séries, avaliações $\times$ séries, no grupo, nas avaliações e nas séries ($p>0,05$), conforme Tabela 4.

Tabela 4. Análise comparativa dos valores médios do sinal EMG, normalizado, nos músculos bíceps e tríceps braquial das quatro séries no exercício rosca tríceps

Músculos	BC+RFSC		BC+RFSI		BC	
	(9 sujeitos)		(7 sujeitos)		(8 sujeitos)	
	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
Bíceps						
<i>1ª Série</i>	0,338 $\pm$ 0,48	0,156 $\pm$ 0,08	0,222 $\pm$ 0,12	0,282 $\pm$ 0,21	0,165 $\pm$ 0,10	0,132 $\pm$ 0,07
<i>2ª Série</i>	0,173 $\pm$ 0,02	0,145 $\pm$ 0,05	0,156 $\pm$ 0,02	0,178 $\pm$ 0,06	0,165 $\pm$ 0,12	0,118 $\pm$ 0,07
<i>3ª Série</i>	0,216 $\pm$ 0,12	0,148 $\pm$ 0,05	0,161 $\pm$ 0,03	0,194 $\pm$ 0,04	0,168 $\pm$ 0,06	0,181 $\pm$ 0,12
<i>4ª Série</i>	0,262 $\pm$ 0,273	0,153 $\pm$ 0,06	0,175 $\pm$ 0,06	0,155 $\pm$ 0,05	0,175 $\pm$ 0,07	0,202 $\pm$ 0,17
Tríceps						
<i>1ª Série</i>	0,211 $\pm$ 0,05	0,159 $\pm$ 0,09	0,184 $\pm$ 0,02	0,186 $\pm$ 0,18	0,170 $\pm$ 0,07	0,203 $\pm$ 0,04
<i>2ª Série</i>	0,208 $\pm$ 0,05	0,135 $\pm$ 0,06	0,172 $\pm$ 0,07	0,164 $\pm$ 0,10	0,188 $\pm$ 0,03	0,189 $\pm$ 0,05
<i>3ª Série</i>	0,208 $\pm$ 0,05	0,151 $\pm$ 0,09	0,184 $\pm$ 0,02	0,159 $\pm$ 0,10	0,160 $\pm$ 0,06	0,198 $\pm$ 0,05
<i>4ª Série</i>	0,199 $\pm$ 0,05	0,146 $\pm$ 0,08	0,190 $\pm$ 0,02	0,142 $\pm$ 0,09	0,192 $\pm$ 0,09	0,220 $\pm$ 0,06

BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

EMG do Exercício Rosca Bíceps

Na análise comparativa da ativação muscular do bíceps e do tríceps braquial no exercício rosca bíceps, observou-se que não existiram interações entre grupo × avaliações × séries, grupo × avaliações, grupo × séries, avaliações × séries, no grupo, nas avaliações e nas séries ($p>0,05$), conforme Tabela 5.

Tabela 5. Comparação das médias da ativação muscular (EMG), normalizada nos músculos bíceps e tríceps braquial das quatro séries no exercício rosca bíceps

<i>Músculos</i>	BC+RFSC		BC+RFSI		BC	
	(9 sujeitos)		(7 sujeitos)		(8 sujeitos)	
	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
<i>Bíceps</i>						
<i>1ª Série</i>	0,203±0,03	0,217±0,11	0,198±0,03	0,179±0,07	0,184±0,02	0,250±0,19
<i>2ª Série</i>	0,203±0,04	0,215±0,13	0,235±0,04	0,190±0,07	0,199±0,04	0,241±0,18
<i>3ª Série</i>	0,206±0,04	0,213±0,14	0,253±0,05	0,212±0,11	0,206±0,04	0,240±0,17
<i>4ª Série</i>	0,214±0,04	0,210±0,12	0,259±0,05	0,228±0,11	0,187±0,08	0,249±0,19
<i>Tríceps</i>						
<i>1ª Série</i>	0,182±0,03	0,436±0,59	0,169±0,01	0,207±0,09	0,188±0,11	0,179±0,05
<i>2ª Série</i>	0,280±0,23	0,192±0,12	0,148±0,02	0,224±0,10	0,156±0,05	0,171±0,05
<i>3ª Série</i>	0,232±0,20	0,287±0,29	0,169±0,04	0,233±0,10	0,150±0,04	0,206±0,13
<i>4ª Série</i>	0,179±0,03	0,249±0,30	0,255±0,19	0,248±0,14	0,165±0,05	0,227±0,11

BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua; BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente; BC = baixa carga

Discussão

O presente estudo analisou o efeito crônico do TF com RFS contínua ou intermitente sobre ativação muscular dos músculos agonista e antagonista de membros superiores em homens saudáveis. De acordo com a literatura, este foi o primeiro estudo que analisou as adaptações crônicas do TF combinado a RFS contínua ou intermitente sobre a atividade elétrica dos membros superiores. Assim, os principais achados foram que os modos de RFS (contínua ou intermitente) se comportaram de forma similar na ativação muscular do bíceps e do tríceps braquial nos exercícios supino reto, rosca tríceps e rosca bíceps; entretanto, houve aumento significativo no grupo BC+RFSI entre a 1ª, 2ª e 4ª séries apenas na ativação muscular do bíceps.

Embora nenhum estudo tenha analisado os efeitos crônicos da RFS contínua ou intermitente sobre a ativação muscular, observou-se que apenas um estudo avaliou o efeito agudo do exercício de força combinado a RFS contínua ou intermitente sobre a ativação muscular.²⁴ Nossos achados corroboram os de Yasuda et al.²⁴ e reforçam a presente hipótese, pois não encontraram diferenças significativas entre as formas da RFS (contínua e intermitente). Neste estudo, os autores realizam apenas um exercício com execução unilateral (flexão de braço), a carga utilizada foi de 20% de 1RM e utilizaram quatro séries (30x15x15x15 repetições com 30 segundos de intervalo) com uma pressão de treinamento de 160 mmHg. Analisando os dados do presente estudo e do estudo de Yasuda et al.²⁴ observa-se que parece não existir diferenças significativas entre as formas de RFS contínua vs. intermitente e isto parece ser independente das adaptações agudas ou crônicas, do volume de treinamento (um exercício vs. quatro exercício), da forma de execução (unilateral vs. bilateral) e da média de pressão de restrição (alta = 160 mmHg [Yasuda et al.²⁴] vs. moderada = 108 ou 117 mmHg [presente estudo]).

Nesse contexto, Sousa et al.⁴ analisaram o efeito de seis semanas do TF combinado a RFS contínua sobre a ativação muscular dos extensores do joelho em quatro grupos (alta carga; BC+RFSC; alta carga e BC+RFSC; e BC) e embora não tenham encontrado diferenças entre os grupos observaram maiores resultados para os dois grupos que utilizaram a RFS contínua. Nossos resultados corroboram com o

estudo realizado por Sousa et al.⁴ que não houve diferenças entre os grupos na ativação muscular, com magnitudes maiores para a RFS intermitente.

Adicionalmente, outros estudos analisaram o efeito agudo do exercício de força com a RFS contínua sobre a ativação muscular,^{31,32} e foi observado que a condição com RFS aumentou a ativação muscular quando comparado sem a RFS, com uma maior ativação muscular para fase concêntrica de forma crônica.³³ Este aumento da ativação muscular pode gerar alterações agudas que são observadas pelo aumento do volume e do inchaço da célula muscular que podem ser fatores importantes para a promoção da hipertrofia muscular na adaptação crônica.³³ Além disso, este aumento na ativação muscular na RFS contínua quando comparado sem RFS diverge dos nossos achados que não foi encontrado diferenças. Uma possível explicação é que os estudos realizados por Yasuda et al.^{31,32} realizaram a análise da ativação muscular nos mesmos sujeitos (estudo *crossover*) enquanto que no presente estudo foram utilizados grupos. E as diferentes características físicas dos sujeitos podem interferir diretamente no sinal eletromiográfico, o que se torna uma limitação do presente estudo, porém, para responder objetivo proposto foi necessário realizar este desenho de estudo.

Em relação ao aumento na ativação muscular do bíceps braquial no grupo da RFS intermitente, verifica-se que parece ser uma forma de intervenção bastante eficaz e parece ser o melhor meio de intervenção com o método de treinamento. Uma vez que as adaptações neuromusculares de ativação muscular na sua forma aguda²⁴ e crônica, força e hipertrofia muscular,¹⁹ frequência cardíaca e duplo produto,²² estresse oxidativo e dano muscular²¹ são similares entre a RFS contínua e intermitente, mesmo não havendo uma concordância sobre o estresse metabólico.^{22,23} Entretanto, a RFS intermitente apresenta uma menor PSE^{22,24} e menor sensação de dor¹⁹ o que pode possibilitar uma maior aderência e permanência das pessoas que praticam este método de treinamento, seja para reabilitação o desempenho muscular.

Finalmente, este estudo apresenta algumas limitações. A atividade muscular do peitoral e das costas não foi verificada, porém isto foi realizado devido verificar que os batimentos cardíacos poderiam interferir no sinal eletromiográfico. A pressão de RFS utilizada foi verificada em decúbito dorsal, porém as posições dos quatro

exercícios foram realizadas em diferentes posições, porém, verifica-se que parece ser comum a realização desses procedimentos na literatura.^{2,3,4,6,8,11,12}

Conclusão

Os resultados do presente estudo mostraram que os modos de RFS contínua e intermitente parecem gerar adaptações crônicas semelhantes na ativação muscular do bíceps e tríceps braquial nos exercícios supino reto, rosca tríceps e rosca bíceps, porém, a RFS intermitente parece melhorar a ativação muscular do bíceps apenas no exercício puxada frontal. Portanto, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas com objetivo de comparar as duas formas da RFS sobre a ativação muscular de diferentes grupamentos musculares com diferentes exercícios, intensidades e diferentes percentuais de RFS.

Conflitos de interesse

Nós não temos nada a declarar.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Abreviações

BC = baixa carga

BC+RFSC = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua

BC+RFSI = baixa carga combinado com a restrição de fluxo sanguíneo intermitente

EMG = eletromiografia

FMD = força muscular dinâmica

FMI = força muscular isométrica

IMC = índice de massa corporal

PF = puxada frontal

PRFSBE = pressão média utilizada na restrição de fluxo sanguíneo do braço esquerdo

RBD = rosca bíceps direta

RFS = restrição de fluxo sanguíneo

RMS = root mean square

RTD = rosca tríceps direta

SR = supino reto

TF = treinamento de força

1RM = uma repetição máxima

Referências

1. Sato Y. The history and future of KAATSU training. *Int J Kaatsu Train Res* 2005;1(1):1-5.
2. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, M. NJ, Aihara AY, Rocha CFA, Tricoli V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44(3):406-412.
3. Silva JCG, Neto GR, Freitas E, Neto E, Batista G, Torres M, Sousa MSC. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *J Exerc Physiol Online* 2015;18(4):33-41.
4. Sousa JBC, Neto GR, Santos HH, Araújo JP, Silva HG, Cirilo-Sousa MS. Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biol Sport* 2017;34(1):83-90.
5. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RPB, Tricoli V, Roschel HA, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MPT. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res* 2015;29(4):1071-1076.

6. Gil ALS, Neto GR, Sousa MSC, Dias I, Vianna J, Nunes RAM, Novaes JS. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clin Physiol Funct Imaging* 2017;37(2):221-228.
7. Kacin A, Strazar K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports* 2011;21(6):231-241.
8. Chaves E, Neto GR, Cirilo-Sousa MS, Miranda H, Araújo CO, Vianna JM, Novaes GS, Novaes JS. Effect of strength training with blood flow restriction on isometric strength during different phases of the menstrual cycle. *Med Sports* 2016;69(3):331-343.
9. Araujo JP, Neto GR, Loenneke JP, Bemben MG, Laurentino G, Batista G, Silva JCG, Freitas E, Cirilo-Sousa MS. The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *AGE* 2015;10.1007/s11357-11015-19851-11354.
10. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging* 2016;doi: 10.1111/cpf.12368.
11. Neto GR, Sousa MSC, Costa PB, Salles BF, Novaes GS, Novaes JS. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Cond Res* 2015;29(4):1064-1070.
12. Neto GR, Sousa MSC, Silva GVC, Gil ALS, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Physiol Funct Imaging* 2016;36(1):53-59.
13. Vilaça-Alves J, Neto GR, Morgado NM, Saavedra F, Lemos R, Moreira TR, Novaes JS, Rosa C, Reis VM. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. *J Exerc Physiol Online* 2016;19(3):100-109.
14. Bazgir B, Valojerdi MR, Rajabi H, Fathi R, Ojaghi SM, Meybodi MKE, Neto GR, Rahimi M, Asgari A. Acute cardiovascular and hemodynamic responses to low

intensity eccentric resistance exercise with blood flow restriction. *Asian J Sports Med* 2016;7(4):e38458.

15. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, Takada S, Omokawa M, Kinugawa S, Tsutsui H. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol* 2010;108(6):1563-1567.

16. Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, Bemben MG. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging* 2012;32(5):331-337.

17. 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):107-112.

18. Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(6):770-777.

19. Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, Wilund KR. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014;34(5):356-363.

20. Neto GR, Novaes JS, Gonçalves M, Batista GR, Mendonça RMSC, Miranda HL, Novaes GS, Cirilo-Sousa MS. Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. *Motriz: J Phys Ed* 2016;22(3):198-204.

21. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Batista GR, Cirilo-Sousa MS. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? . *J Sports Sci* 2017;doi: 10.1080/02640414.02642017.01283430.

22. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Piazeria BKL, Rodrigues-Rodrigues T, Cirilo-Sousa MS. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. *Percept Mot Skills* 2017;124(1):277-292.

23. Suga T, Okita K, Takada S, Omokawa M, Kadoguchi T, Yokota T, Hirabayashi K, Takahashi M, Morita N, Horiuchi M. Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol* 2012;112(11):3915-3920.
24. Yasuda T, Loenneke JP, Ogasawara R, Abe T. Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiol Hung* 2013;100(4):419-426.
25. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Meth* 2007;39(2):175-191.
26. Beck TW. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *J Strength Cond Res* 2013;27(8):2323-2337.
27. Shephard RJ. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med* 1988;5(3):185-195.
28. ACSM. Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2011.
29. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* 2000;10(5):361-374.
30. Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. *J Strength Cond Res* 2004;18(4):918-920.
31. Yasuda T, Brechue WF, Fujita T, Sato Y, Abe T. Muscle activation during low-intensity muscle contractions with varying levels of external limb compression. *J Sports Sci Med* 2008;7(4):467-474.
32. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Iida H, Imuta H, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. *Scand J Med Sci Sports* 2014;24(1):55-61.
33. 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.

ARTIGO 8

Existem diferenças no pulso auscultatório da restrição total de fluxo sanguíneo entre as posições, membros e segmentos corporais?

Título Abreviado: restrição de fluxo sanguíneo entre as posições, membros e segmentos corporais

Resumo

A verificação do pulso auscultatório da restrição total de fluxo sanguíneo (RFS) tem sido fator limitante dos estudos devido à forma de avaliação e prescrição, já que as medidas hemodinâmicas podem sofrer influência direta da gravidade. Assim, descobrir o ponto da restrição total de fluxo sanguíneo de forma adequada poderá melhorar a qualidade da prescrição da pressão no treinamento de força e aeróbico. O objetivo do presente estudo foi comparar o pulso auscultatório da RFS entre as posições, sexo, membros e segmentos corporais em jovens saudáveis. Participaram do estudo 156 sujeitos, sendo 76 homens e 80 mulheres (23,9±3,7 anos, 66,5±11,5 kg, 1,67±0,07 m). Após o preenchimento da ficha cadastral, foram avaliadas a antropometria e em seguida houve a determinação da pressão de RFS. A RFS foi avaliada de forma randomizada em ambos os membros (superiores e inferiores) e ambos os segmentos (direito e esquerdo) nas posições: a) deitada em decúbito dorsal; b) sentada com joelhos e tronco em 90°; e c) em pé na posição anatômica. Observaram-se diferenças significativas entre as posições deitado, sentado e em pé ($p<0,05$), entre os sexos ($p<0,05$), entre os membros ($p<0,05$) e entre os segmentos direito vs. esquerdo no membro inferior em ambos os sexos [homem ($p=0,014$) e mulher ($p=0,009$)] na posição deitada. Entretanto, observou-se não existir diferenças significativas entre os segmentos direito vs. esquerdo no membro superior ($p>0,05$). O ponto da RFS parece diferir entre as posições, sexo, membros inferiores e segmentos. Portanto, recomenda-se que os profissionais da área da saúde devam verificar o ponto da RFS na posição referente ao exercício que será realizado, levando em consideração o sexo, membros inferiores e segmentos corporais.

Palavras-chave: prescrição, kaatsu, oclusão vascular, isquemia

Abstract

Verification of the auscultatory pulse in total blood flow restriction (BFR) has been a limiting factor in studies due to the way in which it is evaluated and prescribed, as hemodynamic measurements can be directly affected by gravity. Thus, finding the point of total blood flow restriction in an adequate manner may improve the quality of pressure prescription in strength and aerobic training. The aim of the present study was to compare the auscultatory pulse in BFR between positions, genders, limbs and body segments in healthy young individuals. A total of 156 subjects participated in the study, 76 of whom were male and 80 of whom were female (23.9 ± 3.7 years, 66.5 ± 11.5 kg, 1.67 ± 0.07 m). After filling in registration data, anthropometry was evaluated, and BFR pressure was determined. BFR was evaluated in a randomized manner in both limbs (upper and lower) and in both segments (right and left) in the following positions: a) lying in the supine position; B) sitting with knees and trunk at 90° ; and c) standing in the anatomical position. Significant differences were observed between the lying, sitting and standing positions ($p < 0.05$), between genders ($p < 0.05$), between limbs ($p < 0.05$) and between the right and left segments in the lower limb in both genders [males ($p = 0.014$) and females ($p = 0.009$)] in the lying position. However, no significant differences were observed between the right and left segments in the upper limbs ($p > 0.05$). The BFR point appears to differ between positions, genders, lower limbs and segments. Therefore, it is recommended that health professionals should check the BFR point in the position relating to the exercise that will be performed, taking into account gender, lower limbs and body segments.

Keywords: prescription, kaatsu, vascular occlusion, ischemia

Introdução

A prática de exercícios físicos vem sendo cada vez mais disseminada nas últimas décadas devido à promoção da melhoria da qualidade de vida e da saúde. Nessa direção, várias diretrizes foram desenvolvidas com a premissa de aperfeiçoar a prescrição do exercício físico [2-5]. Dentre os objetivos da prescrição do exercício resistido, a força e a hipertrofia muscular têm sido atribuídas como coadjuvantes para melhoria da qualidade de vida e da saúde. E para o aumento dessas valências físicas, o Colégio Americano de Medicina do Esporte recomenda que se deva utilizar cargas iguais ou superiores a 65% de uma repetição máxima (1RM) [3]. Entretanto, o exercício resistido [17] ou aeróbico [1] combinado à restrição de fluxo sanguíneo (RFS) vem sendo utilizado para o aumento de força e hipertrofia muscular. A principal característica desse método de treinamento é a utilização de manguitos ou elásticos com a combinação de percentuais de cargas baixas (20-30% de 1RM), o que possibilita estes aumentos sem promover um alto estresse mecânico [30] e isto pode ser uma excelente ferramenta de intervenção para populações que não toleram altas cargas.

Evidências científicas mostram a importância do treinamento de baixas cargas com a RFS para o aumento da força muscular [17,34,39], hipertrofia muscular [17,39], resistência muscular localizada [11,15,36], capacidade funcional [6], além de ter sido mostrado seguro em relação à hemodinâmica [7,23,24,26,28,29,40]. Porém, o uso dessa técnica com a utilização de altas intensidades, parece não ser eficaz no aumento força e massa muscular [16] e no desempenho agudo da força muscular imediatamente após o exercício [27].

Nesse sentido, observa-se que alguns estudos têm sido desenvolvidos para aprimorar a aplicação deste método de treinamento, como por exemplo, o tamanho do cuff [33], a pressão utilizada [37] e a forma de aplicação da RFS (contínua ou intermitente) [24-26]. Adicionalmente, uma das formas seguras e eficazes consideradas padrão ouro para avaliar o ponto da RFS e realizar a prescrição da pressão a ser utilizada no treinamento é a técnica proposta no estudo de Laurentino et al. [17]. Este procedimento consiste na verificação da RFS por meio do doppler

vascular com o indivíduo deitado em decúbito dorsal [6,9,11,17,28,29,34,36,39], porém, a grande maioria dos exercícios são realizados em posições distintas (sentado ou em pé). E como a força da gravidade promove variação direta na hemodinâmica quando o indivíduo altera sua posição [13], torna-se um fator limitante realizar o ponto da RFS deitado quando se propõe realizar exercícios em outras posições. Assim, a proposição deste manuscrito é de grande relevância, pois supre as limitações mencionadas em diversos estudos que verificaram a RFS na posição deitada, mas que utilizaram exercícios em diferentes posições [6,17,36,39], mostrando a importância da realização do ponto da RFS na posição que o exercício será realizado. Além disso, não existem evidências científicas sobre a medida do ponto da RFS entre os sexos, membros e segmentos corporais.

Todavia, saber se existem diferenças entre as posições, sexo, membros e segmento serão de fundamental importância para os profissionais que trabalham com este método de treinamento. Portanto, a hipótese deste estudo era que existiam diferenças significativas entre as posições, sexo e membros, porém não existiam diferenças significativas entre os segmentos. Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi comparar o ponto da RFS entre as posições (deitada, sentada e em pé), sexo (homem e mulher), membros (superiores e inferiores) e segmentos (direito e esquerdo) em jovens saudáveis.

Materiais e Métodos

Sujeitos

Participaram do estudo 156 sujeitos saudáveis, sendo 76 homens e 80 mulheres (Tabela 1). O cálculo amostral foi realizado utilizando o software G*Power 3.1 [10], com base nos procedimentos sugeridos por Beck [8]. E com base em uma análise a priori, foi calculado um N de 73 participantes, após termos adotado uma potência de 0,80, $\alpha = 0,05$, coeficiente de correlação de 0,5, a correção Nonsphericity de 1 e um tamanho de efeito de 0,15. Verificou-se que os 73 sujeitos eram suficientes para fornecer 80,0% do poder estatístico. Como o estudo finalizou

com 156 sujeitos, observou-se, na análise post hoc, que o tamanho da amostra era suficiente para fornecer 98,8% do poder estatístico.

Foram incluídos no estudo participantes aparentemente saudáveis e que tivesse entre 18 e 35 anos de idade. Depois de explicar os riscos e benefícios do estudo, os participantes assinaram um termo de consentimento livre esclarecido preparado de acordo com a Declaração de Helsinki. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (protocolo nº 0476/13).

Tabela 1 Características dos participantes

	Homens (n=76)	Mulheres (n=80)	Todos (n=156)
Idade (anos)	24,9±3,9	23,0±3,2	23,9±3,7
MC (kg)	73,8±10,4	59,6±7,6	66,5±11,5
Estatutura (m)	1,73±0,07	1,63±0,04	1,67±0,07
IMC (kg/m ²)	24,5±2,3	22,3±2,5	23,4±2,7

MC = Massa corporal; IMC = Índice de massa corporal

Desenho do estudo

Os participantes foram ao laboratório em apenas uma ocasião, na qual eles assinaram uma ficha cadastral. Em seguida foi avaliada a antropometria e a determinação do ponto da RFS. A RFS foi realizada em ambos os membros (superiores e inferiores) e em ambos os segmentos (direito e esquerdo), nas posições: a) deitada em decúbito dorsal; b) sentada com joelhos e tronco em 90°; e c) em pé na posição anatômica, de forma randomizada. No primeiro contato, antes dessa visita ao laboratório, os participantes foram orientados a evitar a prática de exercícios físicos por 12 horas, bem como evitar a ingestão de cafeína, chocolate, suplementos nutricionais e álcool antes dessas avaliações.

Avaliação antropométrica

Foi utilizada uma balança eletrônica (Soehnle® Professional 7755) com precisão de 100 g, para obtenção da massa corporal (kg). Utilizou-se um estadiômetro de madeira portátil (Cardiomed, WCS-WOOD COMPACT - 2010 Curitiba, PR, Brasil) com precisão de 0,05 mm para estatura (m). E o índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal pela estatura ao quadrado (kg/m^2).

Determinação do ponto da restrição de fluxo sanguíneo

A restrição total do fluxo sanguíneo foi obtida por meio do doppler vascular (MedPeg® DV -2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), no qual a sonda foi posicionada sobre a artéria radial para determinar o ponto RFS de ambos os membros superiores e sobre a artéria pediosa para determinar o ponto RFS de ambos os membros inferiores. Para os membros superiores foi utilizado um esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester) para ambos os braços (largura 60 mm), que foi fixado em torno da porção mais proximal e inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria radial fosse interrompido. Para os membros inferiores, utilizou-se o esfigmomanômetro padrão de pressão arterial (tourniquet neumatico komprimeter to hemostasis in extremities - Riester) para ambas as pernas (largura 100 mm), que foi fixado na região mais proximal e inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria pediosa fosse interrompido.

Estes procedimentos foram realizados, por apenas um avaliador experiente, nas mesmas pessoas em três condições: 1) deitada em decúbito dorsal; 2) sentada com joelhos e tronco em 90°; e 3) em pé na posição anatômica. Após a avaliação antropométrica, os sujeitos ficavam 10 minutos de repouso na posição sorteada, em seguida iniciava o procedimento de avaliação do ponto da RFS. Eram concedidos

sempre 10 minutos de repouso, antes de começar a avaliação da RFS, na condição sorteada. A avaliação da RFS, nas três posições, ocorreu inicialmente pelo braço direito e esquerdo, perna direita e esquerda, respectivamente.

Descrição das posições

Posição deitada: o participante ficou deitado em decúbito dorsal, na qual se posicionou deitado de costas, com as pernas e os braços estendidos e apoiados na maca. Em seguida, ficou ereto com a face e o olhar voltados para frente, membros superiores estendidos ao lado do tronco e com palmas voltadas para frente, membros inferiores paralelos, com as pontas dos pés voltadas para frente [35].

Posição sentada: o participante ficou sentado com os ângulos dos quadris, tronco, joelhos e tornozelos mantidos em 90°, e o peso corporal foi transferido para o assento da cadeira por meio da tuberosidade isquiática com os pés apoiados no solo e paralelos [32].

Posição em pé: o participante ficou ereto com a face e o olhar voltados para frente, membros superiores estendidos ao lado do tronco e com palmas voltadas para frente, membros inferiores paralelos, com as pontas dos pés voltadas para frente [35].

Análise estatística

Os dados foram analisados no pacote estatístico computadorizado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versão 20.0. Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória para verificar a normalidade (Teste de Kolmogorov-Smirnov). Como o pressuposto de normalidade foi rejeitado ($p < 0,05$), utilizou-se a ANOVA de Kruskal-Wallis para comparação entre as posições, sexos e membros corporais. Em seguida utilizou o Teste de Mann-Whitney para encontrar as diferenças significativas

entre as posições e o teste de Wilcoxon para comparação dos segmentos (direito vs. esquerdo). Os dados foram apresentados em média e desvio padrão. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Resultados

Posições (sentado vs. deitado vs. em pé)

Na análise comparativa do ponto da RFS entre as posições do membro superior, observou-se que houve diferenças significativas entre as posições deitado vs. sentado apenas do segmento direito nos homens ($p = 0,008$) e nas mulheres ($p = 0,041$); já no membro inferior, observou-se que houve diferenças significativas entre as posições deitado vs. sentado em ambos os segmentos, direito e esquerdo, nos homens ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente) e nas mulheres ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente). Foi observado ainda que entre as posições do membro superior, não houve diferenças significativas entre deitado vs. em pé em ambos os segmentos, direito e esquerdo, nos homens ($p = 0,243$; $p = 0,370$, respectivamente), porém houve diferenças significativas entre as posições deitado vs. em pé em ambos os segmentos, direito e esquerdo, nas mulheres ($p = 0,001$; $p = 0,001$, respectivamente); já no membro inferior, observou-se que houve diferenças significativas entre as posições deitada vs. em pé em ambos os segmentos, direito e esquerdo, nos homens ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente) e nas mulheres ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente). Também foi observado que entre as posições do membro superior, não houve diferenças significativas entre sentada vs. em pé do segmento direito nos homens ($p = 0,148$) e nas mulheres ($p = 0,150$), porém houve diferenças significativas apenas no segmento esquerdo para as mulheres ($p = 0,040$); já no membro inferior, observou-se que houve diferenças significativas entre as posições sentada vs. em pé em ambos os segmentos, direito e esquerdo, nos homens ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente) e nas mulheres ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente), conforme Tabela 2.

Sexo (homem vs. mulher)

Na análise comparativa do ponto da RFS entre os sexos na posição deitado, observou-se que houve diferenças significativas entre os homens vs. mulheres em ambos os segmentos, direito e esquerdo, no membro superior ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente); porém, no membro inferior, observou-se que não houve diferenças significativas entre os homens vs. mulheres em ambos os segmentos, direito e esquerdo ($p = 0,924$; $p = 0,684$, respectivamente). Foi observado ainda que entre os sexos na posição sentado, houve diferenças significativas entre homens vs. mulheres em ambos os segmentos, direito e esquerdo no membro superior ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente) e no membro inferior ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente). Também foi observado que entre os sexos na posição em pé, não houve diferenças significativas entre os homens vs. mulheres em ambos os segmentos, direito e esquerdo ($p = 0,133$; $p = 0,167$, respectivamente) no membro superior; porém no membro inferior, observou-se que houve diferenças significativas entre os homens vs. mulheres em ambos os segmentos, direito e esquerdo ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente), conforme Tabela 2.

Membros (superior vs. inferior)

Na análise comparativa do ponto da RFS entre os membros corporais na posição deitado, observou-se que houve diferenças significativas entre os membros superior vs. inferior em ambos os segmentos, direito e esquerdo nos homens ($p = 0,019$; $p < 0,001$, respectivamente) e nas mulheres ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente). Foi observado ainda que entre os membros corporais na posição sentado, houve diferenças significativas entre superior vs. inferior em ambos os segmentos, direito e esquerdo nos homens ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente) e nas mulheres ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente). Também foi observado que entre os membros corporais na posição em pé, houve diferenças significativas entre

superior vs. inferior em ambos os segmentos, direito e esquerdo nos homens ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente) e nas mulheres ($p < 0,001$; $p < 0,001$, respectivamente), conforme Tabela 2.

Segmentos (direito vs. esquerdo)

Na análise comparativa do ponto da RFS entre os segmentos, observou-se não existir diferenças significativas entre os segmentos direito vs. esquerdo no membro superior ($p > 0,05$) e isto ocorreu independentemente da posição e sexo; porém, foi observado diferenças significativas entre os segmentos direito vs. esquerdo no membro inferior em ambos os sexos [homem ($p = 0,014$) vs. mulher ($p = 0,009$)] apenas na posição deitada (Tabela 2).

Tabela 2 Análise comparativa dos pontos de RFS entre as posições deitado, sentado e em pé, entre os sexos, entre os membros e segmentos corporais

	Deitado		Sentado		Em pé	
	<i>Superior</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Inferior</i>
Segmento Direito						
Homem	125,1±14,7§	133,0±19,8£	131,3±12,7†§	157,1±19,1†§£	127,7±16,7	181,9±22,0†*§£
Mulher	116,3±16,1	132,2±14,0£	120,8±15,6†	143,2±20,2†£	124,1±13,9†	165,0±20,6†*£
Segmento Esquerdo						
Homem	126,3±12,4§	135,9±18,2£¥	130,1±17,2§	159,4±16,4†§£	128,2±16,3	182,5±24,1†*§£
Mulher	117,3±14,0	134,7±16,8£¥	119,7±15,0	145,8±18,4†£	124,7±12,9†*	166,2±20,7†*£

† diferença significativa entre as posições deitado e sentado; ‡ diferença significativa entre as posições deitado e em pé; * diferença significativa entre as posições sentado e em pé; § diferença significativa entre os sexos (homens vs. mulher); £ diferença significativa entre os membros corporais (superior vs. inferior); ¥ diferença significativa entre os segmentos (direito vs. esquerdo).

Discussão

O presente estudo comparou o ponto da RFS entre as posições (deitada, sentada e em pé), entre os sexos (homem e mulher), entre os membros (superior e inferior) e entre os segmentos (direito e esquerdo) em jovens saudáveis. Para nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo que verificou o ponto da RFS em diferentes posições considerando o sexo, membros e segmentos corporais com objetivo de melhorar a qualidade da prescrição da RFS para o treinamento de força e aeróbico. Além disso, os resultados desse manuscrito irão suprir as limitações já mencionadas em vários estudos em virtude da verificação da RFS na posição deitada e a prescrição para exercícios em diferentes posições [6,17,36,39]. Assim, os principais achados do presente estudo foram: I) existem diferenças no ponto da RFS entre as posições, sexos e entre os membros (superior e inferior); II) não houve diferença na avaliação do ponto da RFS nos membros superiores (direito e esquerdo), porém houve nos membros inferiores.

Embora nenhum estudo tenha comparado as diferenças na verificação do ponto de RFS entre as posições, sexo, membros e segmento, o estudo realizado por Nakajima et al. [22] comparou as respostas hemodinâmicas entre a posição deitada de cabeça para baixo (simulação real para astronautas) e a posição sentada com aplicação da RFS no segmento inferior. Estes autores concluíram que os efeitos da permanência nas medidas hemodinâmicas após a utilização da RFS parecem promover um estresse semelhante apenas na posição de cabeça para baixo, podendo ser útil para o treinamento de astronautas. Iida et al. [12] também corroboram com a informação de que a RFS pode atuar como estratégia potencial para promover alterações na hemodinâmica de forma similar na posição deitada com aplicação da RFS e na posição em pé. Entretanto, estes dois estudos não apresentam relação direta com o objetivo do presente estudo, mas apresentam a importância da preocupação da avaliação da RFS em diferentes posições.

Nessa direção, ao rever a literatura, observa-se que todos os estudos até o presente momento avaliaram o ponto da RFS na posição deitada em decúbito dorsal nos membros superiores [9,11,28,29] e inferiores [6,9,11,17,28,29,34,36,39], porém

utilizaram exercícios que eram aplicados em diferentes posições. Nesse sentido, ao analisar as metodologias desses estudos observa-se que a prescrição da RFS torna-se um fator limitante, uma vez que foram observados nos resultados do presente estudo existir diferenças entre as posições, membros e segmentos. Esta variação nos valores do ponto da RFS pode está relacionada com a força da gravidade que promove variação quando o indivíduo altera sua posição [13]. Portanto, a posição de realização do exercício deve ser considerada como fator individual para verificação da RFS. Adicionalmente, nota-se que essa diferença na quantidade de pressão de RFS determinada para cada tipo de exercício, pode gerar influência diretamente no ganho de determinada capacidade que está sendo treinada. Isto pode ocorrer devido o aumento do desconforto e da percepção subjetiva de esforço, que acarretam a redução do volume de treino, já que pressões maiores geram mais desconforto [18,20] e, portanto, o trabalho total de treino pode sofrer influência direta [20].

Nesse contexto, o ponto da RFS foi maior nos membros inferiores na posição em pé quando comparado à posição deitada, chegando a uma diferença de 48,9 mmHg nos homens e 32,8 mmHg nas mulheres no segmento direito e isto também ocorreu no segmento esquerdo. Esta variação na pressão pode ser fator determinante no volume de treinamento o que pode gerar consequência nas valências físicas da força, hipertrofia e resistência muscular. Estes dados corroboram em partes com os achados do estudo realizado por Miranda et al. [21], que observaram não haver diferenças significativas nas medidas hemodinâmicas após a realização do exercício supino conduzido nas posições deitada e sentada, porém os valores médios foram menores para a posição deitada. E como recomendação, Miranda et al. [21] sugerem a realização de estudos que tenham objetivo de analisar diferentes posições corporais, para que se possa direcionar condutas para a prescrição de exercícios. Analisando esta recomendação, observa-se que esse direcionamento é para o treinamento de força tradicional que já se tem um vasto campo de conhecimento, porém pouco se sabe sobre a variação no ponto da RFS entre as posições, sexo, membros e segmento corporal e, isto destaca ainda mais a necessidade da realização do presente estudo. Uma vez que a qualidade e a segurança da aplicação da RFS são de fundamental importância para o aumento da

força e hipertrofia muscular dos praticantes desta modalidade de intervenção, seja sem exercício, ou em combinação com o treinamento de força ou aeróbico.

Ao analisar as diferenças encontradas entre os sexos, observa-se que os homens apresentaram valores médios maiores do que as mulheres no ponto da RFS e isto ocorreu independente da posição, membros e segmentos. Assim, sabendo que existem todas estas diferenças no ponto da RFS entre os sexos, posições, membros e segmentos, verifica-se que vários estudos já conduzidos [31,38,41], que utilizaram ambos os sexos com pressões pré-estabelecidas podem ter sofrido influência direta, pois não foi respeitado o princípio da individualidade biológica, bem como todos os parâmetros analisados no presente estudo. Além disso, esta informação é corroborada com os achados de Wernbom et al. [42] que mencionam que os homens precisam de maiores pressões do que as mulheres para conseguir realizar a restrição total do fluxo sanguíneo. Estas informações só reforçam a diferença entre os sexos no controle fisiológico da pressão arterial, que também pode sofrer influência direta da idade [14].

Outro ponto que merece destaque, é que a prescrição da RFS nos membros superiores poderá ser realizada apenas por um segmento e utilizar este mesmo valor para prescrição do segmento oposto uma vez que não houve diferença na avaliação do ponto da RFS no membro superior. Porém, este princípio não deve ser seguido para os membros inferiores, já que houve diferenças significativas. Esta preocupação na prescrição adequada entre os membros e segmentos corporais é de suma importância, pois observa-se que os membros inferiores promovem maiores concentrações do hormônio do crescimento (GH) quando comparado com os membros superiores e isto pode ter consequências direta, fundamentalmente, na hipertrofia muscular [19].

Finalmente, o presente estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, estes resultados podem ser aplicados apenas para pessoas com essas características, podendo sofrer variações em pessoas atletas, com necessidades especiais e mais velhas. Segundo, o ponto da RFS foi realizado com um manguito de seis centímetros para o membro superior e 10 cm para o membro inferior, porém acredita-se que essas variações possam continuar ocorrendo, pois o principal influenciador nessas mudanças hemodinâmicas é a gravidade [13]. No

entanto, como o tamanho do manguito pode influenciar diretamente as medidas hemodinâmicas [33], sugere-se que sejam conduzidos estudos com pessoas utilizando tamanhos de manguitos diferentes, bem como, com diferentes graus de treinamento, necessidades especiais e diferentes faixas etárias.

Conclusão

O ponto da RFS parece ser diferente entre as posições, sexo, membros inferiores e segmentos. Portanto, recomenda-se que os profissionais da área da saúde devam verificar o ponto da RFS em cada posição referente ao exercício que será realizado, por exemplo, deitado (supino reto), sentada (puxada frontal), em pé (agachamento), levando em consideração o sexo, membros inferiores e segmentos corporais.

Agradecimentos

Nada a declarar.

Referências

1. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol* 2006; 100: 1460-1466
2. ACSM. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 533-553
3. ACSM. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 687-708

4. ACSM. Exercise and type 2 diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 2282-2303
5. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43: 1334-1359
6. Araujo JP, Neto GR, Loenneke JP, Bemben MG, Laurentino G, Batista G, Silva JCG, Freitas E, Cirilo-Sousa MS. The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *AGE* 2015, DOI: 10.1007/s11357-11015-19851-11354
7. Bazgir B, Valojerdi MR, Rajabi H, Fathi R, Ojaghi SM, Meybodi MKE, Neto GR, Rahimi M, Asgari A. Acute cardiovascular and hemodynamic responses to low intensity eccentric resistance exercise with blood flow restriction. *Asian J Sports Med* 2016; 7: e38458
8. Beck TW. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *J Strength Cond Res* 2013; 27: 2323-2337
9. Chaves E, Neto GR, Cirilo-Sousa MS, Miranda H, Araújo CO, Vianna JM, Novaes GS, Novaes JS. Effect of strength training with blood flow restriction on isometric strength during different phases of the menstrual cycle. *Med Sports* 2016; 69: 331-343
10. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Meth* 2007; 39: 175-191
11. Gil ALS, Neto GR, Sousa MSC, Dias I, Vianna J, Nunes RAM, Novaes JS. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clin Physiol Funct Imaging* 2015; 35:
12. Iida H, Kurano M, Takano H, Kubota N, Morita T, Meguro K, Sato Y, Abe T, Yamazaki Y, Uno K. Hemodynamic and neurohumoral responses to the

- restriction of femoral blood flow by KAATSU in healthy subjects. *Eur J Appl Physiol* 2007; 100: 275-285
13. *Jones AY, Dean E.* Body position change and its effect on hemodynamic and metabolic status. *Heart Lung* 2004; 33: 281-290
 14. *Joyner MJ, Wallin BG, Charkoudian N.* Sex differences and blood pressure regulation in humans. *Exp Physiol* 2016; 101: 349-355
 15. *Kacin A, Strazar K.* Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports* 2011; 21: 231-241
 16. *Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara AY, Fernandes AR, Parcell AC, Ricard M, Tricoli V.* Effects of strength training and vascular occlusion. *Int J Sports Med* 2008; 29: 664-667
 17. *Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, M. NJ, Aihara AY, Rocha CFA, Tricoli V.* Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc* 2012; 44: 406-412
 18. *Loenneke JP, Kim D, Fahs CA, Thiebaud RS, Abe T, Larson RD, Bemben DA, Bemben MG.* The effects of resistance exercise with and without different degrees of blood-flow restriction on perceptual responses. *J Sports Sci* 2015; 33: 1472-1479
 19. *Madarambe H, Sasaki K, Ishii N.* Endocrine responses to upper-and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. *Acta Physiol Hung* 2010; 97: 192-200
 20. *Mattocks KT, Jessee MB, Counts BR, Buckner SL, Mouser JG, Dankel SJ, Laurentino GC, Loenneke JP.* The effects of upper body exercise across different levels of blood flow restriction on arterial occlusion pressure and perceptual responses. *Physiol Behav* 2017; 171: 181-186
 21. *Miranda H, Simão R, Lemos A, Dantas BHA, Baptista LA, Novaes JS.* Analysis on the cardiac rate, blood pressure and doubled-product in different body positions in resisted exercises. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11: 295-298
 22. *Nakajima T, Iida H, Kurano M, Takano H, Morita T, Meguro K, Sato Y, Yamazaki Y, Kawashima S, Ohshima H.* Hemodynamic responses to

- simulated weightlessness of 24-h head-down bed rest and KAATSU blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol* 2008; 104: 727
23. *Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS*. Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging* 2016, DOI: 10.1111/cpf.12368: doi: 10.1111/cpf.12368
 24. *Neto GR, Novaes JS, Gonçalves M, Batista GR, Mendonça RMSC, Miranda HL, Novaes GS, Cirilo-Sousa MS*. Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. *Motriz: J Phys Ed* 2016; 22: 198-204
 25. *Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Batista GR, Cirilo-Sousa MS*. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? . *J Sports Sci* 2017, DOI:
 26. *Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Piazero BKL, Rodrigues-Rodrigues T, Cirilo-Sousa MS*. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. *Percept Mot Skills* 2016, DOI: 0031512516677900
 27. *Neto GR, Santos HH, Sousa JBC, Júnior ATA, Araújo JP, Aniceto RR, Sousa MSC*. Effects of high-intensity blood flow restriction exercise on muscle fatigue. *J Hum Kinet* 2014; 41: 163-172
 28. *Neto GR, Sousa MSC, Costa PB, Salles BF, Novaes GS, Novaes JS*. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Cond Res* 2015; 29: 1064-1070
 29. *Neto GR, Sousa MSC, Silva GVC, Gil ALS, Salles BF, Novaes JS*. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Physiol Funct Imaging* 2016; 36: 53-59
 30. *Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ*. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res* 2013; 27: 2914–2926

31. *Poton R, Polito MD.* Cardiovascular responses during resistance exercise with blood flow restriction. *Rev Bras Cardiol* 2014; 27: 104-110
32. *Pynt J, Higgs J, Mackey M.* Seeking the optimal posture of the seated lumbar spine. *Physiother Theory Pract* 2001; 17: 5-21
33. *Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, Bemben MG.* Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging* 2012; 32: 331-337
34. *Silva JCG, Neto GR, Freitas E, Neto E, Batista G, Torres M, Sousa MSC.* Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *J Exerc Physiol Online* 2015; 18: 33-41
35. *Sobotta J.* Atlas of human anatomy. 22 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006
36. *Sousa JBC, Neto GR, Santos HH, Araújo JP, Silva HG, Cirilo-Sousa MS.* Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biol Sport* 2017; 34: 83-90
37. *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: 107-112
38. *Takarada Y, Takazawa H, Ishii N.* Applications of vascular occlusions diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 2035-2039
39. *Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RPB, Tricoli V, Roschel HA, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MPT.* Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res* 2015; 29: 1071-1076
40. *Vilaça-Alves J, Neto GR, Morgado NM, Saavedra F, Lemos R, Moreira TR, Novaes JS, Rosa C, Reis VM.* Acute effect of resistance exercises performed

by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. *J Exerc Physiol Online* 2016; 19: 100-109

41. *Weatherholt A, Beekley M, Greer S, Urtel M, Mikesky A.* Modified Kaatsu training: adaptations and subject perceptions. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45: 952-961
42. *Wernbom M, Paulsen G, Nilsen TS, Hisdal J, Raastad T.* Contractile function and sarcolemmal permeability after acute low-load resistance exercise with blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol* 2012; 112: 2051-2063

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos pelos estudos desenvolvidos ao longo da tese, pode-se inferir que:

As formas da RFS contínua ou intermitente aumentam as medidas hemodinâmicas imediatamente após o exercício, porém com magnitudes maiores para a contínua e, ambas promovem efeitos agudos hipotensivos, fato não observado na fase crônica. Entretanto, a intermitente promove uma PSE menor. Estas alterações promovidas pelo EF de BC com RFS não parecem diferir entre idades e segmentos corporais (superior ou inferior), porém parecem ser influenciadas pela largura do manguito. Além disso, as formas da RFS não promovem dano muscular e parecem não alterar os marcadores de estresse oxidativo, gerando alterações similares nas variáveis de desempenho neuromuscular (ativação, hipertrofia, força dinâmica, força isométrica e resistência muscular). Todavia, a RFS pode apresentar maior influência nos exercícios uniarticulares. Adicionalmente, o pulso auscultatório da RFS deve ser considerado na prescrição, pois parece diferir entre as posições, sexo, membros inferiores e segmentos.

Portanto, recomenda-se que o EF de BC com RFS intermitente seja utilizado para o aumento do desempenho neuromuscular, controle, manutenção e/ou segurança das medidas bioquímicas e hemodinâmicas como uma intervenção não medicamentosa para sujeitos iniciantes, normotensos e recreacionalmente treinados. Isto pode ocorrer devido a RFS intermitente promover uma percepção de esforço reduzida e elevar menos as medidas hemodinâmicas, o que pode possibilitar uma maior adesão pelos praticantes. Além disso, recomenda-se que os profissionais da área da saúde devam verificar o ponto da RFS na posição referente ao exercício que será realizado, levando em consideração o sexo, membros inferiores e segmentos corporais.

Finalmente, tornam-se relevante o desenvolvimento de novas pesquisas controladas, randomizadas e amostras maiores com objetivo de investigar as implicações do EF de BC com RFS contínua e intermitente sobre as medidas de desempenho neuromuscular, bioquímicas, hemodinâmicas e perceptivas de forma

aguda e crônica em diferentes populações utilizando metodologias similares. Além disso, investigação entre as diferentes intensidades e exercícios com e sem a RFS contínua ou intermitente também necessitam de mais estudos.

REFERÊNCIAS

AABERG, E. **Conceitos e técnicas para o treinamento resistido**. Editora Manole Ltda, 2002.

ACSM. **American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 6th ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins: 2000.

_____. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002.

_____. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

_____. **Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde**. 3ª Rio de Janeiro:Guanabara Koogan, 2011.

ARAÚJO, J. P.; RODRIGUES NETO, G.; LOENNEKE, J. P.; BEMBEN, M. G.; LAURENTINO, G.; BATISTA, G.; SILVA, J. C. G.; FREITAS, E.; CIRILO-SOUSA, M. S. The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. **AGE**, v. 37, n. 6, p. 110, 2015.

ARAÚJO, J. P.; RODRIGUES NETO, G.; SILVA, J. C. G.; SILVA, H. G.; NETO, E. A. P.; MARCONIO, J.; TORRES, V. B.; PODEROSO, R.; CIRILO-SOUSA, M. S. Does water aerobics with blood flow restriction change the body composition? **Journal of Exercise Physiologyonline**, v. 18, n. 6, p. 25-31, 2015.

ARAÚJO, J. P.; SILVA, E. D.; SILVA, J. C. G.; SOUZA, T. S. P.; LIMA, E. O.; GUERRA, I.; CIRILO-SOUSA, M. S. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. **Journal of Human Kinetics**, v. 43, n. 1, p. 79-85, 2014.

BADILLO, J. J. G.; AYESTARAN, E. G. **Fundamentos do treinamento de força**. 2ª. Porto Alegre:Artmed-Bookman, 2004.

BAZGIR, B.; VALOJERDI, M. R.; RAJABI, H.; FATHI, R.; OJAGHI, S. M.; MEYBODI, M. K. E.; RODRIGUES NETO, G.; RAHIMI, M.; ASGARI, A. Acute cardiovascular and hemodynamic responses to low intensity eccentric resistance exercise with blood flow restriction. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 4, p. e38458, 2016.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.

BJARNASON-WEHRENS, B.; MAYER-BERGER, W.; MEISTER, E. R.; BAUM, K.; HAMBRECHT, R.; GIELEN, S. Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. **European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation**, v. 11, n. 4, p. 352-361, 2004.

BRAITH, R. W.; STEWART, K. J. Resistance exercise training its role in the prevention of cardiovascular disease. **Circulation**, v. 113, n. 22, p. 2642-2650, 2006.

BRANDNER, C. R.; KIDGELL, D. J.; WARMINGTON, S. A. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 25, n. 6, p. 770-777, 2015.

CHAVES, E.; RODRIGUES NETO, G.; CIRILO-SOUSA, M. S.; MIRANDA, H.; ARAÚJO, C. O.; VIANNA, J. M.; NOVAES, G. S.; NOVAES, J. S. Effect of strength training with blood flow restriction on isometric strength during different phases of the menstrual cycle. **Medicina dello Sports**, v. 69, n. 3, p. 331-343, 2016.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M.; HOFFMAN, R. L.; WILLIAMS, P. S.; GUILER, M. K.; KNUTSON, M. J.; MCGLYNN, M. L.; KUSHNICK, M. R. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 5, p. 653-662, 2011.

CÓRDOVA, A.; NAVAS, F. J. Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 6, n. 5, p. 204-208, 2000.

COUNTS, B. R.; DANKEL, S. J.; BARNETT, B. E.; KIM, D.; MOUSER, J. G.; ALLEN, K. M.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T.; BEMBEN, M. G.; LOENNEKE, J. P. The influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation. **Muscle and Nerve**, v. 53, n. 3, p. 438-445, 2016.

DECS. **Descritores em Ciência da Saúde**. 2017. Disponível em: <http://decs.bvsalud.org>.

FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; KIM, D.; BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. Effect of different types of lower body resistance training on arterial compliance and calf blood flow. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 32, n. 1, p. 45-51, 2012.

FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; SEO, D.; LOENNEKE, J. P.; SHERK, V. D.; KIM, E.; BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 12, p. 2969-2975, 2011.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A. G.; BUCHNER, A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175-191, 2007.

FERREIRA, A. T. Fisiologia da Contração Muscular. **Anais do V Simpósio Brasileiro de Hipertermia Maligna**, v. 13, n. 3, p. 60-62, 2005.

FIGUEROA, A.; VICIL, F. Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 3, p. 431-436, 2011.

FITSCHEN, P. J.; KISTLER, B. M.; JEONG, J. H.; CHUNG, H. R.; WU, P. T.; WALSH, M. J.; WILUND, K. R. Perceptual effects and efficacy of intermittent or

continuous blood flow restriction resistance training. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 34, n. 5, p. 356-363, 2014.

FRISANCHO, A. R. Triceps skin fold and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 27, n. 10, p. 1052-1058, 1974.

_____. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, n. 11, p. 2540-2545, 1981.

FUJITA, S.; ABE, T.; DRUMMOND, M. J.; CADENAS, J. G.; DREYER, H. C.; SATO, Y.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 3, p. 903-910, 2007.

GARTEN, R. S.; GOLDFARB, A.; CRABB, B.; WALLER, J. The impact of partial vascular occlusion on oxidative stress markers during resistance exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 7, p. 542-549, 2015.

GENTIL, P.; FISCHER, B.; MARTORELLI, A. S.; LIMA, R. M.; BOTTARO, M. Effects of equal-volume resistance training performed one or two times a week in upper body muscle size and strength of untrained young men. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 55, n. 3, p. 144-149, 2015.

GENTIL, P.; OLIVEIRA, E.; FONTANA, K.; MOLINA, G.; OLIVEIRA, R. J.; BOTTARO, M. Efeitos agudos de vários métodos de treinamento de força no lactato sanguíneo e características de cargas em homens treinados recreacionalmente. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 303-307, 2006.

GIL, A. L. S.; RODRIGUES NETO, G.; CIRILO-SOUSA, M. S.; DIAS, I.; VIANNA, J.; NUNES, R. A. M.; NOVAES, J. S. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 2, p. 221-228, 2017.

GOLDFARB, A. H.; GARTEN, R. S.; CHEE, P. D. M.; CHO, C.; REEVES, G. V.; HOLLANDER, D. B.; THOMAS, C.; ABOUDEHEN, K. S.; FRANCOIS, M.;

KRAEMER, R. R. Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: influence of partial vascular occlusion. **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 5, p. 813-819, 2008.

GOTO, K.; ISHII, N.; KIZUKA, T.; TAKAMATSU, K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 6, p. 955, 2005.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.

HOLLANDER, D. B.; REEVES, G. V.; CLAVIER, J. D.; FRANCOIS, M. R.; THOMAS, C.; KRAEMER, R. R. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 1, p. 235-243, 2010.

KACIN, A.; STRAZAR, K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 6, p. 231-241, 2011.

KARABULUT, M.; SHERK, V. D.; BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. Inflammation marker, damage marker and anabolic hormone responses to resistance training with vascular restriction in older males. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 33, n. 5, p. 393-399, 2013.

KUIPERS, H. Exercise-induced muscle damage. **International Journal of Sports Medicine**, v. 15, n. 03, p. 132-135, 1994.

KUMAGAI, K.; KUROBE, K.; ZHONG, H.; LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; OGITA, F.; ABE, T. Cardiovascular drift during low intensity exercise with leg blood flow restriction. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 99, n. 4, p. 392-399, 2012.

LAMAS, L.; DREZNER, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Efeito de dois métodos de treinamento no desenvolvimento da força máxima e da potência

muscular de membros inferiores. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 22, n. 3, p. 235-245, 2008.

LARKIN, K. A.; MACNEIL, R. G.; DIRAIN, M.; SANDESARA, B.; MANINI, T. M.; BUFORD, T. W. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 11, p. 2077, 2012.

LAURENTINO, G.; UGRINOWITSCH, C.; AIHARA, A. Y.; FERNANDES, A. R.; PARCELL, A. C.; RICARD, M.; TRICOLI, V. Effects of strength training and vascular occlusion. **International Journal Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 664-667, 2008.

LAURENTINO, G. C.; UGRINOWITSCH, C.; ROSCHEL, H.; AOKI, M. S.; SOARES, A. G.; M., N. J.; AIHARA, A. Y.; ROCHA, C. F. A.; TRICOLI, V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 3, p. 406-412, 2012.

LOENNEKE, J. P.; BALAPUR, A.; THROWER, A. D.; BARNES, J. T.; PUJOL, T. J. The perceptual responses to occluded exercise. **International Journal Sports Medicine**, v. 32, n. 3, p. 181-184, 2011.

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

LOENNEKE, J. P.; KIM, D.; FAHS, C. A.; THIEBAUD, R. S.; ABE, T.; LARSON, R. D.; BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. Effects of exercise with and without different degrees of blood flow restriction on torque and muscle activation. **Muscle and Nerve**, v. 51, n. 5, p. 713-721, 2015.

LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; FAHS, C. A.; ROSSOW, L. M.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. Blood flow restriction does not result in prolonged decrements in torque. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 4, p. 923-931, 2013.

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

LOENNEKE, J. P.; WILSON, J. M.; BALAPUR, A.; THROWER, A. D.; BARNES, J. T.; PUJOL, T. J. Time under tension decreased with blood flow-restricted exercise. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 32, n. 4, p. 268-273, 2012a.

LOENNEKE, J. P.; WILSON, J. M.; MARÍN, P. J.; ZOURDOS, M. C.; BEMBEN, M. G. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 5, p. 1849-1859, 2012b.

MADARAME, H.; KURANO, M.; FUKUMURA, K.; FUKUDA, T.; NAKAJIMA, T. Haemostatic and inflammatory responses to blood flow-restricted exercise in patients with ischaemic heart disease: a pilot study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 33, n. 1, p. 11-17, 2013.

MAIOR, A. S.; SIMÃO, R.; ROCHA, M. M. S.; FREITAS, S. B.; WILLARDSON, J. M. Influence of blood flow restriction during low-intensity resistance exercise on the post-exercise hypotensive response. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2894-2899, 2015.

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

MARQUES, A. T.; ANDRADE, P. S. E.; OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. P.; AZEVEDO, P. H. S. M.; DEMAMPRA, T. H.; BALDISSERA, V.; BÜRGER-MENDONÇA, M. Efeito de 4 semanas de treinamento resistido de alta intensidade e baixo volume na força máxima, endurance muscular e composição corporal de mulheres moderadamente treinadas. **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. 1, n. 3, p. 76-85, 2007.

MENDONCA, G. V.; VAZ, J. R.; TEIXEIRA, M. S.; GRÁCIO, T.; PEZARAT-CORREIA, P. Metabolic cost of locomotion during treadmill walking with blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 34, n. 4, p. 308-316, 2013.

MESH. **Medical Subject Headings**. 2017.

MORAES, R. S.; NÓBREGA, A. C. L.; CASTRO, R. R. T.; NEGRÃO, C. E.; STEIN, R.; SERRA, S. M. Diretriz de reabilitação cardíaca. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 84, n. 5, p. 431-440, 2005.

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

NOSAKA, K.; CLARKSON, P. M. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1263-1269, 1995.

OKUNO, N. M.; PEDRO, R. E.; LEICHT, A. S.; RAMOS, P. S.; NAKAMURA, F. Y. Cardiac autonomic recovery after a single session of resistance exercise with and without vascular occlusion. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 9, p. 1143-1150, 2014.

OZAKI, H.; YASUDA, T.; OGASAWARA, R.; SAKAMAKI-SUNAGA, M.; NAITO, H.; ABE, T. Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 1, p. 167-174, 2013.

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

PICKERING, T. G.; HALL, J. E.; APPEL, L. J.; FALKNER, B. E.; GRAVES, J.; HILL, M. N.; JONES, D. W.; KURTZ, T.; SHEPS, S. G.; ROCCELLA, E. J. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. **Circulation**, v. 111, n. 5, p. 697-716, 2005.

PIERCE, J. R.; CLARK, B. C.; PLOUTZ-SNYDER, L. L.; KANALEY, J. A. Growth hormone and muscle function responses to skeletal muscle ischemia. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 6, p. 1588-1595, 2006.

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J. M.; SCHOENFELD, B. J. Exercise And Blood Flow Restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2914–2926, 2013.

POTON, R.; POLITO, M. D. Cardiovascular responses during resistance exercise with blood flow restriction. **Revista Brasileira de Cardiologia**, v. 27, n. 2, p. 104-110, 2014.

_____. Hemodynamics responses during lower-limb resistance exercise with blood flow restriction in healthy subjects. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 55, n. 12, p. 1571-1577, 2015.

_____. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 3, p. 231-236, 2016.

REEVES, G. V.; KRAEMER, R. R.; HOLLANDER, D. B.; CLAVIER, J.; THOMAS, C.; FRANCOIS, M.; CASTRACANE, V. D. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 6, p. 1616-1622, 2006.

RHEA, M. R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 918-920, 2004.

ROBERTSON, R. J.; GOSS, F. L.; RUTKOWSKI, J.; LENZ, B.; DIXON, C.; TIMMER, J.; FRAZEE, K.; DUBE, J.; ANDREACCI, J. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 2, p. 333-341, 2003.

RODRIGUES NETO, G.; CIRILO-SOUSA, M. S.; COSTA, P. B.; SALLES, B. F.; NOVAES, G. S.; NOVAES, J. S. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1064-1070, 2015.

RODRIGUES NETO, G.; CIRILO-SOUSA, M. S.; SILVA, G. V. C.; GIL, A. L. S.; SALLES, B. F.; NOVAES, J. S. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 1, p. 53-59, 2016a.

RODRIGUES NETO, G.; NOVAES, J. S.; DIAS, I.; BROWN, A.; VIANNA, J.; CIRILO-SOUSA, M. S. Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, p. doi: 10.1111/cpf.12368, 2016b.

RODRIGUES NETO, G.; NOVAES, J. S.; GONÇALVES, M.; BATISTA, G. R.; MENDONÇA, R. M. S. C.; MIRANDA, H. L.; NOVAES, G. S.; CIRILO-SOUSA, M. S. Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. **Motriz: Journal Physical Education**, v. 22, n. 3, p. 198-204, 2016c.

RODRIGUES NETO, G.; NOVAES, J. S.; SALERNO, V. P.; GONÇALVES, M. M.; BATISTA, G. R.; CIRILO-SOUSA, M. S. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? . **Journal of Sports Sciences**, v. 31, p. 1-7, 2017a.

RODRIGUES NETO, G.; NOVAES, J. S.; SALERNO, V. P.; GONÇALVES, M. M.; PIAZERA, B. K. L.; RODRIGUES-RODRIGUES, T.; CIRILO-SOUSA, M. S. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 1, p. 0031512516677900, 2017b.

RODRIGUES NETO, G.; SANTOS, H. H.; SOUSA, J. B. C.; JÚNIOR, A. T. A.; ARAÚJO, J. P.; ANICETO, R. R.; CIRILO-SOUSA, M. S. Effects of high-intensity blood flow restriction exercise on muscle fatigue. **Journal of Human Kinetics**, v. 41, n. 1, p. 163-172, 2014.

ROSSOW, L. M.; FAHS, C. A.; LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; SHERK, V. D.; ABE, T.; BEMBEN, M. G. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 32, n. 5, p. 331-337, 2012.

ROSSOW, L. M.; FAHS, C. A.; SHERK, V. D.; SEO, D.; BEMBEN, D. A.; BEMBEN, M. G. The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 31, n. 6, p. 429-434, 2011.

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

SCHOENFELD, B. J.; WILSON, J. M.; LOWERY, R. P.; KRIEGER, J. W. Muscular adaptations in low-versus high-load resistance training: a meta-analysis. **European Journal of Sport Science**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2016.

SCOTT, B. R.; LOENNEKE, J. P.; SLATTERY, K. M.; DASCOMBE, B. J. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. **Sports Medicine**, v. 45, n. 3, p. 313-325, 2015.

SHEPHARD, R. J. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. **Sports Medicine**, v. 5, n. 3, p. 185-195, 1988.

SILVA, J. C. G.; RODRIGUES NETO, G.; FREITAS, E.; NETO, E.; BATISTA, G.; TORRES, M.; CIRILO-SOUSA, M. S. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. **Journal of Exercise Physiologyonline**, v. 18, n. 4, p. 33-41, 2015.

SIMÃO, R.; FIGUEIREDO, T.; LEITE, R. D.; JANSEN, A.; WILLARDSON, J. M. Influence of exercise order on repetition performance during low-intensity resistance exercise. **Research in Sports Medicine** v. 20, n. 3-4, p. 263-273, 2012.

SOUSA, J. B. C.; RODRIGUES NETO, G.; SANTOS, H. H.; ARAÚJO, J. P.; SILVA, H. G.; CIRILO-SOUSA, M. S. Effects of strength training with blood flow restriction on

torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. **Biology of Sport**, v. 34, n. 1, p. 83-90, 2017.

SOUSA, V. D.; DRIESSNACK, M.; MENDES, I. A. C. An overview of research designs relevant to nursing: Part 1: quantitative research designs. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 502-507, 2007.

SUGA, T.; OKITA, K.; MORITA, N.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; HORIUCHI, M.; TAKADA, S.; OMOKAWA, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 6, p. 1563-1567, 2010.

SUGA, T.; OKITA, K.; TAKADA, S.; OMOKAWA, M.; KADOGUCHI, T.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; TAKAHASHI, M.; MORITA, N.; HORIUCHI, M. Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 11, p. 3915-3920, 2012.

SUMIDE, T.; SAKURABA, K.; SAWAKI, K.; OHMURA, H.; TAMURA, Y. Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 107-112, 2009.

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

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

TAKARADA, Y.; SATO, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 4, p. 308-314, 2002.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; SATO, Y.; TAKEBAYASHI, S.; TANAKA, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 2097, 2000b.

THIEBAUD, R.; LOENNEKE, J. P.; FAHS, C. A.; KIM, D.; YE, X.; ABE, T.; NOSAKA, K.; BEMBEN, M. G. Muscle damage after low-intensity eccentric contractions with blood flow restriction. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 101, n. 2, p. 150-157, 2014.

THIEBAUD, R. S.; YASUDA, T.; LOENNEKE, J. P.; ABE, T. Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage. **Interventional Medicine and Applied Science**, v. 5, n. 2, p. 53-59, 2013.

UMBEL, J. D.; HOFFMAN, R. L.; DEARTH, D. J.; CHLEBOUN, G. S.; MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 6, p. 687-695, 2009.

UMPIERRE, D.; STEIN, R. Efeitos hemodinâmicos e vasculares do treinamento resistido: implicações na doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 89, n. 4, p. 256-262, 2007.

VECHIN, F. C.; LIBARDI, C. A.; CONCEIÇÃO, M. S.; DAMAS, F. R.; LIXANDRÃO, M. E.; BERTON, R. P. B.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H. A.; CAVAGLIERI, C. R.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1071-1076, 2015.

VIEIRA, A.; GADELHA, A. B.; FERREIRA, J. J. B.; VIEIRA, C. A.; MELO, K. V. K. S. E.; CADORE, E. L.; WAGNER, D. R.; BOTTARO, M. Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 5, p. 323-327, 2015.

VIEIRA, P. J. C.; CHIAPPA, G. R.; UMPIERRE, D.; STEIN, R.; RIBEIRO, J. P. Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2288-2294, 2013.

VILAÇA-ALVES, J.; RODRIGUES NETO, G.; MORGADO, N. M.; SAAVEDRA, F.; LEMOS, R.; MOREIRA, T. R.; NOVAES, J. S.; ROSA, C.; REIS, V. M. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. **Journal of Exercise Physiologyonline**, v. 19, n. 3, p. 100-109, 2016.

WERNBOM, M.; JÄRREBRING, R.; ANDREASSON, M. A.; AUGUSTSSON, J. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2389-2395, 2009.

WERNBOM, M.; PAULSEN, G.; NILSEN, T. S.; HISDAL, J.; RAASTAD, T. Contractile function and sarcolemmal permeability after acute low-load resistance exercise with blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 6, p. 2051-2063, 2012.

WILSON, J. M.; LOWERY, R. P.; JOY, J. M.; LOENNEKE, J. P.; NAIMO, M. A. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3068-3075, 2013.

YASUDA, T.; LOENNEKE, J. P.; OGASAWARA, R.; ABE, T. Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 100, n. 4, p. 419-426, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Esta pesquisa intitula-se EFEITO DO EXERCÍCIO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO CONTÍNUA E INTERMITENTE SOBRE O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR, ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS, HEMODINÂMICAS E PERCEPTIVAS EM HOMENS foi desenvolvida sob a orientação da professora Dr^a Maria do Socorro Cirilo de Sousa. O objetivo do estudo é analisar o efeito de diferentes tipos e intensidades do exercício resistido (20% 1RM e 80% 1RM) e do exercício resistido combinado com a restrição de fluxo sanguíneo contínua e intermitente (20% 1RM) na ativação, força e resistência muscular, nos marcadores de estresse oxidativo e de dano muscular, na pressão arterial (PA), na frequência cardíaca (FC), duplo produto (DP) e percepção subjetiva de esforço (PSE). A finalidade deste trabalho é favorecer para a sociedade informações inerentes a ativação, força e resistência muscular, marcadores de estresse oxidativo e de dano muscular, PA, FC, DP e PSE após os exercícios com pesos. A sua participação na pesquisa é voluntária e, portanto, a você não é obrigada a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelos pesquisadores. Serão realizadas avaliações neuromusculares, cineantropométricas e hemodinâmicas.

As informações aqui solicitadas deverão ser respondidas com total veracidade e de forma voluntária e serão codificadas e apresentadas como trabalho de pesquisa e em eventos científicos, mantendo o sigilo e a integridade física e moral do indivíduo. A aplicação consiste em: responder questionários com perguntas fechadas sobre aspectos relacionados à saúde, testes neuromusculares, mantendo a integridade física e moral, sem causar desconforto físico, propondo melhores níveis de qualidade de vida e saúde. Não haverá nenhum ônus para o participante e nos casos que sejam diagnosticados doenças ou situações que demonstrem a necessidade de atendimento específico, não serão de responsabilidade dos pesquisadores e bolsistas, os custos com o tratamento. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa. Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e

dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Diante do exposto, eu, _____ declaro que fui devidamente esclarecido e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

João Pessoa, ____/____/____

Assinatura do Participante da Pesquisa ou Responsável Legal



Assinatura da testemunha para analfabeto

IMPRESSÃO DO POLEGAR DIREITO EM CASO DE ANALFABETO

Contato com o Pesquisador (a) Responsável: Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o pesquisador Prof. Gabriel Rodrigues Neto. Endereço: Drº Ephigênio Barbosa da Silva, 191, Bancários, Edf. Luiza Carolina, Apt: 203, João Pessoa – PB, Telefone: (83) 99612 -2726

ANEXOS

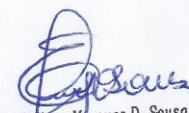
ANEXO A: COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CERTIDÃO

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou por unanimidade na 9ª Reunião realizada no dia 17/09/2013, o projeto de pesquisa intitulado: “EFEITO AGUDO E CRÔNICO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DE PRESCRIÇÃO DO TREINAMENTO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE AS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS, NEUROMUSCULARES E NEUROMOTORAS EM DIFERENTES POPULAÇÕES” do Pesquisador Gabriel Rodrigues Neto. Prot. nº 0476/13. CAAE: 20355013.2.0000.5188.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à apresentação do resumo do estudo proposto à apreciação do Comitê.


Drª Eliane Marques D. Sousa
Coordenadora CEP/CCS/UFPB
Mat. SIAPE: 0332618

**ANEXO B: QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PREVENTIVO PARA REALIZAR
EXERCÍCIO FÍSICO (PAR-Q) TESTE**

1. Algum médico já disse que você tem problemas de coração e que só deveria fazer atividades físicas com orientação médica?	☐ sim	☐ não
2. Você sente dores no peito quando pratica atividade física?	☐ sim	☐ não
3. No último mês, você teve dores no peito sem que estivesse fazendo atividade física?	☐ sim	☐ não
4. Você perde o equilíbrio quando sente tonturas ou alguma vez perdeu os sentidos (desmaiou)?	☐ sim	☐ não
5. Você tem algum problema nas articulações ou nos ossos que poderia piorar se praticar mais atividades físicas?	☐ sim	☐ não
6. Você toma algum remédio para pressão alta ou problemas cardíacos?	☐ sim	☐ não
7. Existe qualquer razão pela qual você deveria evitar atividades físicas?	☐ sim	☐ não

QUESTÕES 1; 3; 6 **SIM** = PRONTIDÃO COMPROMETIDA;

QUESTÕES 2; 4; 5 E 7 **SIM** = PRONTIDÃO LIMITADA;

QUESTÕES DE 1 A 7 **NÃO** = PRONTIDÃO PARA O EXERCÍCIO IMEDIATA.

SOUSA, M. S. C. **Treinamento físico individualizado (Personal training): abordagem nas diferentes faixas etárias, situações especiais e avaliação física.** Editora universitária, 2008.

SHEPHARD, R. J. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. **Sports Medicine**, v. 5, n. 3, p. 185-195, 1988.

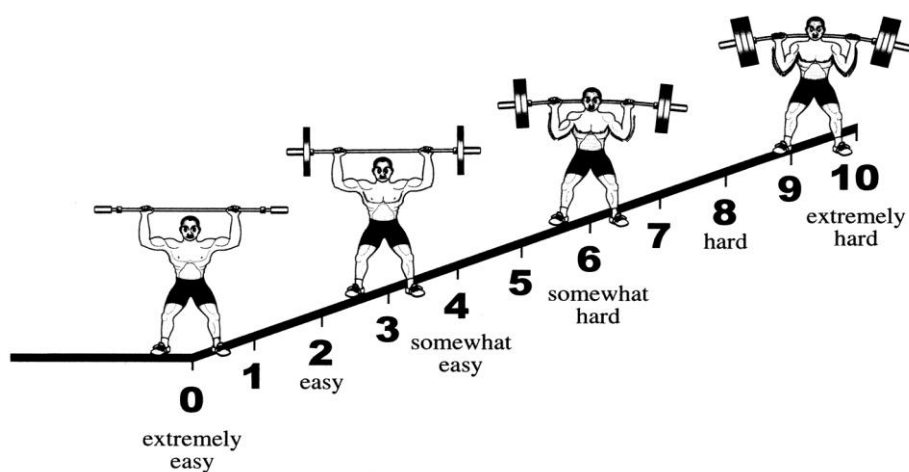
ANEXO C: PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE) OMNI-RES

Avalia, segundo a escala OMNI-RES, o esforço exercido durante toda a sessão que acabaste de concluir, em relação:

a) Aos músculos em utilização _____

b) Ao teu corpo em geral _____

ESCALA OMNI-RES



clab 006

ROBERTSON, R. J.; GOSS, F. L.; RUTKOWSKI, J.; LENZ, B.; DIXON, C.; TIMMER, J.; FRAZEE, K.; DUBE, J.; ANDREACCI, J. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 2, p. 333-341, 2003

ANEXO D: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 1

Clin Physiol Funct Imaging (2016)

doi: 10.1111/cpf.12368

REVIEW ARTICLE

Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review

Gabriel R. Neto^{1,2,3}, Jefferson S. Novaes², Ingrid Dias⁴, Amanda Brown², Jeferson Vianna⁵ and Maria S. Cirilo-Sousa^{1,3}

¹Associated Graduate Program in Physical Education, University of Pernambuco/Federal University of Paraíba (UPE/UFPB), João Pessoa, ²Graduate Program in Physical Education, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, ³Kinanthropometry and Human Performance Laboratory (UFPB), João Pessoa, ⁴Graduate Program in Internal Medicine, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, and ⁵Graduate Program in Physical Education, Federal University of Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Brazil

Summary

Correspondence

Gabriel Rodrigues Neto, Department of Physical Education, Associate Graduate Program in Physical Education UPE / UFPB, Federal University of Paraíba, University City, Research Center for Human Movement Sciences, Kinanthropometry Laboratory, Room 06 and 08, Castelo Branco, João Pessoa 58051-900, Brazil
E-mail: gabrielrodrigues_1988@hotmail.com

Accepted for publication

Received 16 July 2015;
accepted 22 March 2016

Key words

haemodynamics; ischaemia; KAATSU; strength training; vascular occlusion

This study systematically reviewed the available scientific evidence on the changes promoted by low-intensity (LI) resistance training (RT) combined with blood flow restriction (BFR) on blood pressure (BP), heart rate (HR) and rate-pressure product (RPP). Searches were performed in databases (PubMed, Web of ScienceTM, Scopus and Google Scholar), for the period from January 1990 to May 2015. The study analysis was conducted through a critical review of contents. Of the 1 112 articles identified, 1 091 were excluded and 21 met the selection criteria, including 16 articles evaluating BP, 19 articles evaluating HR and four articles evaluating RPP. Divergent results were found when comparing the LI protocols with BFR versus LI versus high intensity (HI) on BP, HR and RPP. The evidence shows that the protocols using continuous BFR following a LIRT session apparently raise HR, BP and RPP compared with LI protocols without BFR, although increases significantly in BP seem to exist between the HI protocols when compared to LI protocols. Haemodynamic changes (HR, SBP, DBP, MBP, RPP) promoted by LIRT with BFR do not seem to differ between ages and body segments (upper or lower), although they are apparently affected by the width of the cuff and are higher with continuous BFR. However, these changes are within the normal range, rendering this method safe and feasible for special populations.

Introduction

Until 1990s, there were no specific recommendations for progression models in resistance training (RT) (Umpierre & Stein, 2007). However, cardiovascular responses to RT were already discussed in the 1960s (Humphreys & Lind, 1963; Lind & McNicol, 1967). In recent years, RT started to be considered a primary and secondary prevention strategy of different heart diseases, acting positively on cardiovascular risk factors (Bjarnason-Wehrens et al., 2004; Moraes et al., 2005; Braith & Stewart, 2006; Bentes et al., 2015).

The American College of Sports Medicine recommends performing RT with intensities greater than or equal to 70% of one repetition maximum (1RM) to promote strength gains and hypertrophy (ACSM, 2009). However, RT performed at high intensity (HI) may not be viable for people recovering

from orthopaedic injuries, for people with some chronic diseases and for the elderly. These individuals may be unable to tolerate an excessive mechanical stress and the associated metabolic changes. Thus, healthcare professionals have sought lower-intensity alternatives for such individuals.

The Japanese developed a low-intensity (LI) RT method (20–50% 1RM) with blood flow restriction (BFR) or KAATSU training for that purpose almost 50 years ago. This method has been proposed for individuals who do not tolerate high 1RM loads (>70% 1RM), including injured athletes, patients undergoing cardiac rehabilitation (Takano et al., 2005) or following surgery of the anterior cruciate ligaments (Takarada et al., 2000; Ohta et al., 2003) and the elderly (Patterson & Ferguson, 2011; Libardi et al., 2015; Vechin et al., 2015), acting positively on muscle atrophy by promoting greater muscle activation. LIRT combined with BFR has also been used to

increase strength (Takarada et al., 2002; Laurentino et al., 2012; Silva et al., 2015), muscle hypertrophy (Takarada et al., 2002; Abe et al., 2010; Laurentino et al., 2012), localized muscle resistance (Takarada et al., 2002; Kacin & Strazar, 2011; Gil et al., 2015) and cardiorespiratory endurance (Abe et al., 2010; Park et al., 2010).

A review of the relevant literature showed that some studies evaluated the acute effects of RT with BFR on physiological variables, including systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean blood pressure (MBP), heart rate (HR) and rate-pressure product (RPP) (Kacin & Strazar, 2011; Loenneke et al., 2012; Vieira et al., 2013; Araújo et al., 2014; Okuno et al., 2014; Neto et al., 2015; Neto et al., 2016). However, a consensus establishing the real effectiveness of this type of intervention on the changes promoted by RT with BFR in haemodynamics has yet to be reached. Therefore, this review aimed to systematize the available scientific evidence on the changes (acute or chronic) promoted by LIRT combined with BFR on SBP, DBP, MBP, HR and RPP.

Methods

The online databases National Library of Medicine (PubMed), Web of Science™, Scopus and Google Scholar were used to identify the articles to be included in the study, considering the period from January 1990 to May 2015. The selection process of studies is outlined in Figure 1.

The following English keywords/terms/operators were used to perform the searches: ('resistance training' OR 'strength

training') AND ('vascular occlusion' OR 'blood flow restriction' OR 'kaatsu') AND ('hemodynamic' OR 'blood pressure' OR 'heart rate'). Furthermore, the following inclusion criteria were adopted: original research articles developed with humans, published in journals indexed in the databases used, samples with an age range of 18–70 years, and that assessed the acute and chronic changes promoted by LIRT combined with BFR. Review articles, articles using protocols with isometric exercises, walking, cycling, treadmill and protocols without exercise, along with comments/expert opinions, chapters or books, validation studies, monographs, dissertations and theses, were excluded from the analysis.

Two researchers conducted the search independently and blinded, their findings were subsequently compared, and any disagreements were solved by consensus with the help of a third reviewer. The titles and abstracts of the articles identified were read to perform the screening. Thus, studies whose titles and abstracts included sufficient information were retrieved. All articles were read in full. A review of the references of those articles was performed for identifying any potentially relevant studies that had not been previously identified during the online search.

This study was conducted according to standardization of PRISMA scale (Liberati et al., 2009). Data analysis was conducted based on a critical review of content, using the following criteria: title, abstract, rationale, objectives, protocol, risk of bias across studies, study characteristics, results of individual studies, limitations and conclusions.

Results

The summary of the results of the articles was performed based on a structured questionnaire that considered the following components: (i) study author (year), (ii) subjects, (iii) variable, (iv) training protocol, (v) intensity, (vi) training volume, (vii) interval between sets, (viii) BFR pressure during training, (ix) duration of BFR, (x) width of the cuff and (xi) main results.

Of the 1 112 articles identified, 1 076 (96.7%) were excluded based on the title and abstract; thus, 36 articles were selected for full-text reading. Finally, 21 articles were selected after applying the eligibility criteria. This process was performed based on the analysis of the methodological quality of studies. We performed a systematic assessment of changes promoted by LIRT combined with BFR on blood pressure (BP – SBP, DBP, MBP), HR and RPP (Fig. 1).

Assessment of the 21 articles revealed that 14 articles evaluated the acute (Takano et al., 2005; Fahs et al., 2011; Figueroa & Vicil, 2011; Kacin & Strazar, 2011; Rossow et al., 2011, 2012; Vieira et al., 2013; Araújo et al., 2014; Brandner et al., 2015; Poton & Polito, 2014a,b, 2015; Maior et al., 2015; Neto et al., 2015) and two chronic effects of LIRT with BFR on BP and HR (Fahs et al., 2012; Ozaki et al., 2013), two articles on HR and RPP (Poton & Polito, 2014b; Neto et al., 2016), four articles exclusively on HR (Hollander et al., 2010; Loenneke

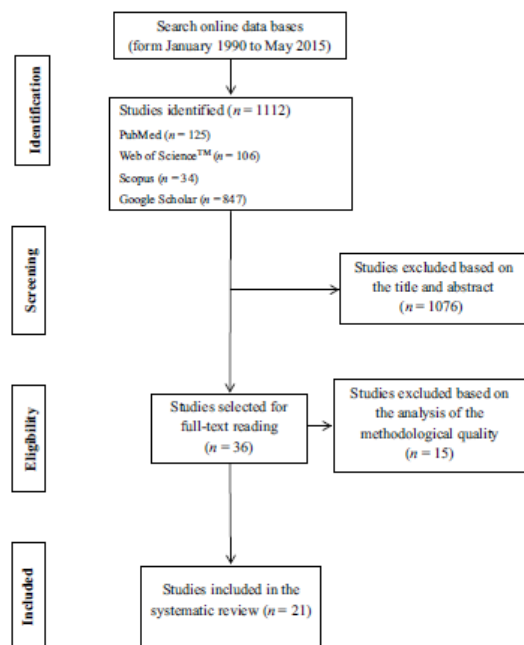


Figure 1 Flow chart of the study selection process.

et al., 2010a; Vieira et al., 2013; Okuno et al., 2014) and four articles on RPP (Vieira et al., 2013; Brandner et al., 2015; Poton & Polito, 2014b; Neto et al., 2016). Table 1 presents a summary of the selected manuscripts conducted based on the categories established in the structured questionnaire.

Blood pressure

The following results on BP were found in this review: three studies reported that LIRT sessions (20–40% 1RM) combined with BFR resulted in a significant increase compared with LI protocols without BFR (Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013; Poton & Polito, 2014a) and to moderate-intensity protocols (Araújo et al., 2014). However, Kacin & Strazar (2011) reported significant increases with LI without BFR compared to LI with BFR. The studies conducted by Figueroa & Vicil (2011), Fahs et al. (2012) and Ozaki et al. (2013) found no significant differences between the protocols with and without BFR. The study conducted by Rossow et al. (2012) observed a significant increase following the use of different cuff widths. Two studies reported a significant increase with the HI protocol compared with the LI protocol with or without BFR (Poton & Polito, 2014b, 2015). However, three studies observed hypotensive responses following LIRT with BFR (Araújo et al., 2014; Maior et al., 2015; Neto et al., 2015), although three studies found divergent data (Fahs et al., 2011; Rossow et al., 2011; Brandner et al., 2015). The increases in SBP and MBP were higher when using intermittent BFR compared with continuous BFR (Brandner et al., 2015).

Heart rate

In the HR analysis, four articles reported increases with the LI protocol with BFR compared with the LI without BFR and/or HI (Takano et al., 2005; Loenneke et al., 2010a; Vieira et al., 2013; Poton & Polito, 2014a), although the study conducted by Kacin & Strazar (2011) found a significant increase with LI without BFR compared to LI with BFR. Six studies reported increases with the HI protocol compared with LI protocols with or without BFR (Fahs et al., 2011; Rossow et al., 2011; Brandner et al., 2015; Okuno et al., 2014; Poton & Polito, 2014b, 2015). Seven studies found no significant differences between protocols or groups (Figueroa & Vicil, 2011; Fahs et al., 2012; Loenneke et al., 2012; Araújo et al., 2014; Neto et al., 2016). In addition, when analysing cuff width, it was shown that the large model (13.5 cm) may negatively affect HR (Rossow et al., 2012). The increase in HR was higher when using intermittent BFR compared with continuous BFR (Brandner et al., 2015).

Rate-pressure product

The RPP analysis showed that the LI protocol with BFR increased RPP compared to LI without BFR, albeit without significant differences between young people and the elderly

(Vieira et al., 2013). However, the study conducted by Neto et al., (2016) detected no significant differences between the protocols. Conversely, the study conducted by Poton & Polito (2014b) found that the HI protocol significantly increased RPP immediately following the second set, and Brandner et al. (2015) reported significant increases with HI compared to LI without BFR in the fourth set.

Exercises, sample, gender and standard used in selected studies

Also noteworthy is the type of exercises used: 57.1% of the studies used lower limb exercises, 23.8% used upper limb exercises, and only 19.0% used exercises for both upper and lower limbs. Considering that sample size and gender may be key criteria in the studies, the review revealed that the sample sizes were small, ranging from seven to 46 subjects. However, the sample in 57% of these articles ranged from seven to 15 subjects. There was a greater predominance of male subjects (66.6% were exclusively men, 28.5% were men and women, and 4.7% were exclusively women). The lack of a training standard was also noted regarding the protocols used (i.e. mode of training, training speed, assessment of exercise pressure, cuff width and duration of BFR application); the standards were apparently established according to the methodological criteria of the researchers and may lead to different responses.

Discussion

This study reviewed the available scientific evidence on the changes promoted by LIRT combined with BFR on SBP, DBP, MBP, HR and RPP. Thus, some studies showed that LIRT with continuous BFR leads to higher HR, SBP, DBP and MBP values than LI protocols without BFR (Takano et al., 2005; Loenneke et al., 2010a; Vieira et al., 2013; Poton & Polito, 2014a). The analysis of the methodology and results of these indicated that these changes may occur even when training is performed using different body parts (upper and lower) if the total volume of exercises is similar. However, these findings contradict Kacin & Strazar (2011), who observed significant increases in HR, SBP, DBP and MBP for the protocol without BFR when compared with BFR. This discrepancy may be explained according to the method used because these authors used a dynamometer at only 15% maximal voluntary muscle contraction (MVC) and standardized the exercise until exhaustion. This method might have promoted a more rapid muscle fatigue for the protocol with BFR. Therefore, the protocol without BFR might have shown a higher volume of work, thus explaining the increase in haemodynamic parameters.

The studies conducted by Figueroa & Vicil (2011), Fahs et al. (2012), Ozaki et al. (2013) and Neto et al., (2016) reported no significant differences in HR, SBP, DBP and MBP between the protocols or groups with and without BFR. These

4 Blood flow restriction on haemodynamics, G. R. Neto et al.

Table 1 Summary of results from the studies that evaluated the effects of resistance training combined with BFR on (systolic, diastolic and mean) blood pressure, HR and RPP.

Author (year)	Subjects	Training protocol				Training volume				PADE (mmHg)	BFR between sets	CW (cm)	Results
		EX	MT	TS	Intensity	Sets	Repetitions	Interval					
Takano et al. (2005)	11 men	KE	Bilateral	–	20% 1RM	BFR = 4	30 × 15 × 15 × 15	20 s	SBP × 1.3	Yes	3-3	LI + BFR ↑ the HR, SBP, DBP and MBP	
	7 men	AF	Unilateral	1 rep/s	30% 1RM	BFR = 3	Exhaustion	60 s	<20 and >20 SBP	Yes	–	No significant differences between LI + BFR versus HI	
Loenneke et al. (2010a)	12 men and women	KE	Bilateral	1 s con 1 s exc	30% 1RM	BFR = 4 LI = 4	30 × 15 × 15 × 15	150 s	Rubber bands	Yes	7-6	LI + BFR ↑ the HR	
Fahs et al. (2011)	11 men	LP, KE, KF, LP	–	–	20% 1RM	BFR = 4 LI = 4 HI = 3	30 × 15 × 15 × 15	30 s	120–200	Yes	5-0	HI ↑ HR higher than LI + BFR and LI, albeit with reduced SBP, DBP and MBP compared to LI + BFR and LI	
	10 men	LP, KE, KF, LP	Unilateral	1 s con 1 s exc	20% 1RM	BFR = 4 LI = 4 HI = 3	30 × 15 × 15 × 15	60 s	100	No	–	No significant differences	
Figuerola & Viced (2011)	11 men and 12 women	KE, KF	Bilateral	2 s con 3 s exc	40% 1RM	BFR = 3 LI = 3	Exhaustion	60 s	≥230	No	13-0	LI without BFR ↑ HR, SBP, DBP and MBP	
	10 men	KE	Unilateral	1 s con 1 s exc	15% MVC	BFR = 4 LI = 4	Exhaustion and Submaximal exercises	120 s	200	No	5-0	HI ↑ HR until 60 min and ↓ SBP and MBP at 60 min	
Szazar (2011)	10 men	LP, KE, KF, LP	–	–	20% 1RM	BFR = 4 LI = 4 HI = 3	30 × 15 × 15 × 15	30 s	160–200	Yes	5-0	No significant differences in HR, SBP, DBP and MBP between the groups after 6 weeks of training	
Rosow et al. (2011)	46 men	LP, SBP, AF, AE, KE, KF	–	–	Upper body 50% 1RM for all groups Lower body 20% 1RM 45% 1RM 70% 1RM	BFR = 3 MI = 3 HI = 3	Upper body training with 10 repetitions for all groups	60 s	SBP × 1.3	Yes	5-0 versus 13-5	Cuff 13.5 cm ↑ the HR, SBP and DBP	
Loenneke et al. (2012)	8 men and 5 women	KE	Bilateral	1 s con 1 s exc	30% 1RM	BFR = 1 LI = 1	Exhaustion	–	Rubber bands	Yes	7-6	No significant differences	
	19 men	BP	–	–	30% 1RM 75% 1RM	BFR = 3 HI = 3	30 × 15 × 15 × 15 10 × 10 × 10	30 s 120–180 s	100–160	–	3-0	No significant differences in HR, SBP and DBP between the groups after 6 weeks of training	
Vieira et al. (2013)	15 young people and 12 elderly men	AF	Unilateral	2 s con 2 s exc	30% 1RM	BFR = 1 LI = 1	3 min 3 min	–	120	Yes	–	LI + BFR ↑ HR, SBP, DBP and MBP. No differences between ages	

Table 1 (continued)

Author (year)	Subjects	Training protocol				Training volume			PADE (mmHg)	BFR between sets	CW (cm)	Results
		EX	MT	TS	Intensity	Sets	Repetitions	Interval				
Araújo et al. (2014)	14 women	KE	Bilateral	—	30% 1RM 50% 1RM	BFR = 3 MI = 3	15 × 15 × 15 15 × 15 × 15	45 s 60 s	—	—	18-0	LI + BFR ↑ the SBP immediately postexercise compared to MI, albeit ↓ the HR, SBP, DBP, MBP and RPP immediately postexercise HI ↑ HR
Brandner et al. (2015)	12 men	HR, SBP, DBP, MBP and RPP	Unilateral	2 s con. 2 s exe	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	BFR = 4 BFR = 4 LI = 4 HI = 4	30 × 15 × 15 × 15 30 × 15 × 15 × 15 30 × 15 × 15 × 15 6-8 × 6-8 × 6-8 × 6-8	30 s 30 s 30 s 150 s	80% (91) and 130% (151) of resting SBP	Yes No	10-5 and 8-0	The four protocols ↑ the HR, SBP, DBP, MBP and RPP immediately postexercise HI ↑ HR
Okuno et al. (2014)	09 men	HR	Unilateral	—	40% 1RM 40% 1RM 80% 1RM	BFR = 5 LI = 5 HI = 5	16 × 16 × 16 × 16 + exhaustion 16 × 16 × 16 × 16 + exhaustion 8 × 8 × 8 × 8 + exhaustion	60 s 60 s 60 s	100	Yes	14-0	LI + BFR ↑ the HR, SBP and DBP in the third set compared to the LI protocol HI ↑ a HR, SBP and RPP immediately postexercise in the second set
Potom & Polito (2014)	10 men 7 women	HR, SBP and DBP	Unilateral	—	20% 1RM 20% 1RM	BFR = 3 LI = 3	15 × 15 × 15 15 × 15 × 15	45 s 45 s	200	Yes	14-5	LI + BFR ↑ the HR, SBP and DBP in the third set compared to the LI protocol HI ↑ a HR, SBP and RPP immediately postexercise in the second set
Potom & Polito (2014b)	12 men	HR, SBP, DBP and RPP	Unilateral	—	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	BFR = 3 LI = 3 HI = 3	15 × 15 × 15 15 × 15 × 15 8 × 8 × 8	45 s 45 s 60 s	167.9	Yes	18-0	LI + BFR ↑ the HR, SBP and DBP compared to the LI+BFR protocol MI ↑ the HR, SBP and DBP compared to the LI+BFR protocol
Potom & Polito (2015)	11 men 6 women	HR, SBP and DBP	Bilateral	—	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	BFR = 3 LI = 3 HI = 3	15 × 15 × 15 15 × 15 × 15 8 × 8 × 8	45 s 45 s 60 s	144.2	Yes	18-0	LI + BFR ↑ the HR, SBP and DBP compared to the LI+BFR protocol MI ↑ the HR, SBP and DBP compared to the LI+BFR protocol
Maier et al. (2015)	15 men	SBP, DBP and MBP	Bilateral	No	40% 1RM 80% 1RM	BFR = 3 HI = 3	Exhaustion Exhaustion	120 s	109.4	Yes	14-0	LI + BFR ↓ SBP, DBP and MBP LI + BFR, HI and vLI ↓
Neto et al. (2015)	24 men	SBP, DBP and MBP	Bilateral	2 s con. 2 s exe	20% 1RM 20% 1RM	BFR = 4 LI = 4 HI = 4	30 × 15 × 15 × 15 30 × 15 × 15 × 15 8 × 8 × 8 × 8	30 s 30 s 120 s	arm = 93 leg = 108	No	arm = 6-0 leg = 10-0	LI + BFR, HI and vLI ↓ SBP, LI + BFR ↓ DBP, and HI and LI + BFR ↓ MBP
Neto et al. (2016)	24 men	HR and RPP	Bilateral	2 s con. 2 s exe	20% 1RM 20% 1RM 80% 1RM	BFR = 4 LI = 4 HI = 4	30 × 15 × 15 × 15 30 × 15 × 15 × 15 8 × 8 × 8 × 8	30 s 30 s 120 s	arm = 93 leg = 108	No	arm = 6-0 leg = 10-0	LI + BFR, HI and LI ↑ HR and RPP immediately postexercise

BF, blood flow restriction; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MBP, mean blood pressure; HR, heart rate; RPP, rate-pressure product; EX, exercise; MT, mode of training; TS, training speed; Con, concentric phase; Exc, eccentric phase; CONT, Control; PADE, pressure applied during exercise; CW, cuff width; —, Not reported; ↑, significant increase; AE, arm extension; KE, knee extension; KF, knee flexion; LP, leg press; IP, plantar flexion; CE, calf extension; LI, lat pull-down; SSP, seated shoulder press; BP, bench press; SMVC, sustained maximal voluntary contraction; LI + BFR, low intensity with blood flow restriction; LI, low intensity; HI, high intensity; MI, moderate intensity.

findings might be attributed to the release of BFR pressure between sets, which was not observed in the studies by Poton & Polito (2014a), Takano et al. (2005) and Vieira et al. (2013) who used continuous BFR. Additionally, the studies performed by Fahs et al. (2012) and Ozaki et al. (2013) possibly found no significant differences because they examined the chronic effect of RT with and without BFR, and 6 weeks may have been insufficient to reduce HR, SBP, DBP and MBP. However, the studies conducted by Poton & Polito (2015, 2014b) reported significant increases in HR, SBP, DBP and RPP with the HI protocol compared with the LI protocols with or without BFR. These changes may have occurred because the training volume was higher than that in the LI protocols with and without BFR. Another point worth mentioning is the increase in BP and HR for the protocol of LI with continuous BFR when compared to moderate intensity (Araújo et al., 2014). This increase may have occurred due the reduced of blood flow and muscle exercise to promote an increase in the exercise pressor reflex, which in turn contributes to increased autonomic cardiovascular response (Spranger et al., 2015). Furthermore, the study performed by Araujo et al. (2014) used only hypertensive women. It is speculated that the response to exercise pressor reflex may occur with more emphasis in this population (Greaney et al., 2014) using continuous BFR. Additionally, there was a significant increase in BP and HR for the protocol of LI with BFR when compared to LI without BFR, but this was only observed in studies using continuous BFR (Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013; Poton & Polito, 2014a); no significant differences were observed in studies using intermittent BFR (Figueroa & Vicil, 2011; Neto et al., 2016), which reinforces the safety intermittent BFR. In this context, the study conducted by Brandner et al. (2015) found that intermittent BFR seems to increase HR, SBP and MBP more than continuous BFR. However, an important limitation of this study was the application of different pressures for continuous (80% resting SBP) and intermittent BFR (130% resting SBP). It has been suggested that BFR performed continuous or intermittent apparently improves similarly the strength and muscle hypertrophy (Fitschen et al., 2014) and increases muscle activation (Yasuda et al., 2013), with lower pain to intermittent BFR (Fitschen et al., 2014). Thus, intermittent BFR would be a better alternative for practicing this training method because it does not increase haemodynamic responses (Figueroa & Vicil, 2011; Neto et al., 2016), and promotes strength and hypertrophy gains (Fitschen et al., 2014) and muscle activation (Yasuda et al., 2013) with less pain.

Furthermore, a large cuff width (13.5 cm) seems to increase HR, SBP and DBP compared to a small width (5.0 cm) (Rossow et al., 2012). Accordingly, Loenneke et al. (2013) report that using a larger cuff width (≥ 13.5 cm) might be an effective means for promoting a relative (total) occlusion, because a smaller cuff may need a higher pressure to occlude arterial blood flow. And as Rossow et al. (2012) used similar pressures between protocols, the stimulus may have been higher for the

larger cuff, which could explain a higher pressure exerted on the blood vessels.

Three studies detected hypotensive responses following LIRT with BFR (Araújo et al., 2014; Maior et al., 2015; Neto et al., 2015), although three studies reported otherwise (Fahs et al., 2011; Rossow et al., 2011; Brandner et al., 2015). Thus, when analysing the study methodologies and populations, increased magnitude of hypotension apparently occurs after performing RT with BFR for upper and lower members (agonist-antagonist), in hypertensive individuals (lower limbs) and with loads of 40% 1RM (upper limbs) for apparently healthy young individuals. That is, apparently no hypotensive response occurs when performing LIRT ($\leq 30\%$ 1RM) with BFR in isolated body parts with apparently healthy young individuals, although smaller loads (30% 1RM) may already promote hypotensive responses following LIRT with BFR in hypertensive individuals. Furthermore, performing exercises for upper and lower limbs in the same session may promote greater hypotensive effects than when performing exercises with only one body part, which may be associated with the quantity of muscle mass involved (Lizardo & Simões, 2005). Accordingly, the reduced BP found in the study conducted by Neto et al. (2015) may have occurred because of the quantity of muscle mass involved (upper and lower body), which may have caused the increase in endothelial nitric oxide produced by shear stress, which plays a key and protective role on vascular tone (Manini & Clark, 2009; Loenneke et al., 2010b).

Finally, six studies reported an increase in HR with the HI protocol compared with the LI protocols with or without BFR (Fahs et al., 2011; Rossow et al., 2011; Brandner et al., 2015; Okuno et al., 2014; Poton & Polito, 2014b, 2015). These findings may be explained by the fact that the total volume of exercises with the HI protocol was higher. That increase in HR may account for the increased RPP following exercise, whether performed unilaterally or bilaterally (Vieira et al., 2013; Brandner et al., 2015; Poton & Polito, 2014b; Neto et al., 2016). Such an RPP response may be associated with the muscle tension associated with the constriction of blood vessels induced by BFR, which could stimulate muscle and tendon mechanoreceptors (Hayes et al., 2005) and could possibly explain the increased HR and BP (Fisher et al., 2005). Furthermore, the activation of type III muscle fibres and metaboreceptors promoted by BFR seems to promote inhibition of the parasympathetic branch of the autonomic nervous system and chemoreflex stimulation, thus contributing to an increase in cardiovascular responses (Coote & Bothams, 2001; Kaufman & Hayes, 2002).

Conclusion

The protocols using continuous BFR following a LIRT session apparently increase HR, BP and RPP compared with LI protocols without BFR, although increases significantly in BP seem to exist between the HI protocols when compared to LI protocols. Haemodynamic changes (HR, SBP, DBP, MBP, RPP)

promoted by LIRT with BFR do not seem to differ between ages and body segments (upper or lower), although they are apparently affected by the width of the cuff and are higher with continuous BFR.

These changes are within the normal range. Thus, this method may be considered safe and viable for special populations, such as the elderly and cardiac patients, among others, because it promotes increased strength and hypertrophy with LI training, albeit without negatively changing haemodynamic measurements. Other noteworthy aspects are that the sample of articles was small and the participation of women was reduced, which could be limiting factors of the studies, especially regarding data extrapolation.

However, different results may be found because of the lack of training standards, which are apparently established

according to the methodological criteria of the researchers and may thus prevent the generalization of results. Thus, new controlled and randomized experiments with larger samples must be conducted for examining the effects of LIRT with BFR on SBP, DBP, MBP, HR, RPP in different populations using similar methods. The comparison between different intensities with and without BFR must also be further studied.

Acknowledgments

No financial assistance was obtained for this study.

Conflict of interest

The authors have no conflict of interests.

References

- Abe T, Fujita S, Nakajima T, et al. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. *J Sports Sci Med* (2010); **9**: 452–458.
- ACSM. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* (2009); **41**: 687–708.
- Araújo JP, Silva ED, Silva JCG, et al. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. *J Hum Kinet* (2014); **43**: 79–85.
- Bentes CM, Costa PB, Neto GR, Costa e Silva GV, De Salles BF, Miranda HL, Novaes JS. Hypotensive effects and performance responses between different resistance training intensities and exercise orders in apparently healthy women. *Clin Physiol Funct Imaging* (2015); **35**: 185–190.
- Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, et al. Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* (2004); **11**: 352–361.
- Braith RW, Stewart KJ. Resistance exercise training its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation* (2006); **113**: 2642–2650.
- Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports* (2015); **25**: 770–777.
- Coote JH, Bothams VF. Cardiac vagal control before, during and after exercise. *Exp Physiol* (2001); **86**: 811–815.
- Fahs CA, Rossow LM, Seo D, et al. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *Eur J Appl Physiol* (2011); **111**: 2969–2975.
- Fahs CA, Rossow LM, Loenneke JP, et al. Effect of different types of lower body resistance training on arterial compliance and calf blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging* (2012); **32**: 45–51.
- Figuerola A, Vicil F. Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. *Scand J Med Sci Sports* (2011); **21**: 431–436.
- Fisher JP, Bell MPD, White MJ. Cardiovascular responses to human calf muscle stretch during varying levels of muscle metaboreflex activation. *Exp Physiol* (2005); **90**: 773–781.
- Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, et al. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging* (2014); **34**: 356–363.
- Gil ALS, Neto GR, Sousa MSC, et al. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clin Physiol Funct Imaging* (2015); **35** doi: 10.1111/cpf.12291.
- Greaney JL, Matthews EL, Boggs ME, et al. Exaggerated exercise pressor reflex in adults with moderately elevated systolic blood pressure: Role of purinergic receptors. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* (2014); **306**: H132–H141.
- Hayes SG, Kindig AE, Kaufman MP. Comparison between the effect of static contraction and tendon stretch on the discharge of group III and IV muscle afferents. *J Appl Physiol* (2005); **99**: 1891–1896.
- Hollander DB, Reeves GW, Clavier JD, et al. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. *J Strength Cond Res* (2010); **24**: 235–243.
- Humphreys PW, Lind AR. The blood flow through active and inactive muscles of the forearm during sustained hand-grip contractions. *J Physiol* (1963); **166**: 120–135.
- Kacin A, Strazar K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports* (2011); **21**: 231–241.
- Kaufman MP, Hayes SG. The exercise pressor reflex. *Clin Auton Res* (2002); **12**: 429–439.
- Laurentino GC, Ugrasowicz C, Roschel H, et al. M. NJ, Aihara AY, Rocha CFA, Tricoli V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc* (2012); **44**: 406–412.
- Libardi CA, Chacon-Mikahil MP, Cavaglieri CR, et al. Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *Int J Sports Med* (2015); **36**: 395–399.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann Intern Med* (2009); **151**: 65–94.
- Lind AR, McNicol GW. Circulatory responses to sustained hand-grip contractions performed during other exercise, both rhythmic and static. *J Physiol* (1967); **192**: 595–607.
- Lizardo JHF, Simões HG. Effects of different resistance exercise sessions on post-exercise hypotension. *Braz J Phys Ther* (2005); **9**: 249–255.
- Loenneke JP, Kearney ML, Thrower AD, et al. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *J Strength Cond Res* (2010a); **24**: 2831–2834.

8 Blood flow restriction on haemodynamics, G. R. Neto et al.

- Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med* (2010b); **31**: 1–4.
- Loenneke JP, Wilson JM, Balapur A, et al. Time under tension decreased with blood flow-restricted exercise. *Clin Physiol Funct Imaging* (2012); **32**: 268–273.
- Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, et al. Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. *Front Physiol* (2013); **4**: 229.
- Maier AS, Simão R, Rocha MMS, et al. Influence of blood flow restriction during low-intensity resistance exercise on the post-exercise hypotensive response. *J Strength Cond Res* (2015); **29**: 2894–2899.
- Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sport Sci Rev* (2009); **37**: 78–85.
- Moraes RS, Nóbrega ACL, Castro RRT, et al. Guidelines for cardiac rehabilitation. *Arq Bras Cardiol* (2005); **84**: 431–440.
- Neto GR, Sousa MSC, Costa e Silva GV, Gil ALS, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Physiol Funct Imaging* (2016); **36**: 53–59.
- Neto GR, Sousa MSC, Costa PB, et al. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Cond Res* (2015); **29**: 1064–1070.
- Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, et al. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop* (2003); **74**: 62–68.
- Okuno NM, Pedro RE, Leicht AS, et al. Cardiac autonomic recovery after a single session of resistance exercise with and without vascular occlusion. *J Strength Cond Res* (2014); **28**: 1143–1150.
- Ozaki H, Yasuda T, Ogasawara R, et al. Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. *Eur J Appl Physiol* (2013); **113**: 167–174.
- Park S, Kim JK, Choi HM, et al. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *Eur J Appl Physiol* (2010); **109**: 591–600.
- Patterson SD, Ferguson RA. Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *J Aging Phys Act* (2011); **19**: 201–213.
- Poton R, Polito MD. Cardiovascular responses during resistance exercise with blood flow restriction. *Rev Bras Cardiol* (2014a); **27**: 104–110.
- Poton R, Polito MD. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging* (2014b); **34**: doi: 10.1111/cpf.12218.
- Poton R, Polito MD. Hemodynamics responses during lower-limb resistance exercise with blood flow restriction in healthy subjects. *J Sports Med Phys Fitness* (2015); **55**: 1571–1577.
- Rossow LM, Fahs CA, Sherk VD, et al. The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clin Physiol Funct Imaging* (2011); **31**: 429–434.
- Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, et al. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging* (2012); **32**: 331–337.
- Silva JCG, Neto GR, Freitas E, et al. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *J Exerc Physiol Online* (2015); **18**: 33–41.
- Spranger MD, Krishnan AC, Levy PD, et al. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* (2015); **309**: H1440–H1452.
- Takano H, Morita T, Iida H, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol* (2005); **95**: 65–73.
- Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusions diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc* (2000); **32**: 2035–2039.
- Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol* (2002); **86**: 308–314.
- Umpierre D, Stein R. Hemodynamic and vascular effects of resistance training: implications for cardiovascular disease. *Arq Bras Cardiol* (2007); **89**: 256–262.
- Vechin FC, Libardi CA, Conçeição MS, et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res* (2015); **29**: 1071–1076.
- Vieira PJC, Chiappa GR, Umpierre D, et al. Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *J Strength Cond Res* (2013); **27**: 2288–2294.
- Yasuda T, Loenneke JP, Ogasawara R, et al. Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiol Hung* (2013); **100**: 419–426.

ANEXO E: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 2

Motriz, Rio Claro, v.22 n.3, p. 198-204, July/Sept. 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-6574201600030011>

Original article (short paper)

Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction

Gabriel Rodrigues Neto

*Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

Jefferson da Silva Novaes

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Michel Gonçalves

*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Instituto de Pesquisa e Capacitação Física do Exército, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

Gilmário Ricarte Batista

*Rosa Maria Soares Costa de Mendonça
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil*

Humberto Miranda

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Giovanni da Silva Novaes

*Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Centro de Investigação em Esporte, Saúde e Desenvolvimento Humano, Vila Real, Portugal*

Maria do Socorro Cirilo-Sousa

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

Abstract—The aim of this study was to compare the acute effects of low-intensity (LI) resistance exercise (RE) with continuous blood flow restriction (CBFR) and intermittent blood flow restriction (IBFR) on systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), and mean arterial pressure (MAP). After a one-repetition maximum test, 10 normotensive recreationally trained men performed three experimental protocols. In the three RE protocols, increases in SBP, DBP, and MAP were observed immediately after exercise, but the effect sizes (ESs) were greater for the LI + CBFR and high-intensity protocols. There were hypotensive effects on SBP, DBP, and MAP in all three protocols; however, the effects on MAP lasted longer for the LI + IBFR and LI + CBFR protocols. These long-lasting hypotensive effects on DBP and MAP occurred in all three protocols. Thus, we conclude that the post exercise hypotensive effects on SBP, DBP, and MAP appear to occur in all three RE protocols, with the effect on SBP being longer in the LI + IBFR and LI + CBFR protocols.

Keywords: kaatsu, vascular occlusion, hypotension, resistance training

Introduction

Traditional resistance exercises (REs) have been used to promote post exercise hypotension, which occurs as a result of the reduced vascular resistance observed in these exercise protocols¹⁻³. The reduced vascular resistance is caused by an increase in the endothelial substances and by reductions in the sympathetic nervous system activity and cardiac output⁴. In addition, RE

enhances the development and maintenance of strength, muscular endurance, power, and muscle hypertrophy^{5,6}. However, some individuals cannot be subjected to high-intensity (HI) RE due to several health problems, and therefore, cannot train with heavy loads (>70% one-repetition maximum [1RM]), which are recommended for increasing strength and hypertrophy⁵. Accordingly, low-intensity (LI) RE combined with blood flow restriction (BFR) can be used for these individuals because

this method uses low loads (20–30% 1RM) combined with a tourniquet, which reduces the negative effect of heavy loads on the joints^{7,8}. The strength and muscle mass gains obtained with this method seem to be as effective as HI training^{9,10}; in addition, this method seems to be safe in terms of hemodynamics^{11–15}.

Few studies have evaluated potential hypotensive effects [systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), and/or the mean arterial pressure (MAP)] after the application of LI RE with continuous blood flow restriction (CBFR)^{16,17} and intermittent blood flow restriction (IBFR)^{12,18} alone. Among these studies, only three have demonstrated hypotensive responses after LI RE combined with BFR^{12,16,17}. However, only Brandner, Kidgell, and Warmington¹⁹ compared the hypotensive effect of CBFR and IBFR RE (unilateral elbow flexion exercise trials). They found no post exercise hypotension and presented some limitations that may have affected the results, such as the amount of exercises used, how they were performed (unilaterally or single-jointed), and the different pressures used for the BFR. In addition, there are few studies showing similar effects when CBFR and IBFR RE were compared in terms of muscle activation, strength, and lean mass^{20,21}. While both have benefits for strength and hypertrophy, the best strategy for working with BFR, either in a single exercise or in an exercise session, remains unknown. Thus, it would be interesting to understand the stimuli in blood pressure to verify the degree of change and observe what would be the safest method of BFR (continuous vs. intermittent) in a RE session with BFR. However, it is necessary to conduct studies in healthy populations (e.g., youth and adults) with safe procedures and methods appropriate to later be extrapolated in special populations.

A literature search revealed that no study to date has included analysis of the hypotensive response after a RE session for the upper limbs with CBFR and IBFR. Accordingly, we hypothesized that the hypotensive response observed after HI exercises and after LI RE with CBFR and IBFR would be similar. Therefore, the aim of this study was to compare the acute effects of LI RE with CBFR and IBFR on SBP, DBP, and MAP in normotensive recreationally trained men.

Methods

Subjects

In total, 10 normotensive recreationally trained military men (19 ± 0.8 years old; 78.8 ± 10.8 kg; 174.6 ± 5.4 m; 25.7 ± 2.7 m³·kg⁻¹) aged 18–21 years performed the three experimental protocols in random order. Those considered recreationally trained had between 1 and 5 years of experience in strength training²². The sample was selected by convenience; however, the subjects included should be normotensive men aged between 18 and 30 years. The subjects were randomly divided to undergo the three protocols after selection (crossover design). The exclusion criteria were (1) individuals who responded “yes” to any of the Physical Activity Readiness Questionnaire items²³, (2) individuals who missed one RE session, (3) individuals who had some type of musculoskeletal injury of the upper limbs, and (4) smokers. After being informed of the risks and benefits of the study, the subjects

signed an informed consent form prepared in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. The study was approved by the local ethics committee (Protocol 0476/13).

Study Design

Anthropometric parameters and muscle strength were assessed during the first visit to the laboratory. After this visit, the subjects visited the laboratory on three different occasions 72–96 hours apart. During these visits, the subjects completed the three protocols in random order (crossover design): (1) LI RE (20% 1RM) combined with IBFR (LI + IBFR), (2) LI RE (20% 1RM) combined with CBFR (LI + CBFR), and (3) HI RE (80% 1RM). All three protocols were performed at the same time of day to control diurnal blood pressure variation. Blood pressure was measured before (resting); immediately after; and then 15, 30, 45, and 60 min after performing the RE protocols. Subjects were instructed to avoid exhausting exercise, caffeine and chocolate intake, use of nutritional supplements, and intake of alcoholic beverages during and after the effort sessions and were advised to sleep at least 6 hours in the night before the exercise session. In addition, subjects were instructed to maintain the same eating habits during the study period and not to perform the Valsalva maneuver during all RE sessions.

Procedures

Anthropometric Assessment

Height and body mass were measured to the nearest 0.5 cm and 0.1 kg, respectively. A stadiometer and a balance scale (Filizola scale, model 31; Sao Paulo, SP, Brazil) were used in the study.

1RM Test

The exercises were performed bilaterally and included the bench press, lat pulldown, triceps extension, and biceps curl. The subjects performed a warm-up set of 5–10 repetitions at 40–60% of perceived maximum with a 1-min rest interval between the sets. After the 1-min rest interval, the second set was performed with three to five repetitions at 60–80% of the perceived maximum. The strength evaluation started after a 1-min rest interval and measurement within five attempts. The load was adjusted before each new attempt. Rest intervals between the attempts were standardized at 3–5 min, with 20 min elapsed between different exercises. The test was discontinued when the subject failed to properly perform the movement, and the load moved in the last successful attempt was then considered the maximum load. The following strategies were adopted to reduce the margin of error in data collection procedures: (1) all tests were performed at the same time of day in each session; (2) standardized instructions were given before the test so that each subject was aware of the entire data collection routine; (3) the subject was instructed regarding the proper technique to perform the exercise; and (4) all subjects received standardized verbal encouragement during the tests.

Assessment of Blood Pressure

Before and after each RE session, blood pressure was measured using a stethoscope (3M Littmann® Cardiology; 3M, St. Paul, MN, USA) and an aneroid sphygmomanometer (DuraShock™ Tycos®, Model DS-44; Welch Allyn, Skaneateles Falls, NY). The cuff was completely wrapped around the right arm, enclosing at least two-thirds of the upper arm. Blood pressure flow measurements were performed 15 min immediately before (two measures resting); immediately after exercise (post-30–45 s); and approximately 15 min (post-15), 30 min (post-30), 45 min (post-45), 60 min, and more than 60 min (post-60) after each protocol. Immediately after the exercise session, the subject was instructed to sit, then the standard tourniquet was removed and a sphygmomanometer was placed for blood pressure measurement. All measurements were performed by the same expert evaluator according to the guidelines of the American Heart Association²⁴. MAP was calculated according to the equation

$$(\text{SBP} + 2\text{DBP})/3$$

Determination of BFR

After the assessment of blood pressure using the sphygmomanometer, subjects remained seated and a standard sphygmomanometer was placed in the axillary fold region to measure blood pressure (Riester Komprimeter pneumatic tourniquet for hemostasis in the extremities) in the arm (width of 60 mm and length of 470 mm) to verify blood pressure before starting each protocol of CBFR and IBFR. The total BFR was set at 1.3 times resting SBP^{14,19,25}. The cuff was inflated and deflated between sets. The mean pressures used throughout the entire exercise protocols of IBFR and CBFR were 163.8 ± 10.5 mmHg and 160.9 ± 12.9 mmHg, respectively.

Experimental Sessions

Four bilateral REs were performed, including the bench press (with conventional bar and calibrated rings), lat pull-down, triceps extension, and biceps curl (on conventional machines). Subjects performed three protocols in random order: four LI REs (20% 1RM) combined with IBFR (LI + IBFR), four LI REs (20% 1RM) combined with CBFR (LI + CBFR), and four HI RE (80% 1RM). For the LI RE protocols with CBFR and IBFR, the subjects completed 30 repetitions followed by 3 sets of 15 repetitions (20% 1RM), with an interval of 30 s between all sets and a 1-min interval between exercises while wearing a standard sphygmomanometer that was placed on the upper arm (proximal; width 60 mm and length 470 mm) for blood pressure measurement (Riester Komprimeter pneumatic tourniquet for hemostasis in the extremities). The cuff was deflated between sets for the LI + IBFR protocol and maintained inflated between sets for the LI + CBFR protocol. For the HI protocol, subjects completed three sets of eight repetitions (80% 1RM) with 2-min rest intervals between the sets and a 1-min rest interval between

exercises. The velocity of the movement was controlled by a metronome set at 3 s (1.5 s for the concentric muscular action and 1.5 s for the eccentric muscular action).

Total Work Exercises

The total work (TW) performed was calculated by multiplying the total load, the sets, and the complete repetitions of the four exercises for each protocol (load $\times$ sets $\times$ repetitions).

Statistical Analysis

The statistical analysis was initially performed using the Shapiro–Wilk test for normality and Levene's test for homogeneity of variances. The variables were normally distributed and homogeneous ($p > 0.05$). The test of reproducibility was performed between the first and second measurements of blood pressure at rest before starting each protocol (intraclass correlation coefficient [ICC]). A paired *t*-test was used to compare the two BFR pressures used in the LI + IBFR and LI + CBFR protocols, and one-way analysis of variance (ANOVA) with the Bonferroni post hoc test was used to compare TW between protocols. Two-way repeated-measures ANOVA (protocols [LI + IBFR vs. LI + CBFR vs. HI] $\times$ time [resting vs. immediately after exercise vs. 15 min vs. 30 min vs. 45 min vs. 60 min]) followed by Bonferroni's post hoc comparisons test was used to analyze the possible differences in SBP, DBP, and MAP. The ES was used to verify the magnitude (trivial <0.35 , small 0.35 – 0.80 , moderate 0.80 – 1.50 , and large >1.5) of changes between assessments of the protocols²², and the percentage change ($\Delta\%$) was used to express the possible differences between the significant changes. The level of significance was set at $p \leq 0.05$. All statistical analyses were performed using the IBM SPSS version 20.0 statistical software package (IBM, Armonk, NY).

Results

The blood pressure ICCs calculated by the researcher were as follows: LI + IBFR = 0.975, LI + CBFR = 0.966, and HI = 0.959. All subjects completed the three exercise sessions. The paired *t*-test revealed no significant differences between the two BFR pressures used in the LI + IBFR vs. LI + CBFR protocol ($p = 0.444$). Regarding TW (bench press, lat pulldown, triceps extension, and biceps curl), there was a significant difference between the LI vs. HI RE protocol (LI + IBFR and LI + CBFR [4131.0 ± 608.2] vs. HI [5598.7 ± 836.7], $p < 0.001$); however, there was no significant difference between LI + IBFR and LI + CBFR ($p = 1.000$).

In the comparative analysis of SBP, significant differences were found between LI + CBFR and HI at 15 and 30 min ($p = 0.017$ and $p = 0.050$, respectively). A significant increase in SBP between resting and immediately after the exercises in all protocols was observed (LI + IBFR, $p < 0.001$, $\Delta\% = 24.6\%$, ES = 3.05; LI + CBFR, $p < 0.001$, $\Delta\% = 35.7\%$, ES = 5.62; and HI, $p < 0.001$, $\Delta\% = 35.2\%$, ES = 3.80). Significant reductions

Continuous and intermittent blood flow restriction

were observed between resting and 45 min ($p = 0.021$, $\Delta\% = -6.8\%$, $ES = 0.85$) and between resting and 60 min ($p = 0.003$, $\Delta\% = -8.5\%$, $ES = 1.05$) in the LI + IBFR protocol. For the LI + CBFR protocol, a significant reduction was observed between resting and 60 min ($p = 0.003$, $\Delta\% = -8.3\%$, $ES = 1.31$). In the HI protocol, significant reductions were observed between resting and 15 min ($p = 0.005$, $\Delta\% = -8.1\%$, $ES = 0.88$) and between resting and 30 min ($p = 0.022$, $\Delta\% = -7.3\%$, $ES = 0.79$) (Table 1). In the LI + CBFR protocol, a significant reduction was observed between resting and 60 min ($p = 0.003$, $\Delta\% = -8.3\%$, $ES = 1.31$). For the HI protocol, significant reductions were observed between resting and 15 min ($p = 0.005$, $\Delta\% = -8.1\%$, $ES = 0.88$) and between resting and 30 min ($p = 0.022$, $\Delta\% = -7.3\%$, $ES = 0.79$) (Table 1).

In the comparative analysis of DBP, significant increases were observed between resting and immediately after exercise in all protocols (LI + IBFR, $p < 0.001$, $\Delta\% = 16.6\%$, $ES = 1.26$; LI + CBFR, $p < 0.001$, $\Delta\% = 15.7\%$, $ES = 1.73$; and HI $p < 0.001$, $\Delta\% = 22.7\%$, $ES = 2.46$). Significant reductions were observed

between resting and 60 min in all protocols (LI + IBFR, $p = 0.004$, $\Delta\% = -10.8\%$, $ES = 0.82$; LI + CBFR, $p = 0.001$, $\Delta\% = -12.7\%$, $ES = 1.47$; and HI, $p = 0.014$, $\Delta\% = -8.8\%$, $ES = 0.95$), as shown in Table 2.

In the comparative analysis of MAP, a significant difference was observed between LI + CBFR and AI at 15 min ($p = 0.033$). The analysis of the different times revealed significant increases between resting and immediately after exercise in all protocols (LI + IBFR, $p < 0.001$, $\Delta\% = 20.3\%$, $ES = 2.03$; LI + CBFR, $p < 0.001$, $\Delta\% = 24.4\%$, $ES = 3.48$; and HI, $p < 0.001$, $\Delta\% = 28.1\%$, $ES = 3.16$). Significant reductions were observed between resting and 60 min ($p = 0.001$, $\Delta\% = -9.7\%$, $ES = 0.96$) in the LI + IBFR protocol. For the LI + CBFR protocol, there were significant reductions between resting and 60 min ($p < 0.001$, $\Delta\% = -10.7\%$, $ES = 1.52$). For the HI protocol, there were significant reductions between resting and 15 min ($p = 0.013$, $\Delta\% = -7.1\%$, $ES = 0.80$) and between resting and 60 min ($p = 0.008$, $\Delta\% = -7.1\%$, $ES = 0.80$), as shown in Table 3.

Table 1. Comparative analysis of systolic blood pressure in different study protocols.

Systolic Blood Pressure (mm Hg)						
Protocols	Resting	Immediately after exercise	15 minutes	30 minutes	45 minutes	60 minutes
LI + IBFR	123.5±10.0	154.0±21.7*	120.0±12.4	117.0±12.5	115.0±11.7*	113.0±14.9*
LI + CBFR	126.0±8.0	171.0±17.9*	126.5±11.5†	123.5±12.0†	120.5±8.9	115.5±11.1*
HI	122.0±11.3	165.0±15.8*	112.0±13.9*	113.0±9.4*	117.0±9.4	116.0±9.6

* Significant difference between resting and immediately after exercises, resting and 15 min, resting and 30 min, resting and 45 min, resting and 60 min

† Significant difference between LI + CBFR and HI

LI + IBFR = low-intensity resistance exercises combined with intermittent blood flow restriction; LI + CBFR = low-intensity resistance exercises combined with continuous blood flow restriction; HI = high-intensity resistance exercises

Table 2. Comparative analysis of diastolic blood pressure between the study protocols.

Diastolic Blood Pressure (mm Hg)						
Protocols	Resting	Immediately after exercise	15 minutes	30 minutes	45 minutes	60 minutes
LI + IBFR	78.0±10.3	91.0±8.7*	75.5±9.5	75.0±10.8	74.5±11.6	69.5±12.1*
LI + CBFR	82.5±7.1	95.5±6.4*	81.0±8.7	79.0±7.3	77.0±9.4	72.0±7.5*
HI	79.0±7.3	97.0±9.4*	74.0±8.4	78.0±8.3	78.0±7.8	72.0±7.8*

* Significant difference between resting and immediately after exercise, resting and 60 min

LI + IBFR = low-intensity resistance exercises combined with intermittent blood flow restriction; LI + CBFR = low-intensity resistance exercises combined with continuous blood flow restriction; HI = high-intensity resistance exercises.

Table 3. Comparative analysis of mean arterial pressure between the study protocols.

Mean Arterial Pressure (mm Hg)						
Protocols	Resting	Immediately after exercise	15 minutes	30 minutes	45 minutes	60 minutes
LI + IBFR	93.1±9.4	112.0±12.3*	90.3±9.7	89.0±10.3	87.9±11.2	84.0±12.3*
LI + CBFR	96.9±6.8	120.6±9.1*	96.1±8.8†	93.8±7.5	91.4±8.9	86.5±7.7*
HI	93.3±8.3	119.6±9.7*	86.6±9.6*	89.6±6.7	90.9±7.7	86.6±6.8*

* Significant difference between resting and immediately after exercise, resting and 15 min, resting and 60 min

† Significant difference between LI + CBFR and HI

LI + IBFR = low-intensity resistance exercises combined with intermittent blood flow restriction; LI + CBFR = low-intensity resistance exercises combined with continuous blood flow restriction; HI = high-intensity resistance exercises.

Discussion

In this study, we compared the acute effects of RE combined with CBFR and IBFR on SBP, DBP, and MAP in military men. To our knowledge, this study involves the first comparison of the hypotensive responses elicited by upper limb exercises done with CBFR or IBFR. The main findings of this study are (1) the three RE protocols increased SBP, DBP, and MAP immediately after exercises; and (2) hypotensive responses (changes in SBP, DBP, and MAP) were observed in the three protocols without significant differences between them. However, the effects on SBP were longer in the LI+ IBFR and LI + CBFR protocols.

Acute increases in SBP, DBP, and MAP were observed in the three protocols without significant differences between them, but a smaller magnitude was observed in the LI + IBFR protocol than in the other protocols. These increases may have occurred because IBFR promotes lower levels of muscle pain than CBFR²¹, which could cause less tension on the muscles involved. The acute findings of the study conducted by Brandner, Kidgell, Warmington¹⁹ comparing CBFR and IBFR were different from those in the present study. Those authors reported a higher magnitude in the LI + IBFR protocol, a result that may have been due to the pressure used in IBFR (151 mmHg), which was much higher than the pressure used in CBFR (91 mmHg). However, other studies corroborate our findings. Previous studies reported increases in blood pressure immediately after application of LI RE combined with CBFR.^{14,15,26} This increase in blood pressure shown in previous studies and in the present study may occur because CBFR potentiates elevations in muscle sympathetic nerve activity, heart rate, and MAP²⁷. In contrast, a previous study has found no significant differences in SBP, DBP, and MAP in the IBFR protocol²⁸. This finding may have been due to several factors, including the low pressure of the BFR (100 mmHg) used in their protocol, no vascular occlusion (BFR) between sets, and the use of only two single-joint exercises of the lower limbs.

The HI protocol promoted a faster hypotensive response (SBP and MAP) that started 15 min after the end of the exercises. An explanation of this finding is that the TW of the HI protocol was significantly higher than in other protocols. Indeed, it has been stated that TW plays an important role in the hypotensive response^{29,30}. These findings are in agreement with previous studies¹⁵⁻¹⁷, that detected hypotensive responses after LI RE combined with CBFR or IBFR. In contrast to other studies^{11,18,19}.

Therefore, upon analyzing the methodological procedures according to the body segment used in the exercises and the subjects of the studies, it seems that the greatest magnitude of hypotension occurs in the following scenarios: in individuals who performed RE combined with IBFR in the upper and lower limbs (agonist-antagonist)¹², in hypertensive individuals who performed RE combined with CBFR (lower limbs)¹⁶, and in apparently healthy young individuals who performed RE combined with CBFR at 40% 1RM (upper limbs)¹⁷. However, it was also observed that the hypotensive response did not occur in apparently healthy young subjects who performed LI RE ($\leq 30\%$ 1RM) with CBFR and IBFR in single body segments¹⁹. On the other hand, loads $\leq 30\%$ 1RM are able to promote hypotensive responses after LI RE with CBFR in hypertensive individuals¹⁶.

Additionally, it seems that performing exercises for upper and lower limbs in the same session can promote greater hypotensive effects than the effects after exercises performed with only one segment, which can be associated with the amount of muscle mass involved³¹. Thus, the lower blood pressure observed in the present study (using exercises for upper limbs and trunk) may have occurred due to the larger amount of muscle mass involved leading to increased nitric oxide production via endothelial shear stress, which then plays an important role in protecting vascular tone^{32,33}.

In the study performed by Brandner, Kidgell, Warmington¹⁹, the first group of investigators who compared the effects of CBFR or IBFR RE (unilateral elbow flexion exercises) on hypotension, no significant hypotensive responses were observed. Some methodological limitations might explain these findings. These authors compared the effects of upper limb RE on hypotensive responses (5, 20, 40, and 60 min post exercise) in four different conditions: HI (80% 1RM, four sets of six to eight repetitions with an interval of 150 s between sets), LI without BFR (20% 1RM, 4 sets, with 30 repetitions in the first set and 15 repetitions in the second, third, and fourth sets; an interval of 30 s between sets), and two LI protocols with application of either CBFR (91 mmHg) or IBFR (151 mmHg) using a cuff with a width of 10.5 cm. The use of only a single-joint exercise (arm flexion) that was performed unilaterally and at different pressures for CBFR (80% resting SBP) and IBFR (130% resting SBP) might explain the lack of hypotensive responses in both BFR protocols. Because of the methodological procedures used, these results are not similar to the results of the present study, where bilateral and multi-joint exercises and not significantly different pressures for CBFR and IBFR were used. Another point worth mentioning is that our training volume was greater than the one used by Brandner, Kidgell, Warmington¹⁹. In addition, our study has good practical application because four exercises were used, which is similar to a training session.

The faster reduction in SBP observed in the LI + IBFR protocol may have occurred due to the release of the cuff between the sets, which may have promoted reactive hyperemia and shear stress more often than CBFR. These factors, in turn, could increase the production of nitric oxide synthase, the enzyme responsible for the conversion of L-arginine to nitric oxide, a small, electrically neutral molecule capable of promoting positive changes in the endothelium³⁵, but with less discomfort²¹ and lower blood pressure changes, as observed in the present study. This protocol can be an excellent option for hypertensive individuals, as the increase in muscle activation²⁰ and gains in muscle strength and lean body mass²¹ are similar between CBFR and IBFR. In addition, Takano¹⁴ mentioned that the decrease in venous return promoted by the RE performed with BFR causes a reduction in cardiac preload during exercise, which may be an excellent strategy for people with vascular diseases.

Conclusions

The post exercise hypotensive responses occurred in all three protocols (changes in SBP, DBP, and MAP), with longer effects

on SBP observed in the LI + IBFR and LI + CBFR protocols, although they were faster in the HI protocol. The LI + IBFR protocol appears to have a smaller effect than the other protocols in increasing SBP, DBP, and MAP immediately after exercise. Therefore, it is important to conduct further experiments in normotensive and hypertensive subjects to address both acute and chronic hypotensive responses, particularly involving different BFR pressures and different cuff sizes.

References

- Bentes CM, Costa PB, Rodrigues Neto G, Costa e Silva GV, De Salles BF, Miranda HL, Novaes JS. Hypotensive effects and performance responses between different resistance training intensities and exercise orders in apparently health women. *Clin Physiol Functional Imaging*. 2015; 35:185-190.
- Matos DG, Aidar FJ, Filho MLM, Silva SR, Oliveira JC, Klain IP, Dantas EHM. Analysis of hemodynamic responses to resistance exercise performed with different intensities and recovery intervals. *Health*. 2013; 5:159-165.
- Mohebbi H, Rahmaninia F, Vatani DFH. Post-resistance exercise hypotensive responses at different intensities and volumes. *Physical Education Sport*. 2009; 7:171-179.
- Polito MD, Farinatti PTV. Blood pressure behavior after counter-resistance exercises: a systematic review on determining variables and possible mechanisms. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2006; 12:386-392.
- ACSM. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine Sci Sports Exercise*. 2009; 41:687-708.
- Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, *et al*. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. An Advisory From the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000; 101:828-833.
- Loenneke JP, Wilson JM, Marin PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*. 2012; 112: 1849-1859.
- Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Medicine*. 2015; 45:313-325.
- Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, Neves J, *et al*. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine Sci in Sports Exercise*. 2012; 44:406-412.
- Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*. 2000; 88:2097.
- Fahs CA, Rossow LM, Seo D, Loenneke JP, Sherk VD, Kim E, *et al*. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *European J Appl Physiol*. 2011; 111:2969-2975.
- Neto GR, Sousa MSC, Costa PB, Salles BF, Novaes GS, Novaes JS. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Conditioning Res*. 2015; 29:1064-1070.
- Neto GR, Sousa MSC, Silva GVC, Gil ALS, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Physiol Functional Imaging*. 2016; 36:53-59.
- Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, *et al*. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol*. 2005; 95:65-73.
- Vieira PJC, Chiappa GR, Umpierre D, Stein R, Ribeiro JP. Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *J Strength Conditioning Res*. 2013; 27:2288-2294.
- Araújo JP, Silva ED, Silva JCG, Souza TSP, Lima EO, Guerra I, *et al*. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. *J Human Kinetics*. 2014; 43:79-85.
- Maior AS, Simão R, Rocha MMS, Freitas SB, Willardson JM. Influence of blood flow restriction during low-intensity resistance exercise on the post-exercise hypotensive response. *J Strength Conditioning Res*. 2015; 29:2894-2899.
- Rossow LM, Fahs CA, Sherk VD, Seo D, Bembem DA, Bembem MG. The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clin Physiol Functional Imaging*. 2011; 31:429-434.
- Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Medicine Sci Sports*. 2014.
- Yasuda T, Loenneke JP, Ogasawara R, Abe T. Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiol Hung*. 2013; 100:419-426.
- Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, *et al*. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *ClinPhysiol Functional Imaging*. 2014; 34:356-363.
- Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Conditioning Res*. 2004; 18: 918-920.
- Shephard RJ. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*. 1988; 5:185-195.
- Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, *et al*. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*. 2005; 111:697-716.
- Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, *et al*. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol*. 2010; 108:1563-1567.
- Poton R, Polito MD. Cardiovascular responses during resistance exercise with blood flow restriction. *Revista Brasileira de Cardiologia*. 2014; 27: 104-110.

27. Victor RG, Seals DR. Reflex stimulation of sympathetic outflow during rhythmic exercise in humans. *Am J Physiol.* 1989; 257:H2017-H2024.
28. Figueroa A, Vicil F. Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. *Scandinavian J Medicine Sci Sports.* 2011; 21:431-436.
29. Mediano MFF, Paravidino V, Simão R, Pontes FL, Polito MD. Subacute behavior of the blood pressure after power training in controlled hypertensive individuals. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2005; 11: 337-340.
30. Simão R, Fleck SJ, Polito M, Monteiro W, Farinatti P. Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *J Strength Conditioning Res.* 2005; 19:853-858.
31. Lizardo JHF, Simões HG. Effects of different resistance exercise sessions on post-exercise hypotension. *Braz J Physical Therapy.* 2005; 9:249-255.
32. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Medicine.* 2010; 31: 1-4.
33. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise Sport Sci Rev.* 2009; 37:78-85.
34. Anderson JE, Wozniak AC. Satellite cell activation on fibers: modeling events in vivo-an invited review. *Canadian J Physiol Pharmacol.* 2004; 82:300-310.
35. Viaro F, Nobre F, Evora PRB. Expression of nitric oxide synthases in the pathophysiology of diseases cardiovasculares. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2000; 74:365-379.

Corresponding author

Gabriel Rodrigues Neto
 Department of Physical Education
 Associate Graduate Program in Physical
 Education UPE / UFPB
 Federal University of Paraíba,
 Research Center for Human Movement Sciences
 João Pessoa, PB, Brazil.
 Email: gabrielrodrigues_1988@hotmail.com

Manuscript accepted on January 23, 2016

Manuscript received on April 14, 2016



Motriz. The Journal of Physical Education. UNESP. Rio Claro, SP, Brazil
 - eISSN: 1980-6574 – under a license Creative Commons - Version 3.0

ANEXO F: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 3

Article

Acute Effects of Resistance Exercise With Continuous and Intermittent Blood Flow Restriction on Hemodynamic Measurements and Perceived Exertion

Perceptual and Motor Skills

2017, Vol. 124(1) 277–292

© The Author(s) 2016

Reprints and permissions:

sagepub.com/journalsPermissions.nav

DOI: 10.1177/0031512516677900

journals.sagepub.com/home/pms



Gabriel R. Neto^{1,2,3}, Jefferson S. Novaes³,
Verônica P. Salerno^{3,4}, Michel M. Gonçalves^{3,5},
Bruna K. L. Piazeria^{4,6}, Thais Rodrigues-
Rodrigues², and Maria S. Cirilo-Sousa^{1,2}

Abstract

This study compared the acute effects of low-intensity resistance exercise (RE) sessions for the upper limb with continuous and intermittent blood flow restriction (BFR) and high-intensity RE with no BFR on lactate, heart rate, double product (DP; heart rate times systolic blood pressure), and perceived exertion (RPE). Ten recreationally trained men (1–5 years strength training; age mean = 19 ± 0.82 years) performed three experimental protocols in random order: (a) low-intensity RE at 20%

¹Department of Physical Education, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

²Department of Physical Education, Kinanthropometry and Human Development Laboratory, João Pessoa, Brazil

³Department of Gymnastics, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brazil

⁴Department of Bioscience of Physical Activity, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brazil

⁵Brazilian Army Research Institute of Physical Fitness, Rio de Janeiro, Brazil

⁶Department of Medicine, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brazil

Corresponding Author:

Gabriel R. Neto, Department of Physical Education, Federal University of Paraíba, University City, Castelo Branco, João Pessoa 58051-900, Brazil.

Email: gabrielrodrigues_1988@hotmail.com

one-repetition maximum (IRM) with intermittent BFR (LI + IBFR), (b) low-intensity RE at 20% IRM with continuous BFR (LI + CBFR), and (c) high-intensity RE at 80% IRM. The three RE protocols increased lactate and DP at the end of the session ($p < .05$) and increased heart rate at the end of each exercise ($p < .05$). However, greater local and general RPE was observed in the high-intensity protocol compared with LI + IBFR and LI + CBFR in the lat pull-down, triceps curl, and biceps curl exercises ($p < .05$). A greater percentage change in DP and lactate was observed for continuous BFR compared with intermittent BFR; however, RPE was lower for intermittent BFR. In conclusion, intermittent BFR appears to be an excellent option for physical training because it did not differ significantly from continuous BFR in any variable and promoted a lower percentage change in DP and RPE.

Keywords

vascular occlusion, KAATSU, strength training

Introduction

Low-intensity resistance exercise (RE; 20% and 30% one-repetition maximum; 1RM) in combination with blood flow restriction (BFR) has been used to increase strength (Laurentino et al., 2012; Silva et al., 2015; Vechin et al., 2015), hypertrophy (Laurentino et al., 2012; Vechin et al., 2015), functional capacity (Araújo et al., 2015), and local muscle endurance (Gil et al., 2015; Kacin & Strazar, 2011), and it has been found safe with respect to hemodynamics (Araújo et al., 2014; Fahs et al., 2011; Neto, Novaes, et al., 2016; Neto et al., 2015; Neto, Sousa, et al., 2016; Takano et al., 2005; Vieira, Chiappa, Umpierre, Stein, & Ribeiro, 2013). This training method may be used on different special populations because it reduces impact on the joints (Loenneke, Wilson, Marín, Zourdos, & Bembien, 2012; Scott, Loenneke, Slattery, & Dascombe, 2015) and enables gains in muscle strength and hypertrophy similar to those resulting from high-intensity (HI) training (Laurentino et al., 2012; Takarada, Takazawa, et al., 2000).

When applying the BFR method, several methodological procedures in the use of the occlusion device (tourniquet) should be standardized, such as cuff size, pressure, and the form of BFR application (continuous or intermittent) during exercise. One study compared the effect of continuous and intermittent BFR on muscle activation (Yasuda, Loenneke, Ogasawara, & Abe, 2013), another compared their effects on metabolic stress and recruiting of fast-twitch fibers (Suga et al., 2012), and yet another investigated strength and lean body mass (Fitschen et al., 2014). However, the best option for upper limb training with BFR (continuous vs. intermittent) remains unclear.

A review of the literature indicated that only one study compared the acute effect of low-intensity (LI) RE (unilateral elbow flexion) with continuous and intermittent

BFR on heart rate (HR) and double product (DP; systolic blood pressure [SBP] times rather; Brandner, Kidgell, & Warmington, 2014). That study found that intermittent BFR significantly increased HR compared with continuous BFR and revealed no differences in DP, perhaps due to the different pressures used for BFR.

Other studies have assessed the effect of RE with continuous BFR on lactate (Fujita et al., 2007; Loenneke, Kearney, Thrower, Collins, & Pujol, 2010; Loenneke, Wilson, Balapur, et al., 2012; Pierce, Clark, Ploutz-Snyder, & Kanaley, 2006; Poton & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Takano et al., 2005; Takarada, Nakamura, et al., 2000; Vieira et al., 2015), HR (Loenneke, Kearney, et al., 2010; Loenneke, Wilson, Balapur, et al., 2012; Poton & Polito, 2014; Takano et al., 2005; Vieira et al., 2013), DP (Poton & Polito, 2014; Vieira et al., 2013), and perceived exertion (RPE; Loenneke, Balapur, Thrower, Barnes, & Pujol, 2011; Loenneke, Kearney, et al., 2010; Poton & Polito, 2014; Vieira et al., 2015), as well as the effect of intermittent BFR on HR (Figuerola & Vicil, 2011; Kacin & Strazar, 2011; Neto, Sousa, et al., 2016; Rossow et al., 2011) and DP (Neto, Sousa, et al., 2016). However, no studies have evaluated the acute effect of a LI RE session for upper limb training with continuous and intermittent BFR on lactate, HR, DP, and RPE.

Continuous or intermittent BFR is being used to show improved strength and hypertrophy, but the best form of restriction to use is still unknown. Thus, it is important to understand BP stimuli to verify the degree of change and safest method of BFR (continuous vs. intermittent) during an RE session. It is necessary to conduct these studies in healthy populations (e.g., youth and adults), with safe procedures and methods before extending research to special populations.

Therefore, this study compared the acute effects of a session of RE for the upper limb with continuous and intermittent BFR on lactate, HR, DP, and RPE in a small sample of physically fit military men. Given past research findings, the present study hypothesized that the hemodynamics and RPE responses would be similar for LI RE with continuous and intermittent BFR.

Methods

Participants

The study included 10 normotensive and recreationally trained (1–5 years strength training; Rhea, 2004) military men (19 ± 0.82 years old; 78.80 ± 10.89 kg; 174.60 ± 5.48 cm; 25.79 ± 2.75 m² kg⁻¹; SBP = 123.83 ± 9.70 mm Hg; Diastolic Blood Pressure (DBP) = 79.8 ± 8.35 mm Hg). An a priori analysis of the needed sample size was estimated with G*Power 3.1 software (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007), based on a power assumption of 0.80, $\alpha = 0.05$, correlation coefficient of 0.5, nonsphericity correction of 1, and an effect size of 0.45. From these values, a sample size of 10 subjects was calculated using procedures suggested by Beck (2013).

The following exclusion criteria were used: (a) responding positively to any items of the Physical Activity Readiness Questionnaire (Shephard, 1988), (b) missing any of the exercise sessions, (c) having any musculoskeletal injury in the arms, and (d) engaging in smoking. After explaining the risks and benefits of the study, participants signed an informed consent form prepared in accordance with the Declaration of Helsinki. The study was approved by the local Ethics Committee (protocol number 0476/13).

Experimental Design

During the first visit to the laboratory, anthropometric parameters and muscle strength were measured. After that visit, participants returned to the laboratory on three occasions, 72 to 96 hours apart, during which they completed the three protocols in random order (crossover design): (a) low-load RE at 20% 1RM combined with intermittent BFR (LI + IBFR), (b) low-load RE at 20% 1RM combined with continuous BFR (LI + CBFR), and (c) high-load RE at 80% 1RM (HI). All three protocols were performed at the same time of day to control for the diurnal variation in hemodynamic parameters. Lactate, HR, and RPE measurements were performed prior to and after each session, and HR and RPE were assessed at the end of each exercise.

During the study, participants were instructed to refrain from exhaustive exercise, avoid caffeine, chocolate, nutritional supplements, and alcohol intake before and after the study and sleep for a minimum of 6 hours on the night prior to the exercise session. In addition, participants were instructed to maintain the same eating habits during the study period and during all RE sessions, and the individuals were instructed not to perform the Valsalva maneuver (forced expiratory effort against a closed glottis).

Procedures

Anthropometric evaluation. A stadiometer and scale (model 31, Filizola, São Paulo, Brazil) were used to measure participants' height and body mass to the nearest 0.5 cm and 0.1 kg, respectively. These measurements were then used in an equation to obtain the body mass index in $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$.

Lactate assessment. Blood samples from each participant were collected in ethylenediaminetetraacetic acid tubes (5 ml) 20 minutes prior to and immediately after (~60 seconds to 90 seconds) the exercise. Blood was taken through the antecubital vein, placed on ice, and centrifuged at 1500g at 4°C for 15 min; blood plasma was extracted and stored at -80°C. The plasma lactate was measured using the Bioclin® commercial kit (lactate enzymatic UV test; K084) following the manufacturer's specifications.

BP, HR, and double product. Prior (15 minutes) to and after (~30 seconds to 60 seconds) each RE session, BP was measured with a stethoscope (3 M, Littmann® Cardiology, USA) and a Tycos® DuraShock™ aneroid sphygmomanometer (Welch Allyn Inc., NY, USA, Model DS-44). The cuff was fully wrapped around the right arm, covering at least two thirds of the upper arm. This device was used for all measurements prior to and after each exercise session. All measurements were performed according to the guidelines of the American Heart Association (Pickering et al., 2005). HR was continuously monitored prior to and after each exercise (Polar T31 coded™ transmitter). DP was obtained by multiplying the HR (bpm) $\times$ SBP (mm Hg) prior to and after each session.

Determination of BFR. Following assessment of BP with the traditional sphygmomanometer (120 mm in width, 500 mm in length), the participants remained seated and a standard BP sphygmomanometer (pneumatic komprimeter tourniquet for hemostasis in the extremities; Riester) for the arm (60 mm in width, 470 mm in length) was set in the axillary fold to assess BP prior to beginning each continuous and intermittent BFR protocol. The total BFR was obtained by multiplying the SBP $\times$ 1.3 (Brandner et al., 2014; Suga et al., 2010; Takano et al., 2005). The cuff was inflated or deflated between sets.

One-repetition maximum test. The following exercises were performed bilaterally: bench press, lateral pull-down, triceps curl with pulley, and biceps curl with pulley. To warm up, each individual performed a set of 5 to 10 repetitions at 40% and 60% of the maximum perceived strength with 1 minute of rest between sets. After a 1-minute interval, a second set was concluded with three to five repetitions at 60% to 80% of the maximum perceived strength. After 1 minute of rest, the strength assessment was initiated and measured in up to five attempts and the load was adjusted prior to each new attempt. The recovery time between attempts was standardized at 3 to 5 minutes with an interval of 20 minutes for recovery between different exercises. The test was interrupted when the individual failed to properly execute the movement, and the maximum load considered was the load moved in the last successful attempt.

Trial sessions. Four REs were performed with bilateral execution: bench press (with conventional barbells and calibrated weights), lat pull-down, pulley triceps curl, and pulley biceps curl (on conventional machines—Physicus®, Brazil). All participants performed three protocols in random order: four RE at 20% 1RM combined with intermittent BFR (LI + IBFR), four RE at 20% 1RM combined with continuous BFR (LI + CBFR), and four RE at 80% 1RM (HI). For the LI protocols with continuous and intermittent BFR, the participants completed 30 reps, followed by three sets of 15 reps, at 20% 1RM, with 30 seconds of rest

between all sets and 1 minute between exercises while wearing a standard BP sphygmomanometer (pneumatic komprimeter tourniquet for hemostasis in the extremities; Riester) on the arms (60 mm in width, 470 mm in length) fixed at the proximal region. For the LI + IBFR protocol, the cuff was deflated between sets, and for the LI + CBFR protocol, the cuff remained inflated between sets but was always fully deflated at the end of each exercise. For the HI protocol, participants completed three sets of eight reps at 80% 1RM, with 2 minutes of rest between all sets and 1 minute between exercises. The execution speed was set at 3 seconds (1.5 for the concentric muscle action and 1.5 for the eccentric muscle action) and controlled by a metronome.

Perceived exertion. Prior to beginning the study, the participants attended two familiarization sessions with the OMNI-RE Scale (Robertson et al., 2003). The RPE (0–10) was measured at the end of each exercise (local and general perception).

Total exercise volume. The total load was multiplied by the number of sets and reps completed in the four exercises ($\text{Load} \times \text{Sets} \times \text{Reps}$) to obtain the total exercise volume.

Statistical analyses

All statistical analyses were performed using SPSS version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). The Shapiro–Wilk test for normality and Levene’s test for homogeneity were performed first. The variables exhibited normal distribution and homogeneity ($p > .05$). The reproducibility test was conducted between the first and second BP measurement at rest prior to beginning each protocol (intraclass correlation coefficient). One-way analysis of variance (ANOVA) with post hoc Bonferroni tests were performed to compare the total exercise volume between protocols, and a paired t test was performed to compare the two BFR pressures used in the LI + IBFR and LI + CBFR protocols. Two-way ANOVA, followed by post hoc Bonferroni tests, were performed to analyze possible differences in lactate and DP. Two-way repeated measures ANOVA, followed by post hoc Bonferroni tests, were performed to analyze possible differences in HR. Nonparametric Friedman and Wilcoxon tests were used to conduct the RPE analysis. The percentage change ($\Delta\%$) was used to express differences between significant changes. The significance level was set at $p \leq .05$.

Results

The mean pressure used throughout the intermittent and continuous BFR exercise protocols was 163.80 ± 10.52 and 160.95 ± 12.92 mm Hg, respectively. The BP intraclass correlation coefficients were as follows: LI + IBFR = .975,

LI + CBFR = .966, and HI = .959. The paired t test showed no significant differences between the two BFR pressures used during the LI + IBFR versus LI + CBFR protocol ($p = .444$). A significant difference was observed in the sum of the total volume of the four exercises between the protocols, LI + IBFR and LI + CBFR ($4,131.0 \pm 608.2$) versus HI ($5,598.7 \pm 836.7$), $p < .001$, but no significant differences were observed between LI + IBFR versus LI + CBFR ($p = 1.000$).

For comparative analysis of lactate by two-way ANOVA, there were no significant interactions between Protocols $\times$ Time, $F(2, 6) = 2.774$; $\eta^2 = 0.170$; $p = .080$. A significant difference was observed between LI + IBFR versus HI ($p = .032$) at the end of the exercise sessions. Significant increases in lactate were observed prior to and after the exercise session for all protocols, LI + IBFR ($p < .001$, $\Delta = 4.4\%$), LI + CBFR ($p < .001$, $\Delta = 5.0\%$), and HI ($p < .001$, $\Delta = 5.2\%$; Figure 1).

For comparative analysis of HR by two-way ANOVA, there were significant interactions between Protocols $\times$ Time, $F(2, 6) = 5.720$; $\eta^2 = 0.298$; $p < .001$, between protocols, $F(2, 6) = 10.149$; $\eta^2 = 0.429$; $p = .001$, and time, $F(2, 6) = 214.000$; $\eta^2 = 0.888$; $p < .001$. A significant difference was observed between LI + IBFR versus HI ($p = .007$; $p < .001$; $p < .001$) and LI + CBFR versus HI ($p = .005$; $p < .001$; $p = .002$) at the end of the bench press, lat pull-down, and triceps curl exercises, respectively. However, a significant difference in HR was only evident between LI + IBFR versus HI ($p = .035$) at the end of the biceps curl exercise (end of session). Significant increases in HR were observed prior to

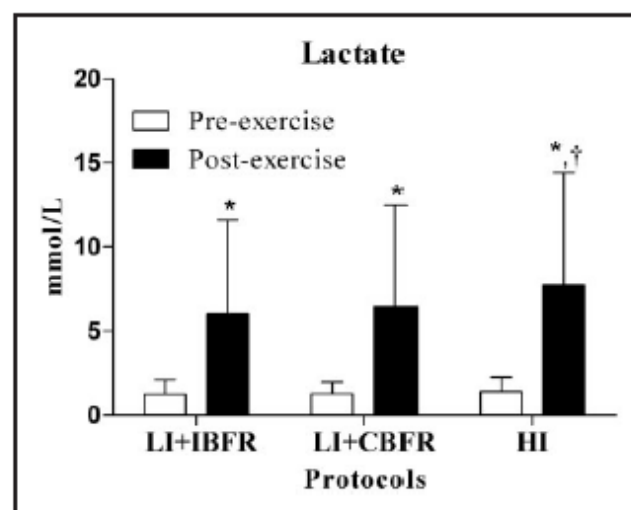


Figure 1. Comparative analysis of lactate pre- and immediately postexercise session between the study protocols.

†Significant difference between LI + IBFR versus HI; *significant difference pre- versus immediately post-exercise. LI + IBFR = low intensity combined with intermittent blood flow restriction; LI + CBFR = low intensity combined with continuous blood flow restriction; HI = high-intensity protocol.

and after the exercise session for all protocols, LI + IBFR ($p < .001$, $\Delta = 1.1\%$), LI + CBFR ($p < .001$, $\Delta = 1.08\%$), and HI ($p < .001$, $\Delta = 1.3\%$). Significant increases in HR were observed between the end of the bench press exercise versus biceps curl, lat pull-down versus biceps curl, and triceps curl versus biceps curl ($p < .001$; $p < .001$; $p < .001$, respectively) for the LI + IBFR protocol. For the LI + CBFR protocol, significant increases in HR were observed between the end of the bench press versus lat pull-down, bench press versus triceps curl, bench press versus biceps curl, lat pull-down versus biceps curl, and triceps curl versus biceps curl exercises ($p = .021$; $p = .001$; $p < .001$; $p < .001$; $p < .001$, respectively). For the HI protocol, significant increases in HR were observed between the end of the bench press versus lat pull-down, bench press versus triceps curl, bench press versus biceps curl, lat pull-down versus biceps curl, and triceps curl versus biceps curl exercises ($p = .005$; $p < .001$; $p < .001$; $p = .001$; $p = .004$, respectively; Table 1).

The nonparametric Friedman test revealed significant differences between the protocols ($p < .001$; $p < .001$, respectively) in local and general RPE. The Wilcoxon test indicated greater local RPE in the HI protocol compared with the LI + CBFR protocol ($p = .016$) for the bench press exercise. In the lat pull-down exercise, greater local ($p = .005$; $p = .011$) and general ($p = .005$; $p = .007$) RPE was observed for the HI protocol compared with the LI + IBFR and LI + CBFR protocols, respectively. In the triceps curl exercise, greater local ($p = .007$) and general ($p = .008$) RPE were observed for the HI protocol compared with the LI + IBFR protocol. In the biceps curl exercise, greater local ($p = .034$) and general ($p = .020$) RPE were observed for the HI protocol compared with the LI + IBFR protocol, as well as greater local RPE ($p = .026$) for the HI protocol compared with the LI + CBFR protocol (Table 2).

For comparative analysis of DP by two-way ANOVA, there were no significant interactions between Protocols $\times$ Time, $F(2, 6) = 2.831$; $\eta^2 = 0.173$; $p < .077$,

Table 1. Comparative Analysis of Heart Rate (HR) With Each Exercise Between the Study Protocols.

HR	Before	Bench press After	Lat pull-down After	Triceps curl After	Biceps curl After
LI + IBFR	71.0 $\pm$ 9.4	111.3 $\pm$ 13.4 ^c	117.1 $\pm$ 14.3 ^c	118.7 $\pm$ 20.4 ^c	152.2 $\pm$ 19.1 ^c
LI + CBFR	74.5 $\pm$ 13.2	109.9 $\pm$ 14.4 ^c	123.7 $\pm$ 18.4 ^c	129.9 $\pm$ 21.7 ^c	155.5 $\pm$ 20.4 ^c
HI	71.2 $\pm$ 5.8	136.8 $\pm$ 27.4 ^{a,b,c}	154.2 $\pm$ 13.6 ^{a,b,c}	159.2 $\pm$ 14.1 ^{a,b,c}	168.9 $\pm$ 8.1 ^{a,b}

LI + IBFR = low intensity combined with intermittent blood flow restriction; LI + CBFR = low intensity combined with continuous blood flow restriction; HI = high-intensity protocol.

^aSignificant difference between LI + IBFR versus HI.

^bSignificant difference between LI + CBFR versus HI.

^cSignificant difference between pre versus immediately post each exercise.

and between protocols, $F(2, 6) = 2.373$; $\eta^2 = 0.149$; $p = .112$; however, there was a significant interaction effect in time tempo, $F(2, 6) = 483.127$; $\eta^2 = 0.947$; $p < .001$. A significant increase was evident between before versus after the exercise session measurements for all protocols, LI + IBFR ($p < .001$, $\Delta = 1.6\%$), LI + CBFR ($p < .001$, $\Delta = 1.8\%$), and HI ($p < .001$, $\Delta = 2.2\%$; Figure 2).

Discussion

This study compared the acute effects of RE for the upper limb with continuous and intermittent BFR on lactate, HR, DP, and RPE in military men. To our knowledge, this was the first study to compare hemodynamics and RPE after an upper limb RE session with continuous and intermittent BFR. The main findings were as follows: (a) the three RE protocols increased lactate and DP at the end of the session and increased the HR at the end of each exercise; (b) higher local and general RPE was observed in the HI protocol compared with the LI + IBFR and LI + CBFR protocols in the lat pull-down, triceps curl, and biceps curl exercises; and (c) a higher percentage variation in DP and lactate was observed for continuous compared with intermittent BFR, but mean RPE values were lower for intermittent BFR. These data support our hypothesis of no difference in RPE and hemodynamic variables when BFR is continuous versus intermittent.

Although no study has compared the effect of continuous and intermittent BFR on lactate, some studies have evaluated the effect of RE with isolated continuous BFR (Loenneke, Kearney, et al., 2010; Loenneke, Wilson, Balapur, et al., 2012; Poto & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Vieira et al., 2015). The mean values of lactate in those studies were lower than those observed here ($7.23 \pm 0.93 \text{ mmolL}^{-1}$, Loenneke, Kearney, et al., 2010; $2.7 \pm 1.4 \text{ mmolL}^{-1}$, Loenneke, Wilson, Balapur, et al., 2012); and lactate lower

Table 2. Comparative Analysis of Perceived Exertion (RPE) of Each Exercise Between the Study Protocols.

RPE after	Bench press		Lat pull-down		Triceps curl		Biceps curl	
	Local	General	Local	General	Local	General	Local	General
LI + IBFR	5.2 $\pm$ 2.4	4.5 $\pm$ 2.7	3.8 $\pm$ 1.9	3.4 $\pm$ 2.6	5.8 $\pm$ 2.5	4.5 $\pm$ 2.6	7.6 $\pm$ 2.0	6.8 $\pm$ 2.8
LI + CBFR	4.3 $\pm$ 2.4	4.6 $\pm$ 1.8	4.3 $\pm$ 2.3	4.3 $\pm$ 2.2	7.2 $\pm$ 3.2	6.8 $\pm$ 3.1	7.7 $\pm$ 3.0	7.5 $\pm$ 3.2
HI	6.8 $\pm$ 1.8 ^b	6.3 $\pm$ 2.2	7.5 $\pm$ 1.9 ^{a,b}	7.2 $\pm$ 1.8 ^{a,b}	8.7 $\pm$ 2.1 ^a	8.0 $\pm$ 2.2 ^a	9.4 $\pm$ 1.5 ^{a,b}	9.2 $\pm$ 1.3 ^a

LI + IBFR = low intensity combined with intermittent blood flow restriction; LI + CBFR = low intensity combined with continuous blood flow restriction; HI = high-intensity protocol.

^aSignificant difference between LI + IBFR versus HI.

^bSignificant difference between LI + CBFR versus HI.

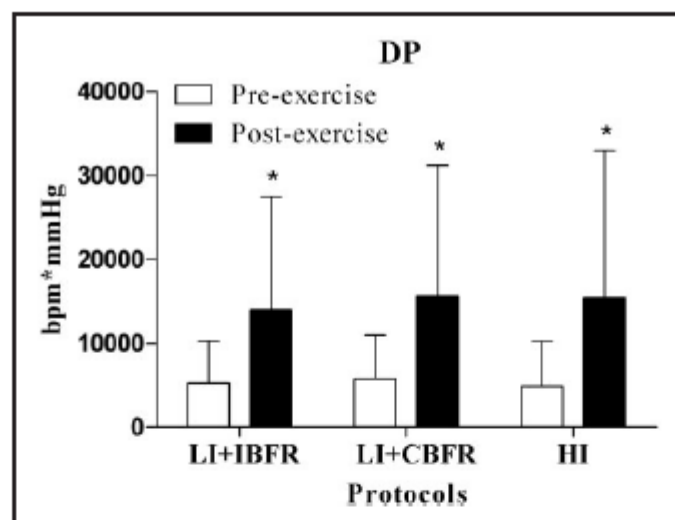


Figure 2. Comparative analysis of double product (DP) pre- and immediately after postexercise session between the study protocols.

*Significant difference between pre- versus immediately postexercise. LI + IBFR = low intensity combined with the intermittent blood flow restriction; LI + CBFR = low intensity combined with continuous blood flow restriction; HI = high-intensity protocol.

than 3 mmolL^{-1} (Reeves et al., 2006; Vieira et al., 2015)], perhaps because prior studies used only single-joint exercises (unilateral or bilateral knee extension and unilateral elbow flexion or plantar flexion). In addition, the exercise volume was higher in the present study, as four exercises were completed (one exercise session) with bilateral, unilateral, and multiple joint execution. Of those five prior studies, three compared the lactate or HR and DP responses between continuous BFR and HI protocols (Poton & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Vieira et al., 2015). The results of these studies corroborate our findings regarding increases in lactate (Poton & Polito, 2014; Reeves et al., 2006; Vieira et al., 2015), HR, and DP (Poton & Polito, 2014) for the HI protocol, as well as for LI with continuous BFR protocol immediately postexercise, with no significant differences between these protocols; however, the mean values were higher for the HI protocol. Unlike the lactate or HR and DP data, Poton and Polito (2014) and Vieira et al. (2015) obtained different RPE than those obtained here. Those studies found a higher RPE in the protocol with continuous BFR compared with the HI protocol, which may be due to continuous BFR showing a higher tension time which increases the levels of H^+ ions (Loenneke, Wilson, & Wilson, 2010; Manini & Clark, 2009), making the muscle involved in the BFR too acidic and leading to a stronger RPE response. However, the high mechanical stress caused by the HI protocols may be responsible for the higher increase in lactate, HR, and DP, regardless of exercise volume (one exercise or one session), and the metabolic stress promoted by continuous BFR may be responsible

for the increase in RPE due to the increased hyperemia, H^+ ions, and lactate, which can be verified with low exercise volume (only one exercise).

Moreover, in the present study, a significant increase in lactate was observed for the HI protocols compared with the LI protocol with intermittent BFR, which may be due to the release of the cuff pressure having promoted less metabolic stress and consequently, less muscle fatigue, leading a lower increase in mean DP and RPE compared with the LI protocols. Another explanation is that intermittent BFR promotes lower levels of muscle pain compared with continuous BFR (Fitschen et al., 2014), which could cause less strain on the muscles involved.

Other studies have assessed the effect of intermittent BFR on only HR (Figueroa & Vicil, 2011; Kacin & Strazar, 2011; Neto, Sousa, et al., 2016; Rossow et al., 2011) and DP (Neto, Sousa, et al., 2016); only two studies (Neto, Sousa, et al., 2016; Rossow et al., 2011) have compared intermittent BFR with HI. The study by Rossow et al. (2011) corroborates our findings, as it found a significant increase in HR in the HI protocol compared with LI with intermittent BFR after only one leg RE session. However, Neto, Sousa et al. (2016) found no significant difference in HR or DP between the HI and LI with intermittent BFR protocols after one session of arm and leg (agonist and antagonist) RE. Regarding RPE, the findings of Neto, Sousa et al. (2016) differ from the results obtained here. That study found that the RPE was higher for intermittent BFR compared with the HI protocol. Thus, when reviewing the results of studies on RPE (Loenneke, Kearney, et al., 2010; Neto, Sousa, et al., 2016; Poton & Polito, 2014; Vieira et al., 2015), the use of isolated exercises with continuous or intermittent BFR leads to higher RPE compared with the HI protocol. However, when considering one training session in only one body segment (upper or lower), RPE appears to be higher for the HI protocol, which may be due to the higher exercise volume in this condition compared with the BFR conditions. Additionally, local RPE appears to increase more after continuous and intermittent BFR of the muscles involved in the BFR (e.g., biceps and triceps) compared with the muscles not involved in BFR (e.g., pectoral and dorsal), which occurs due to hyperemia and H^+ ion concentrations increasing more on the occluded site, promoting increased RPE (Loenneke, Wilson, et al., 2010). However, there may be an increase in muscle strength (6%), triceps muscle mass (8%), and pectoralis major mass (16%) after 2 weeks of training in the bench press exercise (30% 1RM; 4 sets; 30 reps in the first set; 15 reps in the second, third and fourth sets; 30 seconds of rest between sets; Yasuda, Fujita, Ogasawara, Sato, & Abe, 2010).

The study by Brandner et al. (2014), the first to compare the effect of RE (unilateral elbow flexion) with continuous and intermittent BFR on HR and DP, showed that the intermittent BFR protocol promoted a significant increase in HR at the end of the second set compared with continuous BFR; however, no significant differences in HR and DP were observed at the end of the fourth set

between continuous and intermittent BFR. In contrast, the mean HR and DP values in the intermittent BFR protocol were higher than those of continuous BFR, which may have occurred due to some methodological limitations of the study. The authors compared the acute effect of RE for arms in four conditions: HI (80% 1RM; four sets of 6–8 reps; 150 seconds rest between sets) without BFR, LI (20% 1RM; 4 sets; 30 reps in the first set; 15 reps in the second, third, and fourth sets; 30 seconds rest between sets) without BFR, and two LI protocols with application of continuous (91 mm Hg) and intermittent BFR (151 mm Hg) with a cuff width of 10.5 cm. The increased HR and DP values at the end of exercise may have occurred due to the use of different pressure levels for the continuous (80% resting SBP) and intermittent (130% resting SBP) BFR and only one single-joint exercise (arm flexion), performed unilaterally. Therefore, the methodology of the present study is closer to a real training situation because we used bilateral, single- and multijoint exercises, which enabled a higher training volume than in the study by Brandner et al. (2014); we used four exercises, which strengthen the comparison of the continuous and intermittent BFR results.

An analysis of these findings suggests that intermittent BFR can be an excellent training option for healthy participants due to the increase in muscle activation (Yasuda et al., 2013), gain in muscle strength, and lean body mass (Fitschen et al., 2014) and increase in lactate, HR, and DP, all of which are similar between continuous and intermittent BFR conditions. However, intermittent BFR had lower RPE, which may be of fundamental importance for lowering pain, motivating participants, and helping them adhere to training protocols. This study contributes to the BFR training literature and assists a more complete understanding of the efficiency and safety of this technique.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

References

- Araújo, J. P., Neto, G. R., Loenneke, J. P., Bemben, M. G., Laurentino, G., Batista, G., . . . Cirilo-Sousa, M. S. (2015). The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *Journal of the American Aging Association*. doi:10.1007/s11357-11015-19851-11354
- Araújo, J. P., Silva, E. D., Silva, J. C. G., Souza, T. S. P., Lima, E. O., Guerra, I., . . . Sousa, M. S. C. (2014). The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. *Journal of Human Kinetics*, 43, 79–85.

- Beck, T. W. (2013). The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 2323–2337.
- Brandner, C. R., Kidgell, D. J., & Warmington, S. A. (2014). Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25, 770–777.
- Fahs, C. A., Rossow, L. M., Seo, D., Loenneke, J. P., Sherk, V. D., Kim, E., ... Bemben, M. G. (2011). Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2969–2975.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175–191.
- Figuroa, A., & Vicil, F. (2011). Post-exercise aortic hemodynamic responses to low-intensity resistance exercise with and without vascular occlusion. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21, 431–436.
- Fitschen, P. J., Kistler, B. M., Jeong, J. H., Chung, H. R., Wu, P. T., Walsh, M. J., ... Wilund, K. R. (2014). Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34, 356–363.
- Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., ... Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 103, 903–910.
- Gil, A. L. S., Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Dias, I., Vianna, J., Nunes, R. A. M., & Novaes, J. S. (2015). Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35. doi: 10.1111/cpf.12291. [Epub ahead of print]
- Kacin, A., & Strazar, K. (2011). Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21, 231–241.
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., Neves, M. Jr., ... Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44, 406–412.
- Loenneke, J. P., Balapur, A., Thrower, A. D., Barnes, J. T., & Pujol, T. J. (2011). The perceptual responses to occluded exercise. *International Journal Sports Medicine*, 32, 181–184.
- Loenneke, J. P., Kearney, M. L., Thrower, A. D., Collins, S., & Pujol, T. J. (2010). The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2831–2834.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Balapur, A., Thrower, A. D., Barnes, J. T., & Pujol, T. J. (2012). Time under tension decreased with blood flow-restricted exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32, 268–273.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C., & Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 1849–1859.
- Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International Journal Sports Medicine*, 31, 1–4.

- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37, 78–85.
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Dias, I., Brown, A., Vianna, J., & Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: a systematic review. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. doi:10.1111/cpf.12368
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Costa, P. B., Salles, B. F., Novaes, G. S., & Novaes, J. S. (2015). Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, 1064–1070.
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Silva, G. V. C., Gil, A. L. S., Salles, B. F., & Novaes, J. S. (2016). Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 36, 53–59.
- Pickering, T. G., Hall, J. E., Appel, L. J., Falkner, B. E., Graves, J., Hill, M. N., ... Roccella, E. J. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals part 1: Blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*, 111, 697–716.
- Pierce, J. R., Clark, B. C., Ploutz-Snyder, L. L., & Kanaley, J. A. (2006). Growth hormone and muscle function responses to skeletal muscle ischemia. *Journal of Applied Physiology*, 101, 1588–1595.
- Poton, R., & Polito, M. D. (2014). Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34, 231–236.
- Reeves, G. V., Kraemer, R. R., Hollander, D. B., Clavier, J., Thomas, C., Francois, M., ... Castracane, V. D. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 101, 1616–1622.
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 918–920.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 333–341.
- Rosow, L. M., Fahs, C. A., Sherk, V. D., Seo, D., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2011). The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31, 429–434.
- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2015). Exercise with blood flow restriction: An updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Medicine*, 45, 313–325.
- Shephard, R. J. (1988). PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*, 5, 185–195.
- Silva, J. C. G., Neto, G. R., Freitas, E., Neto, E., Batista, G., Torres, M., ... Sousa, M. S. C. (2015). Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular

- strength among women with osteoporosis. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 18, 33–41.
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., ... Tsutsui, H. (2010). Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*, 108, 1563–1567.
- Suga, T., Okita, K., Takada, S., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Yokota, T., ... Horiuchi, M. (2012). Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 3915–3920.
- Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K., Kato, M., Uno, K., ... Hirata, Y. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 95, 65–73.
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 88, 61.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88, 2097.
- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P. B., ... Chacon-Mikahil, M. P. T. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, 1071–1076.
- Vieira, P. J., Chiappa, G. R., Umpierre, D., Stein, R., & Ribeiro, J. P. (2013). Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 2288–2294.
- Vieira, A., Gadelha, A. B., Ferreira, J. J. B., Vieira, C. A., Melo, K. V. K. S. E., Cadore, E. L., ... Bottaro, M. (2015). Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35, 323–327.
- Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y., & Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 30, 338–343.
- Yasuda, T., Loenneke, J. P., Ogasawara, R., & Abe, T. (2013). Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 100, 419–426.

Author Biographies

Gabriel R. Neto is a PhD student in the Department of Physical Education – Associate Graduate Program in Physical Education UPE / UFPB. His research interests involve the resistance exercise with blood flow restriction with different objectives in different populations.

Jefferson S. Novaes is an assistant professor (PhD) at the Department of Gymnastics, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Physical Education Graduate Program. His research interests involve the resistance exercise with blood flow restriction with different objectives in different populations.

Verônica P. Salerno is an assistant professor (PhD) at the Department of Gymnastics, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Physical Education Graduate Program.

Michel M. Gonçalves is MD at the Department of Gymnastics, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Physical Education Graduate Program.

Bruna K. L. Piazzera is MD at the Department of Medicine, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Endocrine Medicine Graduate Program.

Thais Rodrigues-Rodrigues is a research assistant in Kinanthropometry and Human Development Laboratory in Federal University of Paraíba (UFPB).

Maria S. Cirilo-Sousa is an assistant professor (PhD) in the Department of Physical Education – Associate Graduate Program in Physical Education UPE / UFPB. His research interests involve the resistance exercise with blood flow restriction with different objectives in different populations.

ANEXO G: PUBLICAÇÃO ONLINE DO ARTIGO 4

JOURNAL OF SPORTS SCIENCES, 2017
<http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2017.1283430>



Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress?

Gabriel R. Neto^{a,b,c}, Jefferson S. Novaes^b, Verônica P. Salerno^d, Michel M. Gonçalves^{b,e}, Gilmário R. Batista^{a,c} and Maria S. Cirilo-Sousa^{a,c,f}

^aDepartment of Physical Education, Associate Graduate Program in Physical Education UPE/UFPB, João Pessoa, Brazil; ^bDepartment of Gymnastics, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Physical Education Graduate Program, Rio de Janeiro, Brazil; ^cDepartment of Physical Education, Federal University of Paraíba (UFPB) Kinanthropometry and Human Development Laboratory, João Pessoa, Brazil; ^dDepartment of Bioscience of Physical Activity, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Physical Education Graduate Program, Rio de Janeiro, Brazil; ^eBrazilian Army Research Institute of Physical Fitness, Rio de Janeiro, Brazil; ^fDepartment of Physical Education, Regional University of Cariri (URCA), Crato, Brazil

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effect of low-load resistance exercise (LLRE) with continuous and intermittent blood flow restriction (BFR) on the creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), protein carbonyl (PC), thiobarbituric acid-reactive substance (TBARS) and uric acid (UA) levels in military men. The study included 10 recreationally trained men aged 19 ± 0.82 years who underwent the following experimental protocols in random order on separate days (72–96 h): 4 LLRE sessions at a 20% 1RM (one-repetition maximum [1RM]) with continuous BFR (LLRE + CBFR); 4 LLRE sessions at 20% 1RM with intermittent BFR (LLRE + IBFR) and 4 high-intensity resistance exercise (HIRE) sessions at 80% 1RM. The CK and LDH (markers of muscle damage) levels were measured before exercise (BE), 24 h post-exercise and 48 h post-exercise, and the PC, TBARS and UA (markers of oxidative stress) levels were measured BE and immediately after each exercise session. There was a significant increase in CK in the HIRE 24 post-exercise samples compared with the LLRE + CBFR and LLRE + IBFR ($P = 0.035$, $P = 0.036$, respectively), as well as between HIRE 48 post-exercise and LLRE + CBFR ($P = 0.049$). Additionally, there was a significant increase in CK in the LLRE + CBFR samples BE and immediately after each exercise ($\Delta = 21.9\%$) and in the HIRE samples BE and immediately after each exercise, BE and 24 post-exercise, and BE and 48 post-exercise (Δ values of 35%, 177.6%, and 177.6%, respectively). However, there were no significant changes in LDH, PC, TBARS, and UA between the protocols ($P > 0.05$). Therefore, a physical exercise session with continuous or intermittent BFR did not promote muscle damage; moreover, neither protocol seemed to affect the oxidative stress markers.

ARTICLE HISTORY

Accepted 12 January 2017

KEYWORDS

Vascular occlusion; kaatsu; resistance training; cellular data

Introduction

The Japanese developed a resistance exercise (RE) programme known as kaatsu training nearly 50 years ago that involves vascular occlusion. This programme has been used to increase overall strength (Laurentino et al., 2012; Silva et al., 2015; Sousa et al., 2017; Vechin et al., 2015) and muscle mass (Laurentino et al., 2012; Vechin et al., 2015). Participants use low loads [20–30% of the one-repetition maximum (1RM)], which greatly deviates from the method established by the American College of Sports Medicine that recommends an intensity equal to or higher than 65% 1RM (ACSM, 2009), in combination with blood flow restriction (BFR) using elastic bands or standard sphygmomanometers (Manini & Clark, 2009; Sato, 2005). The exercise has been proven to be safe in relation to hemodynamics (Neto et al., 2016, 2016, 2015, 2016; Vilaça-Alves et al., 2016). In addition, the kaatsu training method has also been used to increase localised muscle

endurance (Gil et al., 2015; Kacin & Strazar, 2011; Sousa et al., 2017) and functional capacity (Araujo et al., 2015).

Since the emergence of this method, several studies have standardised procedures to improve the safety and effectiveness of some parameters, including load intensity (Suga et al., 2010), cuff size (Rossow et al., 2012), pressure (Sumide, Sakuraba, Sawaki, Ohmura, & Tamura, 2009) and the BFR application method (continuous or intermittent). Studies have evaluated the effect of continuous and intermittent BFR on muscle activation (Yasuda, Loenneke, Ogasawara, & Abe, 2013) and the effects of BFR on metabolic stress and the recruitment of fast fibres (Suga et al., 2012), hemodynamics (Brandner, Kidgell, & Warmington, 2015; Neto et al., 2016) and muscle strength as well as lean mass (Fitschen et al., 2014). However, these studies used a single exercise with a unilateral and single-joint execution, except for two studies (Neto et al., 2016, 2016) that used multi-joint and bilateral exercises. Although previous studies found no significant differences in muscle strength or muscle mass in the lower limbs between

CONTACT Gabriel R. Neto gabrielrodrigues_1988@hotmail.com Department of Physical Education, Associate Graduate Program in Physical Education UPE/UFPB, Federal University of Paraíba, University City, Research Center for Human Movement Sciences, Kinanthropometry Laboratory, Room 06 and 08, Castelo Branco, João Pessoa, 58051-900, Brazil

© 2017 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

continuous and intermittent BFR (Fitschen et al., 2014) or differences in muscle activation of the upper limbs (Yasuda et al., 2013), the best strategy for working with BFR in a training session for the upper limbs is unknown.

To identify the safest and most effective methods to apply kaatsu training, it is important to understand the effects of continuous and intermittent BFR during physical exercise sessions for the upper limbs. Metabolic stress seems to occur more with continuous BFR and high intensity exercise when compared to intermittent BFR (Suga et al., 2012), which appears to increase the pain experienced during exercise sessions (Fitschen et al., 2014). Since this can influence adherence to training, it is necessary to conduct studies in controlled healthy populations (e.g., young military personnel) with safety protocols and appropriate methods for extrapolation to populations with specialised needs.

Furthermore, the incidence of muscle damage and oxidative stress must be determined. Other studies have evaluated the effect of LLRE with continuous BFR (LLRE + CBFR) through biochemical markers of muscle damage (Clark et al., 2011; Karabulut, Sherk, Bembem, & Bembem, 2013; Madarame, Kurano, Fukumura, Fukuda, & Nakajima, 2013; Takarada et al., 2000) and oxidative stress (Garten, Goldfarb, Crabb, & Waller, 2015; Goldfarb et al., 2008; Takarada et al., 2000). However, no studies have evaluated the effect of LLRE with intermittent BFR (LLRE + IBFR) on biochemical markers of muscle damage and oxidative stress. Additionally, no previous studies have compared the acute effects of LLRE + CBFR or LLRE + IBFR in the upper limbs on muscle damage markers (creatine kinase [CK] and lactate dehydrogenase [LDH]) and oxidative stress markers (protein carbonyl [PC], thiobarbituric acid-reactive substances [TBARS] and uric acid [UA]).

The aim of the present study was to compare the effect of low-load resistance exercise (LLRE) with continuous and intermittent BFR in the upper limbs, as defined in kaatsu training, on muscle damage and oxidative stress in military men to more common exercise. We hypothesised that high-intensity resistance exercise (HIRE) would significantly increase muscle damage compared to continuous and intermittent BFR. In addition, we expected that a high-intensity session and continuous BFR would significantly increase oxidative stress markers compared with intermittent BFR.

Methods

Participants

The study group was composed of 10 recreationally trained [1–5 years strength training (Rhea, 2004)] normotensive military men (age 19 ± 0.8 years, weight 78.8 ± 10.8 kg, height 174.6 ± 5.4 cm and body mass index [BMI] 25.7 ± 2.7 m² · kg⁻¹, SBP = 123.83 ± 9.7 mm Hg; DBP = 79.8 ± 8.3 mm Hg). Participants who responded positively to any of the items on the Physical Activity Readiness Questionnaire (Shephard, 1988), missed one of the training sessions, presented musculoskeletal injuries in the upper limbs, smoked or hypertensive were excluded. Written informed consent was obtained from all participants after an explanation was given about the aims, risks and benefits involved in the study. The study was

approved by the local Ethics Committee of Federal University of Paraíba (protocol number 0476/13) and performed in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki.

The sample size was calculated using G*Power software version 3.1. Based on an a priori analysis, the sample size of 10 was considered to have a power of 0.80, an α of 0.05, a correlation coefficient of 0.5, a nonsphericity correction of 1 and an effect size (ES) of 0.45, which correlated to a statistical power of 82.4% as calculated by adopting the procedures suggested by Beck (2013). This a priori analysis of the statistical power was conducted to decrease the probability of type II errors and to determine the minimum number of participants required for this investigation.

Study design

During the first visit to the laboratory, anthropometric parameters and muscle strength (bench press, lateral pull-down, triceps curl with pulley and biceps curl with pulley, respectively) were evaluated. After the first visit, the participants visited the laboratory on three separate occasions between 72 and 96 h apart to complete the following three protocols in random order using the crossover model (Figure 1): (a) an LLRE + CBFR session at 20% 1RM; (b) an LLRE + IBFR session at 20% 1RM and (c) a HIRE session at 80% 1RM. All three protocols were performed at the same time of the day, and the measurements were made before exercise (BE), immediately after exercise (IAE), 24 h after exercise (24 AE) and 48 h after exercise (48 AE). Participants in the study were instructed to avoid caffeine, chocolate, nutritional supplements and alcohol as well as to abstain from exercise for 4 weeks before, during and 4 weeks after the study period. In addition, participants were instructed to sleep for a minimum of 6 h the night before the training sessions. Finally, the participants were instructed to maintain the same eating habits during the study period and to not perform the Valsalva manoeuvre during the training sessions.

Procedures

Anthropometric evaluation and calculation of BFR

Initially, a stadiometer and scale (model 31, Filizola, São Paulo, Brazil) were used to measure the height and body mass to the nearest 0.5 cm and 0.1 kg, respectively. These measurements were calculated later to provide the BMI (m² · kg⁻¹). Blood

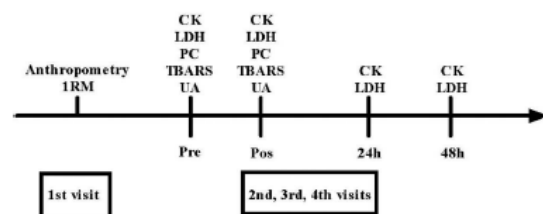


Figure 1. Graphical representation of the experimental design. CK: creatine kinase; LDH: lactate dehydrogenase; PC: protein carbonyl; TBARS: thiobarbituric acid-reactive substance; UA: uric acid.

pressure was measured with the participants seated and a standard sphygmomanometer (komprimeter pneumatic tourniquet for haemostasis in extremities, Riester, Jungingen, Germany) for the arm (60 mm width and 470 mm length) that was placed in the region of the axillary fold to measure blood pressure at the beginning of each continuous and intermittent BFR protocol. Total BFR was obtained by multiplying the systolic blood pressure by 1.3 (Brandner et al., 2015; Neto et al., 2016, 2016; Suga et al., 2010). The cuff was inflated or deflated between each exercise set.

1RM test

Four exercises were performed bilaterally (bench press, front pulldown, triceps curl and direct biceps curl). Initially, each participant performed a warm-up with a series of 5–10 repetitions at 40–60% of the maximum perceived strength with a 1-min interval between each set. After the 1-min interval, a second series was performed with three to five repetitions at 60–80% of the maximum perceived strength. After a 1-min rest, five tests of strength were attempted, and the load was adjusted before each new attempt. The recovery time between attempts was standardised at 3–5 min with an interval of 20 min for recovery between different exercises. The test was interrupted when the individual failed to properly execute the movement and the maximum load considered was the load moved in the last successful attempt.

Sample collection and processing

Blood samples (5 mL) were collected from the antecubital vein in vacutainer tubes 20 min BE, 60–90 s IAE, 24 PE and 48 PE and immediately placed on ice for transport. The blood samples were centrifuged at $1500 \times g$ for 15 min at 4°C, and the plasma was removed and stored at –80°C for subsequent analysis.

Assessment of muscle damage and oxidative stress

The CK, LHD and UA levels were measured using a Biodin® commercial kit following the manufacturer's specifications. TBARS and PC were measured as described in Rosa-Lima, Lannes, Viana-Gomes, Pierucci and Salerno (2015). The absorbance was read in a 96-well microplate on the Spectra Max Paradigm apparatus (Molecular Devices, USA). The intra-assay coefficient variation was 2.6% for CK, 1% for LHD, 0.51% for AU, 5.5% for TBARS and 4.7% for PC. The analysis of PC data was only available for five participants due to sample lost.

Experimental sessions

Four RE sessions were performed bilaterally as follows: bench press (with a conventional bar and calibrated weights), front pulldown, triceps curl and direct biceps curl (on conventional machines; Physicus®, Brazil). All participants executed three protocols in random order as follows: four LLRE + CBFR at 20% 1RM, four LLRE + IBFR at 20% 1RM and four HIRE at 80% 1RM (HIRE). For the LLRE + CBFR and LLRE + IBFR protocols, the participants completed a series of 30 repetitions followed by three sets of 15 repetitions at 20% 1RM with a 30-s interval between each series and a 1-min interval between each exercise while wearing a standard blood pressure sphygmomanometer (komprimeter pneumatic tourniquet for haemostasis

in extremities, Riester, Jungingen, Germany) on the arms (60 mm width and 470 mm length) placed at the most proximal region (Neto et al., 2016, 2016). For the LLRE + IBFR protocol, the cuff was deflated fully between each set and between each exercise. For the LLRE + CBFR protocol, the cuff was kept inflated between each set but was fully deflated at the end of each exercise. For the HIRE protocol, the participants completed three sets of eight repetitions at 80% 1RM with 2-min intervals between each series and a 1-min interval between each exercise. The execution speed was controlled by a metronome set at 3 s, which was equally divided between concentric and eccentric muscle action. The total volume (VT) of the exercise was calculated by multiplying the total load by the number of sets and repetitions completed in the four exercises (load $\times$ sets $\times$ repetitions).

Statistical analysis

All statistical analyses were performed using SPSS version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The statistical analysis was initially conducted using the Shapiro–Wilk normality test and the Levene homogeneity test. The variables showed a normal distribution and homogeneity ($P > 0.05$). One-way ANOVA followed by the Bonferroni *post-hoc* test was used to compare the total exercise volume and the change of the CK and TBARS between the protocols. The paired *t*-test was used to compare the two BFR protocols employed in the LLRE + CBFR and LLRE + IBFR protocols. Two-way ANOVA with repeated measures (protocols [LLRE + CBFR vs. LLRE + IBFR vs. HIRE] $\times$ time [BE vs. IAE vs. 24 h vs. 48 h]) followed by the Bonferroni *post-hoc* test was used to evaluate possible differences in the CK and LDH levels. Two-way ANOVA followed (protocols [LLRE + CBFR vs. LLRE + IBFR vs. HIRE] $\times$ time [BE vs. IAE]) by the Bonferroni *post-hoc* test was used to evaluate potential differences in the PC and UA levels. The ES was used to verify the magnitudes [trivial < 0.35 , small = 0.35–0.80, moderate = 0.80–1.50 and large > 1.5] of changes between assessments of the protocols (Rhea, 2004). The percent change ($\Delta\%$) [(post – pre)/pre $\times 100$] was used to express significant differences. The level of significance was set at $P \leq 0.05$.

Results

There was a significant difference in the sum of the VT of the four exercises between the protocols [LLRE + CBFR and LLRE + IBFR (4131.0 ± 608.2) vs. HIRE (5598.7 ± 836.7), $P < 0.001$], but no significant differences were observed between the LLRE + CBFR and the LLRE + IBFR protocols ($P = 1.000$). The paired *t*-test results indicated no significant differences between the two BFR methods used in the LLRE + CBFR and LLRE + IBFR protocols (160.95 ± 12.92 and 163.80 ± 10.52 mm Hg, $P = 0.444$, respectively).

The comparative analysis of CK indicated a significant interaction between the protocols and the BFR duration ($F_{(2, 6)} = 3.448$; $\eta^2 = 0.203$; $P = 0.020$). There was a significant difference between the LLRE + CBFR and HIRE ($P = 0.035$) and between the LLRE + IBFR and HIRE ($P = 0.036$) at 24 PE, and between the LLRE + CBFR and HIRE ($P = 0.049$) at 48 PE. Moreover, there was a significant difference between BE and IAE ($P = 0.010$, $\Delta = 21.9\%$;

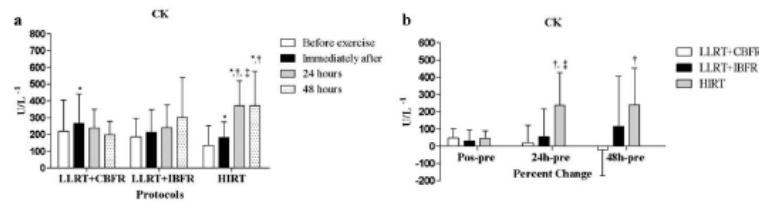


Figure 2. Creatine kinase levels between exercise protocols and time of collection. Panel a graphs the absolute measured levels creatine kinase (CK) between the protocols before exercise, immediately after exercise and 24 and 48 h after exercise ($n = 10$). Panel b shows the calculated changes in the CK levels between pre-exercise levels to immediately, 24 and 48 h post-exercise.

[†]Significant difference between LLRE + CBFR and HIRE; [‡]significant difference between LLRE + IBFR and HIRE; *significant difference compared with the period before exercise. A: Two-way ANOVA with repeated measures; B: one-way ANOVA (Delta); LLRE + CBFR: low-load resistance exercise combined with continuous blood flow restriction; LLRE + IBFR: low-load resistance exercise coupled with intermittent blood flow restriction; HIRE: high-intensity resistance exercise.

ES = 0.25) for the LLRE + CBFR, but no significant difference was observed for the LLRE + IBFR ($P > 0.05$). Additionally, there was a significant increase BE and IAE, BE and 24 PE, and BE and 48 PE ($P = 0.011$, $\Delta = 35\%$, ES = 0.39; $P < 0.001$, $\Delta = 177.6\%$; ES = 1.97; $P = 0.002$, $\Delta = 177.6\%$, ES = 1.97, respectively) for the HIRE protocol (Figure 2(a)). The one-way ANOVA indicated significant differences in the delta values between the LLRE + CBFR and HIRE ($P = 0.012$) and between the LLRE + IBFR and HIRE protocols ($P = 0.040$) BE and 24 PE and between the LLRE + CBFR and HIRE protocols ($P = 0.048$) BE and 48 PE (Figure 2(b)).

The comparative analysis of LDH indicated no significant interaction between the protocols and the time points ($F_{(2, 6)} = 0.972$; $\eta^2 = 0.067$; $P = 0.418$), between the protocols ($F_{(2, 6)} = 0.270$; $\eta^2 = 0.020$; $P = 0.765$), and between time points ($F_{(2, 6)} = 1.947$; $\eta^2 = 0.067$; $P = 0.163$) (Figure 3).

The comparative PC analysis indicated no significant interaction between the protocols and the time points ($F_{(2, 6)} = 0.084$; $\eta^2 = 0.007$; $P = 0.920$) and between the protocols ($F_{(2, 6)} = 0.682$; $\eta^2 = 0.054$; $P = 0.515$). However, there was a significant correlation between PC and the time points ($F_{(2, 6)} = 8.117$; $\eta^2 = 0.253$; $P = 0.009$) (Figure 4). There was no significant increase in the PC levels over time for the LLRE + CBFR, LLRE + IBFR and HIRE protocols ($P = 0.177$; $P = 0.127$; $P = 0.062$, respectively).

The comparative analysis of TBARS indicated no significant differences between the protocols ($P > 0.05$) (Figure 5).

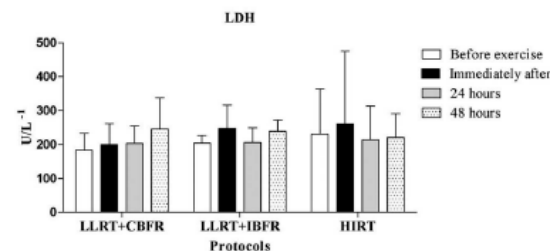


Figure 3. Measured lactate dehydrogenase (LDH) levels. Graphical representation of the LDH for comparison between the protocols before exercise, immediately after exercise along with 24 and 48 h after exercise ($n = 10$). LLRE + CBFR: low-load resistance exercise combined with continuous blood flow restriction; LLRE + IBFR: low-load resistance exercise combined with intermittent blood flow restriction; HIRE: high-intensity resistance exercise.

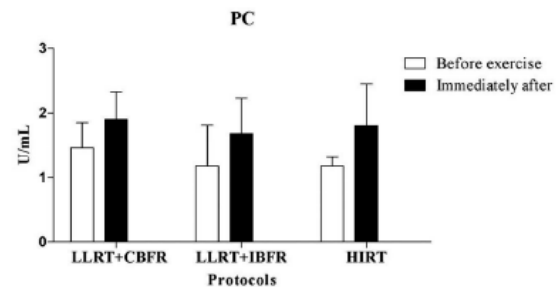


Figure 4. Protein carbonyl (PC) levels before and immediately after different exercise protocols. PC levels were measured in serum samples of participants ($n = 5$) obtained before or within 1 min of the end of three different exercise programmes.

LLRE + CBFR: low-load resistance exercise combined with continuous blood flow restriction; LLRE + IBFR: low-load resistance exercise combined with intermittent blood flow restriction; HIRE: high-intensity resistance exercise.

The comparative analysis of UA indicated no significant interaction between the protocols and the time points ($F_{(2, 6)} = 1.653$; $\eta^2 = 0.109$; $P = 0.210$), between the protocols ($F_{(2, 6)} = 0.268$; $\eta^2 = 0.019$; $P = 0.767$), and between the time points ($F_{(2, 6)} = 3.195$; $\eta^2 = 0.106$; $P = 0.085$) (Figure 6).

Discussion

This study compared the acute effects on muscle damage and oxidative stress of an RE session for the upper limbs combined with continuous or intermittent BFR in military men. To the best of our knowledge, this study was the first to perform an analysis on CK and LDH level to assess muscle damage and the biomarkers PC, TBARS and UA for oxidative stress. Our main findings were as follows: (a) the use of CBFR or IBFR did not cause muscle damage; (b) CBFR increases the CK levels immediately after training; (c) CBFR and IBFR did not appear to change the level of oxidative stress markers and (d) HIRE induced muscle damage but did not change the oxidative stress markers.

Although no previous studies have evaluated the effect of CBFR and IBFR on muscle damage, some studies have evaluated the effect of RE with continuous BFR (RE + CBFR) (Clark et al., 2011; Karabulut et al., 2013; Loenneke et al., 2013; Madarame et al., 2013; Takarada et al., 2000; R. Thiebaud

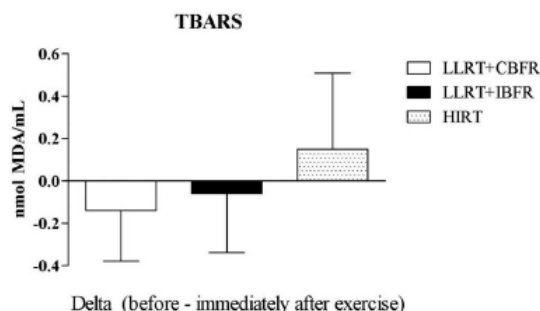


Figure 5. Changes in thiobarbituric acid-reactive substance (TBARS) levels between the protocols. The change in TBARS levels were calculated between the measured values from participant serum before and after exercises ($n = 10$). LLRE + CBFR: low-load resistance exercise combined with continuous blood flow restriction; LLRE + IBFR: low-load resistance exercise combined with intermittent blood flow restriction; HIRE: high-intensity resistance exercise.

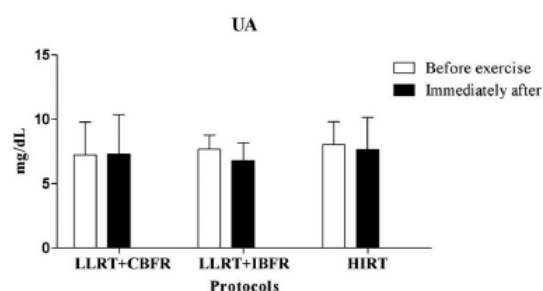


Figure 6. Uric acid (UA) levels before and immediately after exercise. The level of UA was measured in participant serum obtained before and after exercise ($n = 10$).

*Significant difference compared with the period before training; LLRE + CBFR: low-load resistance exercise combined with continuous blood flow restriction; LLRE + IBFR: low-load resistance exercise combined with intermittent blood flow restriction; HIRE: high-intensity resistance exercise.

et al., 2014; R. S. Thiebaud, Yasuda, Loenneke, & Abe, 2013; Umbel et al., 2009; Wernbom, Paulsen, Nilsen, Hisdal, & Raastad, 2012; Wilson, Lowery, Joy, Loenneke, & Naimo, 2013). However, only four studies evaluated the effects of BFR on biochemical markers (Clark et al., 2011; Karabulut et al., 2013; Madarama et al., 2013; Takarada et al., 2000), while other studies evaluated the effect of BFR on muscle damage using pain perception scores. Our analysis of the results from the present study combined with those from other studies that evaluated muscle damage using biochemical analysis or assessment scores indicated that muscle damage did not appear to occur after either CBFR or IBFR regardless of the exercise execution strategy (unilateral vs. bilateral or single-joint vs. multi-joint) or the amount of exercise (one exercise vs. one session). One explanation is that the LL exercises combined with BFR did not increase oxidative stress markers, which would corroborate the findings of Goldfarb et al. (2008) and Garten et al. (2015). These results lead us to hypothesise that muscle damage is not caused by BFR based on the absence of mechanical stress (Pearson &

Hussain, 2015), and the absence of an oxidative stress, as shown herein and in the study by Goldfarb et al. (2008).

Muscle damage may be more associated with mechanical stress caused by high-load exercises, which significantly increase stress in the muscle fibres (Pearson & Hussain, 2015; Roig et al., 2009), and this damage may occur in larger magnitudes in eccentric actions (Roig et al., 2009). However, the use of exercises with predominantly eccentric actions in combination with BFR may prevent muscle damage (Sudo, Ando, Poole, & Kano, 2015). Furthermore, although BFR protocols are conducted with low loads, the intensity is considered high, leading to the accumulation of metabolites and hormones without generating mechanical stress, which may explain the absence of muscle damage (Pope, Willardson, & Schoenfeld, 2013). The findings of the present study did not indicate an increase in the production of free radicals (oxidative stress). Therefore, we speculate that there were no significant changes in cell membranes and that muscle injury, accompanied by inflammation, did not occur in the muscle fibres (Córdova & Navas, 2000). These conclusions are corroborated by the absence of changes in the CK and LDH levels in the BFR protocols. Thus, as more metabolic stress seems to occur with continuous BFR and high-intensity exercise when compared to intermittent (Suga et al., 2012), it is speculated that oxidative stress can also be increased further in these protocols. In addition, it is observed that intense and continuous exercise is accompanied by the production of free radicals that cause alterations of the cellular membranes. This leads to muscle fibre injury, accompanied by an inflammatory process, which leads to a reduction in muscle function, the release of muscle enzymes, evident histological changes and muscular pain (Kuipers, 1994; Nosaka & Clarkson, 1995).

The measured increases in muscle damage and oxidative stress were similar between CBFR and IBFR. Since no significant differences were found between the BFR methods, it was observed that it would not be necessary to increase the metabolic stress with continuous BFR (Suga et al., 2012). In addition, IBFR causes less muscle pain (Fitschen et al., 2014), promotes a lower increase in hemodynamics (Neto et al., 2016, 2016) and has a smaller hypotensive effect (Neto et al., 2016), which may allow a greater amount of training and provide a longer period of tolerable stress with BFR due to the lower sensation of pain. Our findings, together with previous studies, indicated that IBFR might be a better option for those who use this training method to increase muscle activation (Yasuda et al., 2013), gains in muscle strength and lean body mass (Fitschen et al., 2014) that would be an excellent exercise option for both athletes and non-athletes.

There are some limitations associated with the study design. First, blood pressure was measured in a sitting position, but only a single exercise was performed in this position (front pull) and other exercises required participants to change position. In contrast, the evaluation of possible blood pressure constraints from body positions different from that of the exercises seems to be common in the literature (Araujo et al., 2015; Gil et al., 2015; Laurentino et al., 2012; Neto et al., 2015, 2016; Sousa et al., 2017). Furthermore, although the PC levels were evaluated in only five participants, the use of a small sample size to evaluate this method of training did not seem to be

a significant limitation because the small sample size involved a single variable (Goldfarb et al., 2008; Takarada et al., 2000). Another limitation was absence of an evaluation of pain, range of motion and reduced muscle strength that could help further explain the results. Lastly, the ability to extrapolate our conclusions to other populations that differ from the characteristics of the study participants is unknown.

Conclusion

An LLRE session for the upper limbs combined with continuous and intermittent BFR did not seem to promote muscle damage, although CBFR increased the CK levels IAE. Additionally, neither protocol appeared to change oxidative stress markers. Moreover, a HIRE session seemed to cause muscle damage without altering oxidative stress markers. Further studies are required to evaluate different markers of muscle damage and oxidative stress for chronic and acute conditions, particularly studies involving different BFR pressures, different cuff thicknesses and different percentage loads in several populations.

Acknowledgement

We have nothing to declare.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

References

- ACSM. (2009). American college of sports medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670
- Araujo, J. P., Neto, G. R., Loenneke, J. P., Bembem, M. G., Laurentino, G., Batista, G., ... Cirilo-Sousa, M. S. (2015). The effects of water aerobics in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *Age*. doi:10.1007/s11357-015-9851-4
- Beck, T. W. (2013). The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2323–2337. doi:10.1519/JSC.0b013e318278ee0
- Brandner, C. R., Kidgeell, D. J., & Warmington, S. A. (2015). Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(6), 770–777. doi:10.1111/sms.12297
- Clark, B. C., Manini, T. M., Hoffman, R. L., Williams, P. S., Guiler, M. K., Knutson, M. J., ... Kushnick, M. R. (2011). Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(5), 653–662. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01100.x
- Córdova, A., & Navas, F. J. (2000). Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: Papel dos antioxidantes. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 6(5), 204–208. doi:10.1590/S1517-8692200000500006
- Fitschen, P. J., Kistler, B. M., Jeong, J. H., Chung, H. R., Wu, P. T., Walsh, M. J., & Wilund, K. R. (2014). Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(5), 356–363. doi:10.1111/cpf.12100
- Garten, R. S., Goldfarb, A., Crabb, B., & Waller, J. (2015). The impact of partial vascular occlusion on oxidative stress markers during resistance exercise. *International Journal Sports Medicine*, 36(7), 542–549. doi:10.1055/s-0034-1396827
- Gil, A. L. S., Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Dias, I., Vianna, J., Nunes, R. A. M., & Novaes, J. S. (2015). Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorheic women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35. doi:10.1111/cpf.12291
- Goldfarb, A. H., Garten, R. S., Chee, P. D. M., Cho, C., Reeves, G. V., Hollander, D. B., ... Kraemer, R. R. (2008). Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: Influence of partial vascular occlusion. *European Journal of Applied Physiology*, 104(5), 813–819. doi:10.1007/s00421-008-0836-1
- Kacin, A., & Strazar, K. (2011). Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 231–241. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01260.x
- Karabulut, M., Sherk, V. D., Bembem, D. A., & Bembem, M. G. (2013). Inflammation marker, damage marker and anabolic hormone responses to resistance training with vascular restriction in older males. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(5), 393–399. doi:10.1111/cpf.12044
- Kuipers, H. (1994). Exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 15(3), 132–135. doi:10.1055/s-2007-1021034
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., Neves, M., Jr., ... Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(3), 406–412. doi:10.1249/MSS.0b013e318233b4bc
- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Abe, T., & Bembem, M. G. (2013). Blood flow restriction does not result in prolonged decrements in torque. *European Journal of Applied Physiology*, 113(4), 923–931. doi:10.1007/s00421-012-2502-x
- Madarambe, H., Kurano, M., Fukumura, K., Fukuda, T., & Nakajima, T. (2013). Haemostatic and inflammatory responses to blood flow-restricted exercise in patients with ischaemic heart disease: A pilot study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(1), 11–17. doi:10.1111/j.1475-097X.2012.01158.x
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 78–85. doi:10.1097/JES.0b013e31819c2e5c
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Dias, I., Brown, A., Vianna, J., & Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Effects of resistance training with blood flow restriction on hemodynamics: A systematic review. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. doi:10.1111/cpf.12368
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Gonçalves, M., Batista, G. R., Mendonça, R. M. S. C., Miranda, H. L., ... Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. *Motriz: Revista De Educação Física*, 22(3), 198–204. doi:10.1590/S1980-6574201600030011
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Piazaera, B. K. L., Rodrigues-Rodrigues, T., & Cirilo-Sousa, M. S. (2016). Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 0031512516677900.
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Costa, P. B., Salles, B. F., Novaes, G. S., & Novaes, J. S. (2015). Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1064–1070. doi:10.1519/JSC.0000000000000734
- Neto, G. R., Sousa, M. S. C., Silva, G. V. C., Gil, A. L. S., Salles, B. F., & Novaes, J. S. (2016). Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 36(1), 53–59. doi:10.1111/cpf.12193
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1995). Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(9), 1263–1269. doi:10.1249/00005768-199509000-00005
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187–200. doi:10.1007/s40279-014-0264-9
- Pope, Z. K., Willardson, J. M., & Schoenfeld, B. J. (2013). Exercise and blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2914–2926. doi:10.1519/JSC.0b013e3182874721
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 918–920.

- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, D. W. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: A systematic review with meta-analyses. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556–568. doi:10.1136/bjsm.2008.051417
- Rosa-Lima, F. L., Lannes, L., Viana-Gomes, D., Pierucci, A. P. T. R., & Salerno, V. P. (2015). Protein carbonyl levels correlate with performance in elite field hockey players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(7), 683–688. doi:10.1139/apnm-2014-0456
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sher, V. D., Abe, T., & Bembien, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(5), 331–337. doi:10.1111/j.1475-097X.2012.01131.x
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1–5. doi:10.3806/ijkt.1.1
- Shephard, R. J. (1988). PAR-Q, canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*, 5(3), 185–195. doi:10.2165/00007256-198805030-00005
- Silva, J. C. G., Neto, G. R., Freitas, E., Neto, E., Batista, G., Torres, M., & Sousa, M. S. C. (2015). Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 18(4), 33–41.
- Sousa, J. B. C., Neto, G. R., Santos, H. H., Araújo, J. P., Silva, H. G., & Cirilo-Sousa, M. S. (2017). Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biology of Sport*, 34(1), 83–90.
- Sudo, M., Ando, S., Poole, D. C., & Kano, Y. (2015). Blood flow restriction prevents muscle damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions. *Physiological Reports*, 3(7), e12449. doi:10.14814/phy2.12449
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., ... Tsutsui, H. (2010). Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1563–1567. doi:10.1152/jappphysiol.00504.2009
- Suga, T., Okita, K., Takada, S., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Yokota, T., ... Horiuchi, M. (2012). Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3915–3920. doi:10.1007/s00421-012-2377-x
- Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 107–112. doi:10.1016/j.jsams.2007.09.009
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 61.
- Thiebaud, R., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Kim, D., Ye, X., Abe, T., ... Bembien, M. G. (2014). Muscle damage after low-intensity eccentric contractions with blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*, 101(2), 150–157. doi:10.1556/APhysiol.101.2014.23
- Thiebaud, R. S., Yasuda, T., Loenneke, J. P., & Abe, T. (2013). Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage. *Interventional Medicine and Applied Science*, 5(2), 53–59. doi:10.1556/IMAS.5.2013.2.1
- Umbehl, J. D., Hoffman, R. L., Dearth, D. J., Chleboun, G. S., Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 107(6), 687–695. doi:10.1007/s00421-009-1175-6
- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P. B., ... Chacon-Mikahil, M. P. T. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1071–1076. doi:10.1519/JSC.0000000000000703
- Vilaça-Alves, J., Neto, G. R., Morgado, N. M., Saavedra, F., Lemos, R., Moreira, T. R., ... Reis, V. M. (2016). Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 19(3), 100–109.
- Wernbom, M., Paulsen, G., Nilsen, T. S., Hisdal, J., & Raastad, T. (2012). Contractile function and sarcolemmal permeability after acute low-load resistance exercise with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 112(6), 2051–2063. doi:10.1007/s00421-011-2172-0
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., & Naimo, M. A. (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 3068–3075. doi:10.1519/JSC.0b013e31828a1ffa
- Yasuda, T., Loenneke, J. P., Ogasawara, R., & Abe, T. (2013). Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 419–426. doi:10.1556/APhysiol.100.2013.4.6