



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Elcy Ramon Franco Carvalho

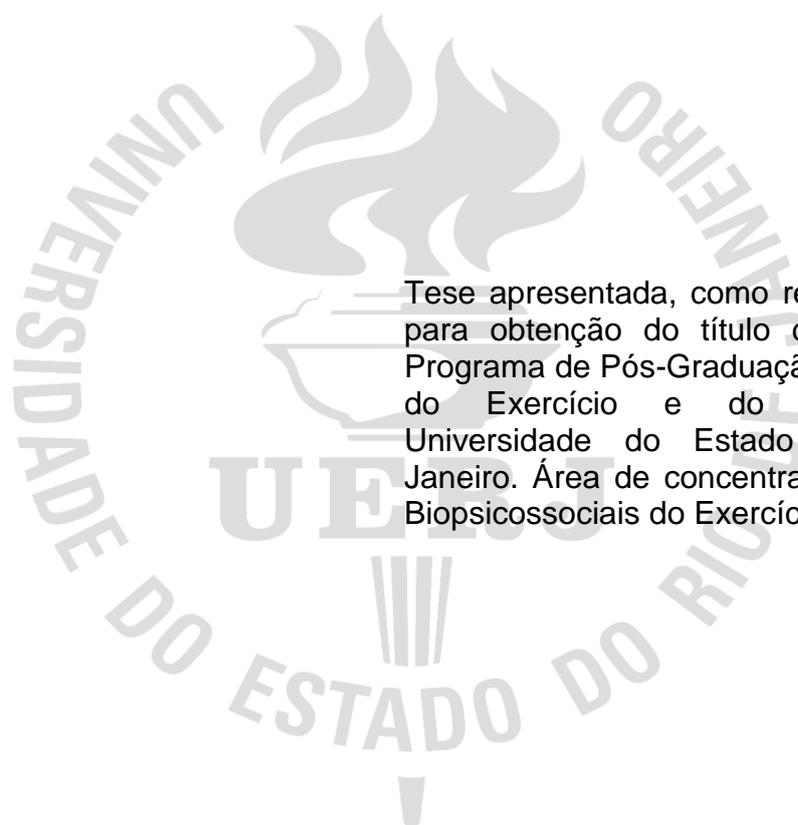
**Efeito crônico do exercício aeróbio ou contrarresistência
combinado com a restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e a
hipertrofia muscular: revisão sistemática com metanálise**

Rio de Janeiro

2022

Elcy Ramon Franco Carvalho

Efeito crônico do exercício aeróbio ou contrarresistência combinado com a restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e a hipertrofia muscular: revisão sistemática com metanálise



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Chagas Gomes

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

C331 Carvalho, Elcy Ramon Franco.
Efeito crônico do exercício aeróbio ou contrarresistência combinado com a restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e a hipertrofia muscular: revisão sistemática com metanálise / Elcy Ramon Franco Carvalho. – 2022.
149 f.: il.

Orientador: Paulo Sergio Chagas Gomes.
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Exercícios físicos – Teses. 2. Exercícios aeróbicos – Teses. 3. Desempenho físico funcional — Teses. 4. Força muscular – Teses. 5. Contração muscular - Teses. 6. Aumento do músculo esquelético - Teses. I. Gomes, Paulo Sergio Chagas. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 613.72

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Elcy Ramon Franco Carvalho

Efeito crônico do exercício aeróbio ou contrarresistência combinado com a restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e a hipertrofia muscular: revisão sistemática com metanálise

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 10 de fevereiro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Sergio Chagas Gomes (orientador)
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

Prof^a. Dra. Cláudia de Mello Meirelles
Escola de Educação Física do Exército

Prof^a. Dra. Solange de Paula Ramos
Universidade Estadual de Londrina

Prof^a. Dra. Roberta Arnoldi Cobas
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Prof. Dr. Ricardo Brandão de Oliveira
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Elirez Bezerra da Silva
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Rio de Janeiro

2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e a minha família, bases para a minha formação.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Heloina de Fatima Ramon Franco por todo o suporte, apoio, encorajamento e exemplo de vida que me dá todos os dias. Sem você ao meu lado desde o meu nascimento, eu nunca teria alcançado meus objetivos. Sei o quanto você abdicou para que pudesse me dar as duas maiores riquezas que eu poderia receber: honra e educação. Nunca vou esquecer as suas noites em claro quando eu estava doente, o arroz e feijão que faltava no seu prato para que eu não passasse fome, os calos nos pés de tanto andar para que eu tivesse dinheiro para a passagem de ônibus... Esse momento só existe porque você existiu na minha vida. Te amo!

A minha avó Judith Vieira Franco (*in memoriam*) que ao longo de sua vida cuidou de mim com muito carinho e amor, como se fosse seu filho. Poucas pessoas realmente estiveram ao meu lado e a senhora foi uma delas. Caminhou em vida ao meu lado até o último dia 15 de outubro (ainda dói como se fosse hoje) e um dia iremos nos reencontrar. Te amo!

Ao meu avó Wilson Brasil Franco (*in memoriam*) que me ensinou a importância e a beleza de buscar o conhecimento. Foi brincando comigo que me estimulou a ler, escrever, pesquisar e pensar criticamente. Me ensinou também que não há desculpas para acomodação. Não se acomodou com o fato de ter que abandonar a escola para trabalhar. Foi autodidata, virou poeta e deixou a vida terrena como “imortal”. Te amo!

Aos meus irmãos que compreenderam a minha ausência do convívio familiar em muitos momentos. Aline, Andrea, Teresa Cristina (*in memoriam*), Antônio Ignácio e Rodrigo, eu os conheci após a minha infância, mas isso nunca impediu de tê-los no meu coração. Syndoyá, você é a irmã que tive o prazer de estar ao meu lado desde o seu nascimento. Nunca esqueça que é a minha melhor amiga e a pessoa mais corajosa que conheço. Amo todos vocês meus irmãos.

Meus sobrinhos João e Kayanny, no qual o meu amor não cabe no peito. Kaká você sempre será como uma filha pra mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Sergio Chagas Gomes que desde 2007 tem sido uma fonte de inspiração e exemplo. Com o senhor dei meus passos acadêmicos mais importantes. Aprendi estatística, metodologia, fisiologia do

exercício, mas principalmente, aprendi a importância de fazer pesquisa com ética e amor. Também foi muito importante em vários momentos em minha vida particular com seus conselhos e amizade. Sempre será uma honra ser seu aluno.

A Prof^a. Dra. Luciane Pires e Prof^a. Dra. Solange de Paula Ramos, que entraram na minha vida acadêmica neste período de doutoramento. As senhoras foram fundamentais em diversos momentos. Me ajudaram a evoluir como pessoa e profissional, na aquisição de equipamentos fundamentais para que realizasse a minha tese original, confiaram em mim para participar de alguns de seus projetos e me apoiaram em todos os momentos. Não encontro adjetivos para agradecer tudo que as senhoras representaram nesse período.

As funcionárias Maria e Luciana da secretaria da Pós-Graduação pelo carinho e competência que se dedicaram a me ajudar nas questões burocráticas do curso. Em especial, deixo meu agradecimento a Sra. Luciana Rodrigues, que ao longo desses anos se tornou fundamental no meu caminho acadêmico. Sem sua disponibilidade de ajudar, eu sequer teria conseguido finalizar o meu processo de matrícula dentro do prazo. Nos anos seguintes, todas as dúvidas e dificuldades administrativas (não foram poucas) eu recorri a você. Sempre com paciência e carinho, me orientou e me ajudou a ter uma vida acadêmica tranquila administrativamente. Você é um ser humano incrível e uma profissional fantástica. Muito obrigado por tudo!

Aos meus colegas do Laboratório Crossbridges pela confiança, suporte e debates acadêmicos. Um agradecimento especial ao colega (e futuro mestre) André Luiz Conveniente Soares por ter aceitado o desafio de conduzir duas revisões sistemáticas com metanálise, no qual dedicou um valioso tempo as discussões acadêmicas, realização em conjunto de partes fundamentais deste trabalho, como as triagens e elegibilidades determinadas pela Declaração PRISMA.

Aos demais familiares, amigos e colegas do Laboratório de Assistência à Obesidade (LAÇO) que me apoiaram incondicionalmente e entenderam meus momentos de ausência.

RESUMO

CARVALHO, Elcy Ramon Franco. *Efeito crônico do exercício aeróbio ou contrarresistência combinado com a restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e a hipertrofia muscular: revisão sistemática com metanálise*. 2022. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Introdução: Exercícios realizados em baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo promovem ganhos de força e hipertrofia muscular. Porém, não se sabe ao certo se este método é superior aos mesmos exercícios realizados sem restrição de fluxo sanguíneo. **Objetivo:** O objetivo desta tese foi comparar, em diferentes populações, os efeitos crônicos do exercício contrarresistência (alta ou baixa sobrecarga) ou aeróbio com os mesmos exercícios realizados em baixa intensidade com distintas pressões de restrições de fluxo sanguíneo sobre a força e hipertrofia muscular. Para facilitar a compreensão da análise dos resultados, esta tese foi dividida em dois estudos. **Estudo 1:** Efeitos crônicos do exercício contrarresistência ou aeróbio de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e hipertrofia muscular. **Estudo 2:** Efeitos crônicos do exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo com o exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e hipertrofia muscular. **Métodos:** Duas revisões sistemáticas com três metanálises foram realizadas a partir de estudos identificados e recuperados de cinco bases de dados (Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus e ScienceDirect). A triagem e elegibilidade dos estudos selecionados foram realizadas por dois avaliadores independentes, seguindo a estratégia PICOS. Os artigos elegíveis tiveram a qualidade metodológica e o risco de viés avaliados através das escalas Testex e Risk of Bias, respectivamente. Os resultados da metanálise foram obtidos através do software RevMan utilizando os valores de médias, desvios padrões e número de participantes por grupo na condição pós-tratamento. A diferença média padronizada foi apresentada graficamente através de Forest Plots e o viés de publicação foi apresentado através de Funnel plots e teste de Egger. **Resultados:** Os principais achados foram: (1) o exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo promoveu maior aumento na força em comparação ao mesmo exercício sem restrição de fluxo sanguíneo [DMP = 0,42 (95%IC: 0,18; 0,65) sem afetar nos ganhos de massa muscular [DMP = 0,17 (95%IC: -0,13; 0,46)]; (2) não houve predomínio entre o exercício contrarresistência com alta intensidade e o exercício contrarresistência com baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo para a força muscular [DMP = -0,12 (95%IC: -0,29; 0,05) ou hipertrofia muscular [DMP = 0,08 (95%IC: -0,12; 0,28)]; (3) não houve diferença entre os exercícios aeróbios com e sem restrição de fluxo sanguíneo para ganhos de força [DMP = 0,33 (95%IC: -0,08; 0,75) e hipertrofia muscular [DMP = 0,31 (95%IC: -0,28; 0,90)]. **Conclusão:** O exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo é uma alternativa viável e efetiva ao exercício contrarresistência com alta intensidade para promover ganhos de força e massa muscular. Em situações no qual não é possível realizar o exercício contrarresistência com alta sobrecarga, a realização do exercício contrarresistência em baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo deve ser priorizado. Sugere-se também novos estudos com exercício aeróbio devido a pequena quantidade de publicações com este exercício com restrição de fluxo sanguíneo.

Palavras-chave: Exercício físico. Desempenho físico. KAATSU. Contração muscular.

Aumento do músculo esquelético. Força muscular.

ABSTRACT

CARVALHO, Elcy Ramon Franco. *Chronic effect of aerobic or resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle strength and the hypertrophy*. systematic review with meta-analysis. 2022. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Introduction: Exercises performed at low intensity with blood flow restriction promote strength gains and muscle hypertrophy. However, it is not known whether this method is superior to the same exercises performed without blood flow restriction. Objective: This thesis aimed to compare, in different populations, the chronic effects of resistance (high or low overload) or aerobic exercise with the same exercises performed at low intensity with different pressure of blood flow restriction on muscle strength and hypertrophy. This thesis was divided into two studies to ease understanding of the results. Study 1: Chronic effects of low-intensity resistance or aerobic exercise with and without blood flow restriction on muscle strength and hypertrophy. Study 2: Chronic effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction with high-intensity resistance exercise without blood flow restriction on muscle strength and hypertrophy. Methods: Two systematic reviews with three meta-analyses were performed from identified studies retrieved from five databases (Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus, and ScienceDirect). Screening and eligibility of selected studies were performed by two independent evaluators, following the PICOS strategy. Eligible articles had their methodological quality and risk of bias assessed using the Testex and Risk of Bias 2.0 scales, respectively. The meta-analysis results were obtained using the RevMan software using the mean values, standard deviations, and the number of participants per group in the post-treatment condition. The standardized mean difference was presented graphically through Forest Plots, and the publication bias was presented through Funnel plots and Egger's test. Results: The main findings were: (1) resistance exercise with blood flow restriction promoted a greater increase in strength compared to the same exercise without blood flow restriction [SMD = 0.42 (95%CI: 0.18; 0.65) without affecting muscle mass gain [SMD = 0.17 (95%CI: -0.13; 0.46)]; (2) there was no predominance between high-intensity resistance exercise and low-intensity resistance exercise with blood flow restriction for muscle strength [SMD = -0.12 (95%CI: -0.29; 0.05) or muscle hypertrophy [SMD = 0.08 (95%CI: -0.12; 0.28)]; (3) there was no difference between aerobic exercises with and without blood flow restriction for strength gains [DMP = 0.33 (95%CI: -0.08; 0.75) and muscle hypertrophy [SMD = 0.31 (95%CI: -0.28; 0.90)]. Conclusions: Resistance exercise with blood flow restriction is a viable and effective alternative to high-intensity resistance exercise to promote gains in strength and muscle mass. In situations in which it is not impossible to perform the resistance exercise with high overload, performing resistance exercise at low intensity with blood flow restriction should be prioritized. Further studies with aerobic exercise are also suggested due to the small number of publications with this exercise with blood flow restriction.

Keywords: Exercise. Physical functional performance. KAATSU. Muscle contraction.

Skeletal muscle enlargement. Muscle strength

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Fluxograma dos processos de pesquisas e seleção (estudo 1).....	26
Figura 2 –	Risco de viés dos estudos crônicos selecionados para o estudo 1 com exercício contrarresistência na variável força muscular.....	42
Figura 3 –	Risco de viés dos estudos crônicos selecionados para o estudo 1 com exercício contrarresistência na variável hipertrofia muscular....	43
Figura 4 –	Risco de viés dos estudos crônicos selecionados para o estudo 1 com exercício aeróbio na variável força muscular.....	44
Figura 5 –	Risco de viés dos estudos crônicos selecionados para o estudo 1 com exercício aeróbio na variável hipertrofia muscular.....	44
Figura 6 –	Forest Plot para força muscular na comparação entre exercício contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	47
Figura 7 –	Forest Plot para força muscular por faixa etária na comparação entre exercício contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	48
Figura 8 –	Forest Plot para força muscular por nível de treinamento na comparação entre exercício contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	49
Figura 9 –	Forest Plot para força muscular pela intensidade de pressão do manguito na comparação entre exercício contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	50
Figura 10 –	Funnel Plot dos estudos crônicos de exercício contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo para a variável força muscular.....	51
Figura 11 –	Forest Plot para hipertrofia muscular na comparação entre exercício contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	53
Figura 12 –	Funnel Plot dos estudos crônicos de exercício contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo para a variável hipertrofia muscular.....	54

Figura 13 – Forest Plot para força muscular na comparação entre exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo	56
Figura 14 – Funnel Plot dos estudos crônicos de exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo para a variável força muscular.....	57
Figura 15 – Forest Plot para hipertrofia muscular na comparação entre exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	59
Figura 16 – Forest Plot para hipertrofia muscular por faixa etária na comparação entre exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	60
Figura 17 – Forest Plot para hipertrofia muscular por tipo de medidas na comparação entre exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	61
Figura 18 – Funnel Plot dos estudos crônicos de exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo para a variável hipertrofia muscular.....	62
Figura 19 – Fluxograma dos processos de pesquisas e seleção (estudo 2).....	83
Figura 20 – Risco de viés dos estudos crônicos selecionados para o estudo 2 na variável força muscular.....	100
Figura 21 – Risco de viés dos estudos crônicos selecionados para o estudo 2 na variável hipertrofia muscular.....	101
Figura 22 – Forest Plot para força muscular na comparação entre exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.....	104
Figura 23 – Forest Plot para força muscular por faixa etária na comparação entre exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.....	105
Figura 24 – Forest Plot para força muscular pelo nível de treinamento na comparação entre exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo....	106

Figura 25 – Forest Plot para força muscular pelo tipo de manifestação da força na comparação entre exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.....	107
Figura 26 – Forest Plot para força muscular pela intensidade da pressão exercida pelo manguito na comparação entre exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.....	108
Figura 27 – Funnel Plot dos estudos crônicos de exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo para a variável força muscular.....	109
Figura 28 – Forest Plot para hipertrofia muscular na comparação entre exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.....	111
Figura 29 – Funnel Plot dos estudos crônicos de exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo para a variável hipertrofia muscular.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos estudos crônicos que investigaram os efeitos sobre a força e/ou hipertrofia muscular entre exercício contrarresistência de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo.....	29
Tabela 2 – Resumo dos estudos crônicos que investigaram os efeitos sobre a força e/ou hipertrofia muscular entre exercício aeróbio de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo.....	34
Tabela 3 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos crônicos de exercício contrarresistência de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo.....	40
Tabela 4 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos crônicos de exercício aeróbio de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo.....	41
Tabela 5 – Escala GRADE com grau de certeza dos resultados da metanálise para comparação dos exercícios contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	64
Tabela 6 – Escala GRADE com grau de certeza dos resultados da metanálise para comparação dos exercícios aeróbios com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	65
Tabela 7 – Resumo dos estudos crônicos que investigaram os efeitos sobre a força e/ou hipertrofia muscular entre exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.....	86
Tabela 8 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos crônicos de exercício contrarresistência de alta intensidade vs exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.....	99
Tabela 9 – Escala GRADE com grau de certeza dos resultados da metanálise para comparação dos exercícios contrarresistência de alta intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo.....	114

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	ARTIGO I: EFEITO CRÔNICO DO EXERCÍCIO CONTRARRESISTÊNCIA OU AERÓBIO DE BAIXA INTENSIDADE COM E SEM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE A FORÇA E HIPERTROFIA MUSCULAR	21
1.1	Introdução	23
1.2	Materiais e métodos	24
1.2.1	<u>Registro da pesquisa</u>	24
1.2.2	<u>Critérios de elegibilidade</u>	24
1.2.3	<u>Estratégia de busca</u>	25
1.2.4	<u>Seleção dos estudos</u>	27
1.2.5	<u>Extração dos dados</u>	27
1.2.6	<u>Avaliação da qualidade metodológica e o risco de viés</u>	36
1.2.7	<u>Análise estatística</u>	36
1.3	Resultados	37
1.3.1	<u>Resultados das buscas</u>	37
1.3.2	<u>Estudos incluídos</u>	38
1.3.3	<u>Avaliação da qualidade metodológica e o risco de viés</u>	39
1.3.4	<u>Comparação com ECR de baixa intensidade sem RFS sobre a força muscular</u>	45
1.3.5	<u>Comparação com ECR de baixa intensidade sem RFS sobre a hipertrofia muscular</u>	52
1.3.6	<u>Comparação com exercício aeróbio de baixa intensidade sem RFS sobre a força muscular</u>	55
1.3.7	<u>Comparação com exercício aeróbio de baixa intensidade sem RFS sobre a hipertrofia muscular</u>	58
1.3.8	<u>Nível de evidência desta metanálise</u>	63

1.4	Discussão	66
1.4.1	<u>Comparação com ECR de baixa intensidade sem RFS</u>	68
1.4.2	<u>Comparação com exercício aeróbio de baixa intensidade sem RFS</u>	69
1.5	Conclusões	71
1.6	Referências bibliográficas	71
2	ARTIGO II: EFEITO CRÔNICO DO EXERCÍCIO CONTRARRESISTÊNCIA DE BAIXA INTENSIDADE COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO VERSUS O EXERCÍCIO CONTRARRESISTÊNCIA DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A FORÇA E HIPERTROFIA MUSCULAR	77
2.1	Introdução	79
2.2	Materiais e métodos	81
2.2.1	<u>Registro da pesquisa</u>	81
2.2.2	<u>Critérios de elegibilidade</u>	81
2.2.3	<u>Estratégia de busca</u>	81
2.2.4	<u>Seleção dos estudos</u>	84
2.2.5	<u>Extração dos dados</u>	84
2.2.6	<u>Avaliação da qualidade metodológica e o risco de viés</u>	94
2.2.7	<u>Análise estatística</u>	94
2.3	Resultados	96
2.3.1	<u>Estudos incluídos</u>	96
2.3.2	<u>Avaliação da qualidade metodológica e o risco de viés</u>	98
2.3.3	<u>Comparação com ECR de alta intensidade sem RFS sobre a força muscular</u>	102
2.3.4	Comparação com ECR de alta intensidade sem RFS sobre a hipertrofia muscular	
2.3.5	Nível de evidência desta metanálise	113
2.4	Discussão	115

2.5	Conclusões	119
2.6	Referências bibliográficas	119
	CONCLUSÃO	126
	REFERÊNCIAS	129
	ANEXO A – Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados (primeira busca).....	137
	ANEXO B – Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados (segunda busca).....	140
	APÊNDICE A – Forest plot ECR-RFS vs ECR baixa intensidade para hipertrofia de acordo com nível de treinamento.....	142
	APÊNDICE B – Forest plot ECR-RFS vs ECR baixa intensidade para hipertrofia de acordo com carga submáxima de pressão do manguido.....	143
	APÊNDICE C – Forest plot exercício aeróbio com vs sem RFS para força de acordo com faixa etária.....	144
	APÊNDICE D – Forest plot exercício aeróbio com vs sem RFS para hipertrofia de acordo com faixa etária.....	145
	APÊNDICE E – Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com faixa etária.....	146
	APÊNDICE F – Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com nível de treinamento.....	147
	APÊNDICE G – Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com carga de pressão do manguito.....	148
	APÊNDICE H – Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com o tipo de medida.....	149

INTRODUÇÃO

Na segunda metade da década de 60, o então fisiculturista Yoshiaki Sato, ao frequentar um memorial budista, percebeu a perna inchada e dormente após permanecer ajoelhado sobre as pernas com as costas retas (SATO, 2005). Esta sensação que lembrava as consequências de um treino de membro inferior foi associada a redução do fluxo sanguíneo local causada pelo longo período que permaneceu ajoelhado sobre as pernas. A partir deste momento, Sato iniciou, de forma empírica, o desenvolvimento de programas de treinos utilizando a restrição de fluxo sanguíneo. No entanto, a falta de uma base fisiológica que norteasse as variáveis de treinamento na prática de exercícios contrarresistência, característicos de um programa de fisiculturismo com a restrição de fluxo sanguíneo, levou-o a correr risco de vida. Após ignorar um exagerado estado de dormência no membro inferior causada por imprudentes e sucessivas rotinas de treinamento, tal procedimento o levou a ser hospitalizado com quadro de embolia pulmonar (SATO, 2005).

Apesar deste início desanimador, nas últimas décadas diversos pesquisadores se interessaram nos possíveis benefícios associados ao exercício com restrição de fluxo sanguíneo, aumentando assim o conhecimento sobre os fenômenos e mecanismos e maximizando a segurança na aplicação do treinamento. Atualmente, diversos estudos têm demonstrado que este método, quando realizado adequadamente, é tão seguro quanto qualquer outro modelo sem restrição de fluxo sanguíneo (LOENNEKE *et al.*, 2011; NAKAJIMA *et al.*, 2006; PATTERSON *et al.*, 2019). Estudos prévios demonstraram adaptações positivas neuromusculares e na morfologia de atletas (KORKMAZ *et al.*, 2020), jovens (LAURENTINO *et al.*, 2012; MARTÍN-HERNÁNDEZ *et al.*, 2013), idosos (COOK *et al.*, 2017; OZAKI *et al.*, 2011), pessoas em recuperação de lesões (FERRAZ *et al.*, 2018; KILGAS *et al.*, 2019), entre outras populações.

Diversos mecanismos foram propostos para explicar as respostas crônicas associadas ao aumento da força e massa muscular, como o recrutamento adicional de unidades motoras do tipo II (MORITANI *et al.*, 1992), elevação na liberação de hormônios anabólicos (REEVES *et al.*, 2006; TAKARADA *et al.*, 2000), miócitos (LAURENTINO *et al.*, 2012) e de espécies reativas de oxigênio (KEFALOYIANNI *et al.*, 2006), além do edema celular (LOENNEKE *et al.*, 2012).

MORITANI *et al.* (1992) demonstraram que ECR-RFS foi capaz de promover o recrutamento adicional de unidades motoras devido aumento da frequência de disparo do potencial de ação. A hipóxia no músculo, causada pelo exercício e potencializada pela restrição de fluxo sanguíneo, promove o recrutamento adicional de unidades motoras de maior limiar de excitabilidade com o objetivo de compensar a redução da perda de contratilidade da fibra muscular (TOIGO e BOUTELLIER, 2006). É especulado que o efeito do recrutamento adicional de unidades motoras seja mediado pelo acúmulo de hidrogênio (H^+) (DEBOLD, 2012), hipóxia (MORITANI *et al.*, 1992) e geração de radicais livres (DEBOLD, 2012; SCHOENFELD, 2013). Tais mediadores podem influenciar individualmente ou em conjunto o recrutamento dessas unidades motoras. Desta forma, as fibras musculares do tipo II podem ser recrutadas, sendo estas de maior capacidade de produzir forças e mais sensíveis a hipertrofia devido a maior capacidade de suas linhas Z serem lesionadas (FOLLAND e WILLIAMS, 2007; GOLDSPINK, 1970). O rompimento das linhas Z favorecem a liberação da fosfolipase D, que na sua forma inativa encontra-se conectada a α -actina. Tal cenário é fundamental para estimular o ácido fosfatídico (FANG *et al.*, 2001; SPIERING *et al.*, 2008). O ácido fosfatídico irá estimular a via m-TOR, resultando no aumento da síntese proteica.

As espécies reativas de oxigênio geradas pela reperfusão também podem contribuir para a lesão tecidual das fibras musculares, permitindo assim que o sistema imunológico entre em ação e libere alguns tipos de citocinas que por sua vez vão estimular as células satélites a se proliferarem e se diferenciarem (SPIERING *et al.*, 2008). Dessa diferenciação são formados os mionúcleos, que possuem o código genético para síntese proteica, fundamental para formação de novos sarcômeros para aumentar o tamanho da fibra muscular (SPIERING *et al.*, 2008).

LAURENTINO *et al.* (2012) observaram que o exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo foi capaz de reduzir a quantidade de miostatina concomitantemente ao aumento da follistatina. A miostatina é uma proteína que exerce um poder inibitório ao crescimento muscular. Em sua condição inativa, ela se apresenta ligada ao pró-peptídeo no meio extracelular. Quando esta ligação é quebrada, a miostatina entra na forma ativa, podendo assim se ligar ao receptor Act IIB, localizado na membrana celular. Essa interação irá provocar uma cascata de reações que culminará na redução da capacidade de hipertrofia da célula muscular.

Por outro lado, a folistatina é o antagonista da miostatina. O receptor Act IIB também pode se conectar a folistatina, porém neste caso, a folistatina gera uma inibição do receptor ao mesmo tempo que bloqueia a ligação da Act IIB com a miostatina (LEAL *et al.*, 2009).

Alguns estudos têm demonstrado picos de liberação de GH e IGF-1 após treino com restrição de fluxo sanguíneo (REEVES *et al.*, 2006; TAKARADA *et al.*, 2000). A elevação nas concentrações plasmáticas de hormônios anabólicos aumenta a probabilidade de interação hormônio-receptor, que estimulará uma cascata de reações que promoverá a fosforilação da proteína cinase B (Akt) e esta por sua vez, estimulará a via anabólica m-TOR concomitantemente à inibição das vias catabólicas do glicogênio sintase cinase-3 β (GSK-3 β) e Fork-Head Box O (FOXO). Como resultado ocorrerá o aumento da massa muscular.

O edema celular também parece contribuir para redução da proteólise e principalmente para a síntese proteica em diferentes tipos de células por estimular a proliferação e fusão das células satélites para formação de miofibrilas (KAWADA, 2005; LOENNEKE *et al.*, 2012; SCHOENFELD, 2013). O edema celular é originado pelo influxo da água para o interior da célula muscular através do processo de osmose. O líquido entra através do canal de aquaporina-4 (AQ-4) (LOENNEKE *et al.*, 2012). Ao entrar na célula muscular, ocorrerá um aumento na pressão intracelular que será percebida pelos osmosensores, que interpretará esse aumento de pressão como um risco a integridade estrutural da fibra muscular (LOENNEKE *et al.*, 2012). Assim, as vias de hipertrofia MAPK e m-TOR são estimuladas para gerar síntese proteica e aumento no volume muscular para reforçar essa estrutura aparentemente sobre risco pelo excesso de hidratação (LOENNEKE *et al.*, 2012).

Por fim, esta tese de doutorado é apresentada em 4 capítulos, tendo como tema o efeito crônico do exercício contrarresistência e aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e a hipertrofia muscular. Os capítulos dois e três são exclusivamente estudos de revisões sistemáticas com metanálise desenvolvidos para aprofundar e atualizar o estado da arte. O primeiro trabalho se refere a comparação dos exercícios aeróbio e contrarresistência com baixa sobrecarga em restrição de fluxo sanguíneo com os mesmos exercícios sem restrição de fluxo sanguíneo. O segundo estudo comparou o exercício contrarresistência com baixa sobrecarga externa associado à restrição de fluxo sanguíneo com os mesmos exercícios com alta sobrecarga (acima de 70% de 1RM) porém sem restrição de

fluxo sanguíneo. A decisão de realizar duas revisões sistemáticas foi tomada ao perceber que a quantidade de informações dentro de uma única revisão sistemática ficaria tão elevada que dificultaria produzir um documento que pudesse discutir com profundidade os achados dentro de um tamanho acessível para uma submissão a uma revista científica. As variáveis dependentes em ambas as revisões sistemáticas são a força e a massa muscular. Nessas revisões foram criados subgrupos de análises para observar a influência de algumas características da amostra, como a faixa etária e o nível de treinamento prévio dos sujeitos, a intensidade da carga de pressão exercida pelo manguito, além do tipo de manifestação da força. Por fim, no último capítulo são feitas as considerações finais e as recomendações para novas pesquisas.

Referências bibliográficas

- COOK, S. B. *et al.* Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. **Experimental Gerontology**, v. 99, p. 138–145, 2017.
- DEBOLD, E. P. Recent insights into the molecular basis of muscular fatigue. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 44, n. 8, p. 1440–52, 2012.
- FANG, Y. *et al.* Phosphatidic acid-mediated mitogenic activation of mTOR signaling. **Science**, v. 294, n. 5548, p. 1942–1945, 2001.
- FERRAZ, R. B. *et al.* Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 5, p. 897–905, 2018.
- FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p. 145–168, 2007.
- GOLDSPINK, G. The Proliferation of Myofibrils During Muscle Fibre Growth. **Journal of Cell Science**, v. 6, n. 2, p. 593–603, 1970.
- KAWADA, S. What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle? **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, p. 37–44, 2005.
- KEFALOYIANNI, E.; GAITANAKI, C.; BEIS, I.. ERK1/2 and p38-MAPK signalling pathways, through MSK1, are involved in NF- κ B transactivation during oxidative stress in skeletal myoblasts. **Cellular Signalling**, v. 18, n. 12, p. 2238–2251, 2006.
- KILGAS, M. A. *et al.* Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps

- Function Long After ACL Reconstruction. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 10, p. 650–656, 2019.
- KORKMAZ, E. *et al.* Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscle Strength and Architecture. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ah, p. 1–8, 2020.
- LAURENTINO, G. C. *et al.* 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.
- LEAL, M. L.; SANTOS, A. R.; AOKI, M. S. Adaptações moleculares ao treinamento de força: recentes descobertas sobre o papel da miostatina. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 7, n. 1, p. 161–167, 2009.
- LOENNEKE, J. P. *et al.* Potential safety issues with blood flow restriction training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 4, p. 510–518, 2011.
- LOENNEKE, J. P. *et al.* The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. **Medical Hypotheses**, v. 78, n. 1, p. 151–154, 2012.
- MARTÍN-HERNÁNDEZ, J. *et al.* Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, n. 2, p. 1–7, 1 Mar 2013.
- MORITANI, T. *et al.* Oxygen availability and motor unit activity in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 6, p. 552–556, 1992.
- NAKAJIMA, T. *et al.* Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 2, n. 1, p. 5–13, 2006.
- OZAKI, H. *et al.* Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 66 A, n. 3, p. 257–263, 2011.
- PATTERSON, S. D. *et al.* Blood Flow Restriction Exercise Position Stand: Considerations of Methodology, Application, and Safety. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 533, 15 Maio 2019.
- REEVES, G. V. *et al.* 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.

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

SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179–194, 2013.

SPIERING, B. A. *et al.* Resistance Exercise Biology: Manipulation of Resistance Exercise Programme Variables Determines the Responses of Cellular and Molecular Signalling Pathways. **Sports Medicine**, v. 38, n. 7, p. 527–540, 2008.

TAKARADA *et al.* Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 1, p. 61–65, 2000.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 6, p. 643–663, 2006.

1 ARTIGO I - EFEITO CRÔNICO DO EXERCÍCIO CONTRARRESISTÊNCIA OU AERÓBIO DE BAIXA INTENSIDADE COM E SEM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE A FORÇA E HIPERTROFIA MUSCULAR

RESUMO

Introdução: Um crescente corpo de evidência tem fortalecido a ideia que tanto o exercício contrarresistência quanto o aeróbio, realizados em baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, promovem ganhos de força e hipertrofia. Pouco se sabe sobre magnitude desse efeito em diferentes populações e intensidades de pressão exercida pelo manguito. **Objetivo:** Comparar os efeitos crônicos do exercício contrarresistência ou aeróbio de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e hipertrofia muscular. **Métodos:** Uma revisão sistemática com metanálise foi realizada a partir de estudos identificados e recuperados a partir cinco bases de dados (Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus e ScienceDirect). A triagem e elegibilidade seguiram a estratégia PICOS previamente definida e foram realizados por dois avaliadores independentes. Os artigos elegíveis tiveram a qualidade metodológica e o risco de viés avaliados por dois pesquisadores de forma independente utilizando as Escalas Testex e Risk of Bias, respectivamente. As características das amostras, tratamento e o resultado foram extraídos para uma tabela pelo autor principal, com o segundo pesquisador realizando a conferência das informações. O resultado da metanálise foi obtido através do software RevMan 5.3 utilizando os valores de médias, desvios padrões e número de participantes por grupo na condição pós-tratamento. Quando a informação não constava no texto, os autores utilizaram um software disponível gratuitamente para realizar a identificação através dos gráficos. Não sendo possível realizar essa estratégia, os autores destes estudos foram solicitados a encaminhar as informações necessárias. A diferença média padronizada de todas as análises foi apresentada graficamente através do Forest Plot e o viés de publicação foi apresentado através do Funnel plot e pelo teste de Egger. **Resultados:** O principal achado deste estudo foi que o exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo demonstrou maior aumento na força em comparação ao mesmo exercício sem restrição, em adultos jovens [DMP = 0,42 (95%IC: 0,18; 0,65)] de qualquer nível de treinamento [DMP = 0,45 (95%IC: 0,21; 0,70)] e com uma carga submáxima de pressão do manguito [DMP = 0,39 (95%IC: 0,05; 0,74)]. Por outro lado, o exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo não foi capaz de produzir efeitos mais significativos sobre a força em comparação ao mesmo exercício sem restrição de fluxo sanguíneo. A hipertrofia também não parece ser mais afetada positivamente quando o exercício contrarresistência ou aeróbio são realizados com restrição de fluxo sanguíneo. **Conclusão:** O exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo é um método efetivo para aumentar a força em sujeitos jovens de qualquer nível de treinamento. A escolha por uma baixa carga de pressão de oclusão deve ser priorizada pois já é suficiente para estimular os ganhos de força com menor desconforto ao praticante.

ABSTRACT

Introduction: A growing body of evidence has strengthened the idea that both resistance and aerobic exercise, performed at low intensity with blood flow restriction, promote strength gains and hypertrophy. Little is known about the magnitude of this effect in different populations and intensities of pressure exerted by the cuff.

Objective: To compare the chronic effects of low-intensity resistance or aerobic exercise with or without blood flow restriction on muscle strength and hypertrophy.

Methods: A systematic review with meta-analysis was performed from identified studies and retrieved from five databases (Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus, and ScienceDirect). Screening and eligibility followed the previously defined PICOS strategy and were performed by two independent evaluators. Eligible articles had their methodological quality and risk of bias assessed independently by two researchers using the Testex and Risk of Bias 2.0 Scales, respectively. The characteristics of the samples, treatments, and results were extracted into a table by the primary author, with the second researcher checking the information. The meta-analysis result was obtained using the RevMan (Version 5.3) software using the mean values, standard deviations, and the number of participants per group in the post-treatment condition. When the information was not included in the text, the authors used software available free of charge to carry out the identification through the graphics. As it was impossible to carry out this strategy, the authors of these studies were asked to provide the necessary information. The standardized mean difference of all analyses was graphically presented using the Forest Plot, and the publication bias was presented using the Funnel plot and Egger's Test. **Results:** The main finding of this study was that resistance exercise with blood flow restriction demonstrated a more significant increase in strength than same exercise without restriction, in young adults [SMD = 0.42 (95%CI: 0.18; 0.65)] of any training level [SMD = 0.45 (95%CI: 0.21; 0.70)] and with a submaximal cuff pressure load [SMD = 0.39 (95%CI: 0.05; 0.74)]. On the other hand, low-intensity aerobic exercise with blood flow restriction could not produce more significant effects on strength than the same exercise without blood flow restriction. Hypertrophy does not seem to be more positively affected when resistance or aerobic exercise is performed with blood flow restriction. **Conclusion:** Resistance exercise with blood flow restriction is an effective method to increase strength in young subjects of any training level. The choice for a low occlusion pressure load should be prioritized as it is enough to stimulate strength gains with less discomfort to the practitioner.

1.1. Introdução

A utilização de um manguito para gerar restrição de fluxo sanguíneo durante a prática de exercício contrarresistência (ECR) ou aeróbio tem recebido atenção da comunidade científica nos últimos anos (ABE *et al.*, 2006; ABE *et al.*, 2010; MADARAME *et al.*, 2010; REEVES *et al.*, 2006). Dentre os diversos potenciais benéficos da restrição do fluxo sanguíneo, destacam-se os efeitos sobre a força (OZAKI *et al.*, 2011b; PATTERSON e FERGUSON, 2010; TAKARADA *et al.*, 2002; YAMANAKA *et al.*, 2012) e massa muscular (FARUP *et al.*, 2015; LAURENTINO *et al.*, 2012; OZAKI *et al.*, 2011b) nas mais diversas populações, incluindo indivíduos em recuperação de lesão (TAKARADA *et al.*, 2000). Este treinamento é comumente realizado posicionando-se um manguito na porção proximal dos membros superiores ou inferiores durante a realização de um exercício com baixa intensidade.

A associação do exercício com redução do fluxo arterial promove alterações metabólicas locais e sistêmicas que estimula os mecanismos responsáveis pelas adaptações crônicas na força e hipertrofia muscular. Os mecanismos propostos e discutidos na literatura incluem o edema celular (LOENNEKE *et al.*, 2012), produção de espécie reativas de oxigênio (KEFALOYIANNI *et al.*, 2006), redução das miostatinas (LAURENTINO *et al.*, 2012), elevada produção de hormônios anabólicos (REEVES *et al.*, 2006), aumento no recrutamento de unidades motoras (MORITANI *et al.*, 1992) e fosforilação da cadeia leve regulatória da miosina (MOORE *et al.*, 2004).

Considerando que o sedentarismo é um fator importante para o decréscimo da força, massa muscular, funcionalidade e expectativa de vida em adultos (BULL *et al.*, 2020; WESTCOTT, 2012). Assim, a prática de atividade física, principalmente o treinamento contrarresistência com alta sobrecarga (> 70% 1RM), é fundamental para reverter esse quadro (GARBER *et al.*, 2011). Todavia, o ECR com alta sobrecarga pode ser uma intervenção extremamente desafiadora ou incompatível para determinados sujeitos, como aqueles em recuperação de lesão, idosos ou com aqueles com baixa aderência a treinamentos intensos. Apesar da simples restrição de fluxo sanguíneo (RFS) atenuar os efeitos na distrofia muscular causada por um período de imobilização decorrente de lesão (TAKARADA *et al.*, 2000), a sua utilização em conjunto com exercício parece potencializar os ganhos sobre a força e hipertrofia muscular (LOENNEKE *et al.*, 2012; REEVES *et al.*, 2006). Justamente a

característica de baixa sobrecarga dos exercícios com RFS pode tornar este método de treino uma interessante alternativa para uma grande parcela da população.

Uma revisão sistemática com metanálise realizada por SLYSZ *et al.* (2016) demonstraram que tanto a caminhada quanto o ECR realizados com RFS promoveram aumentos significativos, porém com pequeno tamanho de efeito sobre a força e hipertrofia muscular. Todavia, este trabalho não apresentou a avaliação do risco de viés dos estudos selecionados e nem de possível viés de publicação. Além disso, não apresentou os valores de inconsistência e nem deixou claro se utilizou o modelo de efeito fixo ou randômico. Tais condições diminuem a confiança desses achados, o que torna necessário uma nova metanálise para identificar verdadeiro resultado. Além disso, novos estudos foram publicados desde então, incluindo outros tipos de exercícios aeróbios, como o ciclismo.

Sendo assim, o objetivo desta revisão sistemática com metanálise foi determinar o efeito crônico do ECR ou aeróbio, ambos de baixa intensidade, com restrição do fluxo sanguíneo sobre a força e hipertrofia muscular em comparação com os mesmos exercícios sem restrição de fluxo sanguíneo

1.2. **Materiais e método**

1.2.1 Registro da pesquisa

A presente revisão sistemática com metanálise seguiu as recomendações da Declaração PRISMA (PAGE *et al.*, 2021) e foi registrada no International Prospective Register of Systematic Reviews (CARVALHO *et al.*, 2020) sob a identificação CRD42020207162. O registro no PROSPERO foi realizado por via eletrônica através do endereço <http://www.crd.york.ac.uk/prospero>.

1.2.2 Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade seguiram a estratégia PICOS (LIBERATI e colab., 2009). Assim, os estudos elegíveis foram aqueles nos quais: (I) a amostra foi composta por sujeitos (masculino e/ou feminino) com faixa etária igual ou superior 18 anos, (II) intervenção (tratamento) de no mínimo 10 sessões de ECR de baixa intensidade (até 50% 1RM) associado com restrição de fluxo sanguíneo; ou exercício aeróbio de baixa intensidade, exclusivamente de caminhada ou bicicleta, com restrição de fluxo sanguíneo, (III) grupo comparador realizado com os mesmos

exercícios sem a restrição de fluxo sanguíneo, (IV) as medidas de interesse foram força (pico de torque em contração isométrica ou isocinética ou carga máxima obtida de forma direta ou indireta em contração isotônica) ou a alteração na massa muscular (mensurada através da área de secção transversa, espessura muscular ou volume muscular), e (V) ensaios clínicos controlados e randomizados

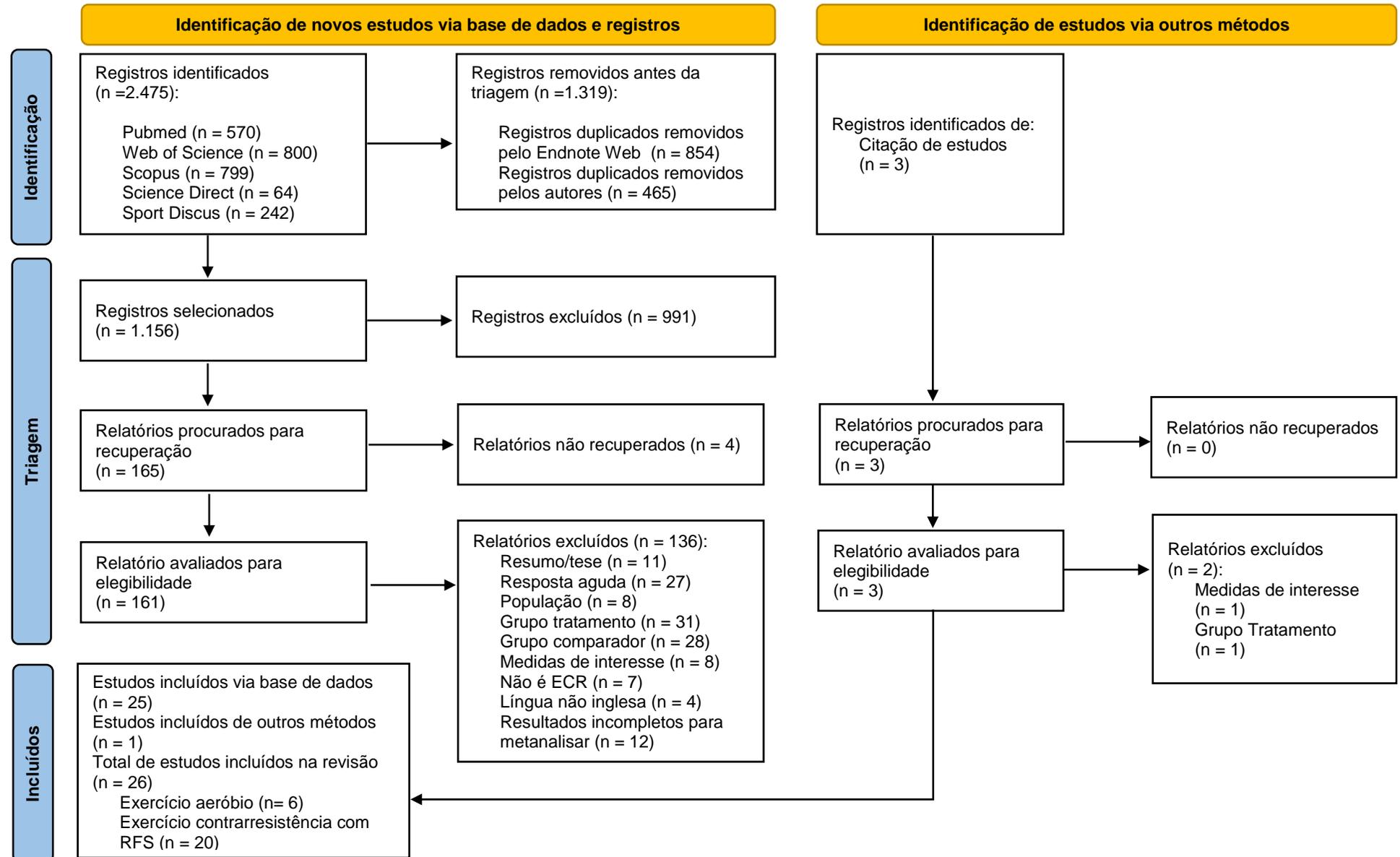
Foram excluídos os estudos que combinaram a condição tratamento com outras intervenções (como o uso de medicamentos, suplementação, eletroestimulação, treinamento funcional, entre outros), sujeitos com lesão ou doença prévia, além dos estudos no qual não foi possível identificar a intensidade da sobrecarga externa do treinamento com restrição do fluxo sanguíneo.

1.2.3 Estratégia de busca

As referências dos documentos foram recuperadas das bases de dados eletrônicas Medline/Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus e Science Direct utilizando diferentes combinações dos seguintes termos: “*blood flow restrict**”, “*vascular occlusion*”, *KAATSU*, “*KAATSU train**”, “*partial occlusion*”, “*restricted venous blood flow*”, “*ischemia training*”, *strength*, *hypertrophy*, “*muscle tissue*”, “*muscle mass*”, “*muscular adaptation*”, “*muscle force*”, “*muscle growth*”, “*muscle size*”, “*muscle strength*”, “*hypertrophic response*”, “*muscular architecture*”. As diferentes combinações ocorreram devido às diferentes características de busca de cada base de dados, com diferentes combinações de DECs/ MeSH.

As equações de buscas com as respectivas quantidades de artigos recuperados em cada base estão no ANEXO B. A busca compreendeu trabalhos publicados entre 01^o de janeiro de 1960 a 14 de julho de 2020. Foram localizadas 2.137 referências que foram submetidas ao processo de triagem e elegibilidade. Em seguida foi realizada uma nova busca de verificação nas referências de revisões publicadas anteriormente. O objetivo desta estratégia foi encontrar estudos potencialmente elegíveis não localizados nas bases de dados. Por fim, uma atualização no processo de busca por estudos nas bases de dados foi realizada no dia 8 de novembro de 2021 (compreendendo o período de 14 de julho de 2020 a 8 de novembro de 2021). Nesta nova busca, 338 trabalhos foram encontrados e submetidos ao processo de triagem e elegibilidade. O fluxograma com os resultados dos processos de identificação, triagem e elegibilidade estão apresentados na figura 1.

Figura 1 - Fluxograma dos processos de pesquisa e seleção dos estudos



1.2.4 Seleção dos estudos

Após a busca e transferência das referências para o banco de dados do EndNote Web (<https://access.clarivate.com/login?app=endnote>), os artigos duplicados reconhecidos pela base Endnote foram excluídos pelo autor principal. Em seguida, uma inspeção visual foi realizada pelos autores (RFC e ACS) para excluir os artigos duplicados não identificados pelo software. Desta forma deu início ao processo de triagem através da leitura do título e resumo. Os artigos considerados potencialmente elegíveis seguiram para a etapa seguinte, que foi a identificação da elegibilidade pela leitura dos textos completos.

Ambos os processos, de triagem e elegibilidade, seguiram o mesmo procedimento. Inicialmente dois pesquisadores (RFC e ACS) realizaram a avaliação de cada referência de forma independente. Em seguida os resultados eram confrontados e as discordâncias identificadas foram debatidas entre eles em busca de um consenso. Nos casos em que permaneceu a discordância, um terceiro avaliador (PSCG) tomou a decisão final.

1.2.5 Extração dos dados

As informações relacionadas à amostra, ao tratamento e ao resultado estão disponíveis nas tabelas 1 e 2. Os dados foram extraídos pelo pesquisador principal e conferido de forma independente por um segundo avaliador. Para a metanálise foram utilizados os valores de média, desvio padrão e n amostral dos grupos intervenção (exercício com restrição de fluxo sanguíneo) e comparador (exercício sem restrição de fluxo sanguíneo) obtidos na condição pós-tratamento. Nos casos de dados incompletos, os autores desses estudos foram contatados para solicitar o envio da informação. Apenas 1 trabalho teve seus dados completados a partir da resposta dos seus autores. Oito trabalhos tiveram os valores de média e desvio padrão extraídos das figuras, no qual os dados foram convertidos para valores numéricos a partir de software disponível online (<https://automeris.io/WebPlotDigitizer/>).

Em estudos nos quais múltiplas maneiras foram adotadas para coleta de medidas de força muscular foi adotado para inclusão na metanálise as medidas que priorizaram as medidas de maior confiabilidade seguindo a ordem: medida isocinético, medida isométrica e medida isotônica. No caso das medidas de

hipertrofia muscular foi adotada a seguinte sequência: área de secção transversa, volume muscular e espessura muscular.

Tabela 1 - Exercício contrarresistência (ECR) de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR de baixa intensidade nas variáveis força e massa muscular

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Bowman <i>et al.</i> (2019)	26 Atl recreacionais (10H + 16M) 27 ± 3 anos	FQ; AbQ; EJ; FJ ECR-RFS: 1x30 + 3x15reps – 30%1RM. IS: 30 s CON1: membro contralateral s/ RFS CON2: exercício s/ RFS	2x/sem	6 sem	Contínua	4 polegadas (~10cm)	80% OA	<i>ECR-RFS vs CON1 vs CON2</i> EJ – Iso: 11% vs 8% vs 3% FJ – Iso: 11% vs 10% vs 5% AbQ – Din: 46% vs 37% vs 27% EQ – Din: 60% vs 49% vs 42% FP – Din: 33% vs 26% vs 18%
Bowman <i>et al.</i> (2020)	24 Atl recreacionais (10H + 14M) 26 ± 3 anos	RInt; RExt; FC; EC; AbdO ECR-RFS: 1x30 + 3x15 reps – 30% 1RM. IS: 30s CON1: membro contralateral s/ RFS CON2: exercício s/ RFS	2x/sem	6 sem	Contínua	4 polegadas (~10cm)	60% OA	<i>ECR-RFS vs CON1 vs CON2</i> RInt – Iso: 11% vs 9% vs 5% RExt – Iso: 15% vs 5% vs 12% Escap – Din: 11% vs 9% vs 5% FO – Din: 39% vs 26% vs 16% Abd omb – Din: 33% vs 16% vs 10% FC – Din: 52% vs 32% vs 34% EC – Din: 43% vs 35% vs 40%
Brandner <i>et al.</i> (2019)	39 (32) jovens inativos TF (27H + 12M) 23 ± 3 anos	EJ; Ag; FP; Sup; Rem; FC ECR-RFS: 1x30 + 3x15reps – 20% 1RM. IS: 30s	3x/sem	8 sem	Contínua	10,5 cm	60% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> EJ – 1RM: 20,9% vs 13,9% Ag – 1RM: 10,5% vs 22,7% FP – 1RM: 8,6% vs 10,8% Sup – 1RM: 5,7% vs 7,8% Rem – 1RM: 5,5% vs 3,7% FC – 1RM: 11,2% vs 3,8%
Brumitt <i>et al.</i> (2020)	46 (H/M) 25,0 ± 2,2 anos	RExt unil ECR-RFS: 1x30 + 3x15 reps – 30% 1RM. IS: 30s	2x/sem	8 sem	Contínua	NI	50% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> Supraesp -1RM: 21,5% vs 22,2% RExt -1RM: 49,2% vs 48,8%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; TF: treinados em força; N: não; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; min: minuto; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-BI: exercício contrarresistência com baixa intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; PF: puxada pela frente; Rem: remada; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; Peit: peitoral; Tríc: tríceps; s: segundos; min: minutos; D: direta; E: esquerda; NI: não informado

Tabela 1- Exercício contrarresistência (ECR) de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR de baixa intensidade nas variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Davids <i>et al</i> (2021)	51 H TF ECR-RFS-c: 23,8 ± 5,4 anos ECR-RFS-i: 25,0 ± 5,8 anos ECR-BI: 24,0 ± 3,0 anos	LP; EJ ECR-RFS: 1x30 + 3x15reps – 30% 1RM. IS: 45 s. IE: 3 min	3x/sem	7 sem	Contínua e Intermitente	10 cm	50% OA (sessão 1 a 10) e 60% OA (11ª sessão em diante)	<i>ECR-RFS-c vs ECR-RFS-i vs ECR-BI</i> EJ – CIVM: 14,3% vs 19,3% vs 9,6% EJ – Iso: 9,2% vs 21,3% vs 6,5% LP – 1RM: 27,1% vs 19,8% vs 25,2% EJ – 1RM: 22,9% vs 23,1% vs 27,3%
Farup <i>et al</i> (2015)	10 (H/M) IF 25 ± 3 anos	FC unil ECR-RFS: 4xRM. 40% 1RM (estimado) IS:30s	3x/sem	6 sem	Contínua	8 cm	100mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> EJ - CIVM: -3,8% vs 0,2% VM (3 dias): 11,5% vs 11,6% VM (10 dias): 11,5% vs 10,4%
Fahs <i>et al.</i> (2015)	18 Ñ TF (H/M) 55 ± 7 anos	EJ. unil. ECR-RFS: RM - 30%1RM. IS: 1 min Sem 1 -2: 2 séries Sem 3-4: 3 séries Sem: 5-6: 4 séries	3x/sem	6 sem	Contínua	5 cm	1ª sem: 150mmHg ou 50%OA 2ª a 6ª sem: 240mmHg ou 80% OA (menor valor)	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> EJ - 1RM: 11,1% vs 7,96%
Kacin e Strazar (2011)	10H AF 22,5 ± 0,6 anos	EJ unil ECR-RFS: 4xRM. 15% CVM. IS: 2 min.	4x/sem	4 sem	Intermitente	13 cm	230mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> EJ – CIVM: 2,5% vs 2,7% QUAD – AST: 3,4% vs 1,9% VL – AST: 4,5% vs 3,6% VM – AST: 6,7% vs 2,6% RF – AST: 9,3% vs 3,5% VI – AST: -3,5% vs -1,3%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; TF: treinados em força; Ñ: não; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; min: minuto; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-BI: exercício contrarresistência com baixa intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; PF: puxada pela frente; Rem: remada; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; Peit: peitoral; Tríc: tríceps; s: segundos; min: minutos; D: direta; E: esquerda; NI: não informado

Tabela 1- Exercício contrarresistência (ECR) de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR de baixa intensidade nas variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Lambert <i>et al.</i> (2021)	32 (H/M) Ñ TF ECR-RFS: 27,6 ± 4,3 anos ECR-BI: 25,8 ± 4,1 anos	rExt unil; RInt unil; AbdO e RExt deitado. ECR-RFS: 1x30 + 2x15reps + 1xRM – 20% CIVM. IS: 30 s. IE: 2 min	2x/sem	8 sem	Contínua	11,5 cm	50% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> rInt – CIVM (0°): 2,9% vs 0,1% Rint – CIVM (90°): 0,7% vs 0,7% rExt – CIVM (0°): 0,2% vs 0,2% RExt – CIVM (90°): 0,0% vs -0,9% FO: 0,6% vs -0,2% Escapular: 0,3% vs 0,5%
Laswati <i>et al.</i> (2018)	18H IF 26 a 45 anos	FC (E) ECR-RFS: 1x30 + 3x15 reps – 30% 1RM. IS: 30 s	2x/sem	5 sem	Contínuo	13 cm	50 mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> FC - PT (60°/s): 47,6% vs 4,0%
Laurentino <i>et al.</i> (2012)	29 H AF (Ñ TF) ECR-RFS: 20,0 ± 4,5 anos; ECR-BI: 20,3 ± 4,2 anos	EJ. ECR-RFS: 3x15 reps – 20% 1RM. IS: 1 min. Acréscimo de uma série nas sem 5-8 (4x15 reps)	2x/sem	8 sem	Contínua	17,5 cm	80% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> EJ – 1RM: 40,1% vs 20,7% QUAD – AST: 6,3% vs 2,0%
Letieri <i>et al.</i> (2018)	56 M AF (Ñ TF) 68,8 ± 5,1 anos	Ag, LP, EJ e FJ. ECR-RFS: 1x30 + 2x15 reps – 20-30% 1RM. IS: 30 s. IE: 90 s. Acréscimo de uma série nas sem3-16 (1x30 + 3x15 reps).	3x/sem	16 sem	Contínua	NI	equação para MMII ou 80% da OA	<i>ECR-RFS-AP vs ECR-RFS-BP vs ECR-BI</i> EJ (D) - PT: 27,8% vs 15,7% vs 1,8% EJ (E) - PT: 25,2% vs 18,9% vs 3,1% FJ (D) - PT: 36,7% vs 22,8% vs 3,5% FJ (E) - PT: 35,8% vs 24,9% vs 2,2%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; TF: treinados em força; Ñ: não; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; min: minuto; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-BI: exercício contrarresistência com baixa intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; PF: puxada pela frente; Rem: remada; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; Peit: peitoral; Tric: triceps; s: segundos; min: minutos; D: direta; E: esquerda; NI: não informado

Tabela 1- Exercício contrarresistência (ECR) de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR de baixa intensidade nas variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Madarame <i>et al.</i> (2008)	15H Ñ TF, ECR_RFS: 21,6 ± 2,4 anos; ECR_BI: 21,9 ± 4,2 anos	ECR_RFS: EJ e FJ bilateral 1x30+2x15 30% 1RM. IS: 30 seg	2x/sem	10 sem	Contínua	4 cm	Sem 1-2: 160mmHg Acréscimo de 20mmHg a cada duas semanas (até 240mmHg)	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> EJ - 1RM: 19,5% vs 10,8% FJ - 1RM: 18,3% vs 9,3% EJ - CIVM: 10,5% vs 4,5% FJ - CIVM: 17,0% vs 2,9%
Madarame <i>et al.</i> (2011)	15H Ñ TF ECR-RFS: 19,9 ± 1,6 anos ECR-BI: 20,5 ± 2,0 anos	Ag; HH ECR-RFS: 30%1RM IS: 30s Sem 1-2: 1x30+2x15 – Sem 3-8: 1x30+3x15; Sem 9: 30%1RM+5,5kg; Sem 10: 30%1RM+11kg	2x/sem	10 sem	Contínua	NI	200 mmHg; Sem5: 220 mmHg; Sem6: 230 mmHg; Sem7: 240 mmHg; Sem8-10: 250 mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> AG - 1RM: 19,3% vs 9,7% QUAD (prox) – AST: 5,3% vs 7,0% QUAD (med) – AST: 5,2% vs 3,7% QUAD (dis) – AST: 7,8% vs 3,0%
Neto <i>et al.</i> (2019)	25H TF ECR-RFS-c: 26,1 ± 5,0 anos ECR-RFS-i: 23,8 ± 5,6 anos ECR-BI: 22,2 ± 3,5 anos	SR, PF, EC e FC. ECR-RFS: 4 x 15 reps – 20% 1RM. IS: 30 s. IE: 1 min	2x/sem	6 sem	Contínua (RFS-c) ou intermitente (RFS-i)	6 cm	NI	<i>ECR-RFS-c vs ECR-RFS-i vs ECR-BI</i> SR - 1RM: 0,5% vs 4,8% vs -0,1% PF - 1RM: 0,3% vs 7,0% vs 4,4% EC - 1RM: 1,0% vs 6,2% vs 0,9% FC - 1RM: 2,0% vs 5,9% vs 6,1%
Patterson e Ferguson (2011)	10 (H/M) AF 67 ± 3 anos	FP unil ECR-RFS: 3 x RM – 25%1RM. IS: 1 min	3x/sem	4 sem	Continua	NI	110mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> FP - 1RM: 14% vs 4% FP - CIVM: 18% vs 4%; FP - PT (0,52rad/s): 20% vs 0% FP - PT (1,05rad/s): 17% vs 4%; FP - PT (2,09rad/s): 11% vs 3%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; TF: treinados em força; Ñ: não; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; min: minuto; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-BI: exercício contrarresistência com baixa intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; PF: puxada pela frente; Rem: remada; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; Peit: peitoral; Tríc: tríceps; s: segundos; min: minutos; D: direta; E: esquerda; NI: não informado

Tabela 1- Exercício contrarresistência (ECR) de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR de baixa intensidade nas variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Shimizu <i>et al</i> (2016)	40 (H/M) Ñ TF ECR-RFS: 72±4 anos ECR-BI: 70±4 anos	EJ, LP, Rem e SR. ECR-RFS: 3x20 – 20% 1RM. IS: 30s. IE: 1 min	3x/sem	4 sem	Contínua	10cm (MMII) e 7cm (MMSS)	PAS femoral (MMII) e PAS braquial (MMSS)	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> LP - 1RM: 11,3% vs -2,3% EJ - 1RM: 19,0% vs 3,5% Rem - 1RM: 9,2% vs 7,4% SR - 1RM: 5,8% vs 4,6%
Sousa <i>et al</i> (2017)	37 (H/M) Ñ TF ECR-RFS: 23,7±4,9 anos ECR-BI: 22,4±2,6 anos	EJ unil. (membro dominante). ECR-RFS: 4xRM – 30% 1RM. IS: 30seg	2x/sem	6 sem	Contínua	18 cm	80% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> CIVM: 22,7% vs 17,4%
Sugiarto <i>et al.</i> (2017)	18 (H/M) IF ECR-RFS: 33,0±3,1 anos ECR-BI: 31,0±2,2 anos	FC unil (E). ECR-RFS: 1x30 + 3x15 reps. – 30% 1RM. IS: 30 s	2x/sem	5 sem	Contínua	NI	50 mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> PT (60°/s): 47,6% vs 4,0% PT (120°/s): 84,5% vs 4,8% PT (180°/s): 70,2% vs 8,6%
Weatherholt <i>et al.</i> (2013)	35 (H/M) Ñ TF 22,4 ± 2,7 anos	FC unil; EC unil ECR-RFS: 3x15 – 20% 1RM. IS: 1 min. (COMP: mesmos sujeitos com outro membro)	3x/sem	8 sem	Contínua	3 cm	sem 1-2: 90mmHg; sem 3-4: 120mmHg; sem 5: 150mmHg; sem 6-8: 180mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-BI</i> FC - 1 RM: 13,5% vs 15,0% EC - 1 RM: 15,4% vs 9,8% AST: 3,6% vs 3,2%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; TF: treinados em força; Ñ: não; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; min: minuto; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-BI: exercício contrarresistência com baixa intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; PF: puxada pela frente; Rem: remada; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; Peit: peitoral; Tríc: tríceps; s: segundos; min: minutos; D: direta; E: esquerda; NI: não informado

Fonte: O autor, 2022.

Tabela 2- Exercícios aeróbios de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) versus exercício aeróbio de baixa intensidade sem RFS nas variáveis força e massa muscular

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração do estudo	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
								<i>AER-RFS vs AER</i>
								LP - 1RM: 7,4% vs 1,9%
								FJ - 1RM: 8,3% vs -2,9%
								EJ - CIVM: 10,4% vs -2,0%
								FJ - CIVM: 9,4% vs 4,2%
								QUAD - AST: 5,7% vs 1,5%
								ISQ - AST: 7,6% vs -1,7%
								QUAD - VM: 4,1% vs -0,1%
								ISQ - VM: 6,4% vs 0,2%
								ADUT - VM: 6,1% vs 0,3%
								<i>AER-RFS vs AER</i>
								EJ - CIVM: 7,7% vs 1,4%
								FJ - CIVM: 3,3% vs -3,4%
								Coxa - AST: 3,4% vs 0,1%
								QUAD - AST: 4,6% vs 0,6%
								Coxa - VM: 3,8% vs -0,1%
								QUAD - VM: 5,1% vs -0,1%
Abe <i>et al.</i> (2006)	18 H AF ~21 ± 3 anos	Caminhada AER-RFS: 5 x 2 min – 50m/min. IS: 1 min	2x/dia 6x/sem	3 sem	Contínuo	NI	160-230mmHg	
Abe <i>et al.</i> (2010)	19 H AF 23 ± 2 anos	Bike AER-RFS: 15 min – 40%VO ₂ máx AER: 45 min – 40%VO ₂ máx	3x/sem	8 sem	Contínuo	NI	160-210mmHg	
De Oliveira <i>et al.</i> (2016)	37 (H/M) AF (Ñ TF) AER-RFS: 26 ± 5 anos AER: 24 ± 3 anos	Bike AER-RFS: 2x5 reps (+ 1 Rep/sem) de 2 min – 30% P _{máx} . IR: 1 min. IS: 5 min (3min ativo + 2 min passivo)	3x/sem	4 sem	NI	18 cm	140mmHg + 20mmHg/sem	<i>AER-RFS vs AER</i> CVIM: 10,0% vs 2,6%

Legenda: H: homens; M: mulheres; AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; SED: sedentário; TF: treinado em força; Ñ TF: não treinado em força; AER: exercício aeróbio; AER-RFS: exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo; FC: frequência cardíaca; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: Leg Press; GM: glúteo máximo; P_{máx}: potência máxima; IS: intervalo entre as séries; PT: pico de torque; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; sem: semanas; reps: repetições; VO₂máx: consumo máximo de oxigênio; NI: não informado

Tabela 2- Exercícios aeróbios de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) versus exercício aeróbio de baixa intensidade sem RFS nas variáveis força e massa muscular(continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Freq. semanal	Duração do estudo	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Ozaki <i>et al.</i> (2011)a	23 (H/M) IN AER-RFS: 66 ± 1 anos AER: 68 ± 1 anos	Caminhada AER-RFS: 20 min – 45%FC res (FC máxima estimada pela equação 220-idade)	4x/sem	10 sem	Contínuo	5 cm	140-200 mmHg	<i>AER-RFS vs AER</i> FJ – PT (30°/s): 15,0% vs -0,3% EJ – PT (30°/s): 8,7% vs 2,7% Coxa – AST: 3,2% vs -0,2%
Ozaki <i>et al.</i> (2011)b	18 H SED AER-RFS: 64 ± 1 anos AER: 68 ± 1 anos	Caminhada AER-RFS: 20 min – 45%FC res (FC máxima estimada pela equação 220-idade)	4x/sem	10 sem	Contínuo	5 cm	140-200 mmHg	<i>AER-RFS vs AER</i> EJ – PT (30°/s): 8,4% vs 0,0% EJ – PT (180°/s): 2,9% vs -1,9% FJ – PT (30°/s): 16,1% vs -3,2% FJ – PT (180°/s): 22,3% vs -4,2% CIVM: 5,9% vs 1,6% Coxa – AST: 3,1% vs 0,1% QUAD – AST: 3,0% vs -1,6% Coxa – VM: 3,7% vs -0,1% QUAD – VM: 2,7% vs -0,6%
Sakamaki <i>et al.</i> (2011)	17 H AF 21,2 ± 1,9 anos	Caminhada AER-RFS: 5x2 min – 50m/min. IS: 1 min	2x/dia 6x/sem	3 sem	NI	NI	160-230 mmHg	<i>AER-RFS vs AER</i> Coxa – VM: 3,59% vs -0,35% Perna – VM: 3,49% vs -0,50% Ileopsoas – VM: 1,77% vs 0,43% GM – VM: -0,69% vs -1,53%

Legenda: H: homens; M: mulheres; AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; SED: sedentário; TF: treinado em força; N TF: não treinado em força; AER: exercício aeróbio; AER-RFS: exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo; FC: frequência cardíaca; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: Leg Press; GM: glúteo máximo; P_{máx}: potência máxima; IS: intervalo entre as séries; PT: pico de torque; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; sem: semanas; reps: repetições; VO₂máx: consumo máximo de oxigênio; NI: não informado

Fonte: O autor, 2022.

1.2.6 Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Todos os estudos selecionados tiveram suas respectivas qualidades metodológicas e os potenciais riscos de vieses avaliados pelas escalas TESTEX (SMART *et al.*, 2015) e *Risk of Bias* da Cochrane (DE CARVALHO *et al.*, 2013). A escala Testex foi desenvolvida para avaliar estudos de treinamento físico, sendo assim ideal para as características dos estudos desta revisão sistemática. Ela considera a impossibilidade de cegamento do participante e do pesquisador em relação ao treinamento. Nesta escala são distribuídos até 15 pontos dentro da avaliação de 12 critérios. Os estudos que apresentaram pontuação igual ou superior a 10 pontos foram considerados de alta qualidade metodológica. Já a ferramenta *Risk of Bias* (DE CARVALHO *et al.*, 2013) busca identificar potenciais risco de viés de seleção, performance, detecção, atrito, relato e de outras fontes. Cada risco de viés avaliado será classificado como risco baixo, incerto ou alto. A classificação final de cada estudo será igual ao pior resultado indicado entre os diferentes riscos de viés avaliados.

O procedimento adotado para realizar a verificação da qualidade metodológica e do risco de viés dos estudos seguiu o mesmo em relação aos processos de triagem e elegibilidade. Dois pesquisadores (RFC e ACS) avaliaram de forma independente, confrontando em seguida os resultados e buscando um consenso nas discordâncias. Nos casos em que não se obteve um consenso, um terceiro pesquisador (PSCG) tomou a decisão. Os resultados da avaliação da qualidade metodológica estão apresentados nas tabelas 3 e 4. Os resultados de risco de viés estão apresentados nas figuras 2 e 3.

1.2.7 Análise estatística

As variáveis dependentes da presente metanálise possuem natureza contínua, porém com unidades métricas distintas. Nas condições de natureza heterogênea dos estudos selecionados, que pode indicar que o efeito verdadeiro deve variar entre os estudos, a análise estatística adotada foi o modelo de efeito randômico. Por outro lado, nas condições de natureza homogênea dos estudos foi adotado o modelo de efeito fixo. Também foi utilizada a diferença média padronizada com ajuste de pequenas amostras (g de Hedges) (BORENSTEIN *et al.*, 2009) e o intervalo de confiança de 95% para apresentar os resultados individuais de cada estudo selecionado. Para este cálculo foi considerado a média e o desvio padrão

das medidas pós-tratamento dos grupos intervenção (exercício contrarresistência ou aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo) e comparação (exercício contrarresistência ou aeróbio de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo). A magnitude da diferença média padronizada seguiu as recomendações de Cohen (1988) (COHEN, 1988), sendo interpretada como: 0,2 = tamanho de efeito pequeno, 0,5 = tamanho de efeito moderado e 0,8 = tamanho de efeito grande.

A heterogeneidade estatística foi considerada a partir do teste de inconsistência (I^2). Para esta medida foi considerado os valores de I^2 dentro de uma escala percentual no qual: valores próximos de 0% representa ausência de heterogeneidade, valores próximos de 25% indica baixa heterogeneidade, valores próximos a 50% indica moderada heterogeneidade e valores próximos de 75% significa alta heterogeneidade entre os estudos (HIGGINS, GREEN, 2011). O nível de significância adotado para heterogeneidade foi de $p < 0,1$. A análise de subgrupos foi usada de modo a verificar se a idade, o nível de treinamento são fatores, tipos de contração e carga de pressão são fatores de interferência entre os resultados de inconsistência. Os resultados de tamanho do efeito e intervalo de confiança de 95% foram apresentados graficamente por um *forest plot*. Os resultados estatísticos foram realizados com o pacote estatístico *Review Manager* (RevMan [computer program] versão 5.3, The Cochrane Collaboration, 2020). Também foi produzido um gráfico de funil (*funil plot*) junto com o teste de Egger para identificar possível viés de publicação dos estudos selecionados. Esta análise foi realizada pelo StatsDirect (versão 3, StatsDirect Ltd, Wirral, United kingdom).

1.3. Resultados

1.3.1. Resultados das buscas

A busca realizada nas bases de dados encontrou os seguintes números de artigos: Pubmed = 570; Web of Science = 800; Scopus = 799; SportDiscus = 242 e Science Direct = 64. Além destes, outros 3 artigos foram identificados e incluídos a partir das buscas nas referências de revisões sistemáticas previamente publicadas sobre o efeito do exercício com restrição de fluxo sanguíneo sobre as adaptações funcionais e morfológicas. Ao final da triagem e a análise de elegibilidade, apenas 26 estudos foram selecionados.

1.3.2. Estudos incluídos

Dos 26 artigos selecionados, 20 realizaram comparações entre ECR de baixa intensidade com RFS com o mesmo exercício sem RFS. Outros seis trabalhos compararam o exercício aeróbio em baixa intensidade com RFS com o mesmo exercício sem RFS. O efeito sobre a força foi avaliado em todos os 20 estudos realizados com ECR. Destes, 10 trabalhos também verificaram o efeito sobre a hipertrofia muscular. Por outro lado, dos estudos com exercício aeróbio como intervenção, 4 observaram tanto o efeito sobre a força quanto a massa muscular. Um estudo (DE OLIVEIRA *et al.*, 2016) observou apenas o efeito sobre a força e outro (SAKAMAKI *et al.*, 2011) observou exclusivamente o efeito sobre a hipertrofia muscular.

Para realizar as análises por subgrupos foram considerados apenas os estudos no quais eram possíveis se certificar que os sujeitos pertenciam claramente aos grupos de análise. Neste caso, a faixa etária foi considerada quando os autores definiram as idades como critério de inclusão. De modo geral, adultos jovens tiveram idades variando entre 18 a 40 anos, aproximadamente. Os sujeitos considerados de meia idade pelos autores possuíam uma idade variando de 40 a 64 anos e os sujeitos idosos com idade igual ou superior a 65 anos. Nos subgrupos por níveis de treinamento, um grupo foi composto por atletas ou sujeitos que já realizavam exercício contrarresistência em suas rotinas de treinamento anteriormente a participação no estudo. O outro grupo dessa subanálise foi composto por indivíduos inativos ou fisicamente ativos, desde que não estiverem realizando qualquer exercício contrarresistência nos 6 meses que antecederam o ingresso na pesquisa. Por fim, para observar se a carga pressórica também é um fator de influência nos resultados foi realizada a subanálise pela carga de pressão exercida pelo manguito. Neste caso, foi considerado dois grupos de comparação com o ECR tradicional, no qual um dos grupos foi composto por ECR com carga de pressão que causaram a completa oclusão do fluxo sanguíneo arterial em repouso e o outro grupo composto por trabalhos que adotaram as cargas de pressão submáxima, que não causaram a oclusão total do fluxo arterial. Todos os estudos realizados com carga pressórica fixa e aleatória foram excluídos dessa análise pela impossibilidade de identificar a intensidade da carga de pressão.

1.3.3. Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Vinte estudos com exercício contrarresistência foram avaliados na Escala Testex. Dos quais, oito estudos (40%) apresentaram pontuação igual ou superior a 10 pontos na Escala Testex, sendo assim considerados de alta qualidade metodológica. Três estudos obtiveram nove pontos, nove estudos alcançaram pontuação igual ou inferior a sete. Os resultados estão na tabela 3. Por outro lado, dos 6 estudos com exercício aeróbio selecionados, apenas o trabalho de ABE et al. (2010) foi considerado de alta qualidade metodológica. Resultados apresentados na tabela 4.

Ao observar o risco de viés, 6 dos 20 estudos com exercício contrarresistência selecionados para verificar o efeito sobre a força muscular apresentaram alto risco em pelo menos um dos vieses avaliados. Para a variável hipertrofia muscular, apenas 2 dos 7 estudos foram classificados como alto risco em pelo menos um viés avaliado. Os resultados estão nas figuras 2 e 3. Os estudos com exercício aeróbio, tanto para força quanto hipertrofia muscular, apenas um estudo apresentou alto risco de viés em algum critério avaliado (20%). Os resultados estão apresentados nas figuras 4 e 5.

Tabela 3- Resultados da avaliação com a escala Testex dos artigos que compararam o Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) com ECR tradicional de baixa intensidade

Autor (ano)	Crit. 1	Crit. 2	Crit. 3	Crit. 4	Crit. 5	Crit. 6	Crit. 7	Crit. 8	Crit. 9	Crit. 10	Crit. 11	Crit. 12	Total
Bowman <i>et al.</i> (2019)	1	1	1	0	0	2	1	2	1	0	1	1	11
Bowman <i>et al.</i> (2020)	1	1	1	0	1	2	1	2	1	0	1	1	12
Brandner <i>et al.</i> (2019)	1	0	1	1	0	3	1	2	1	0	1	1	12
Brumitt <i>et al.</i> (2020)	1	1	1	1	1	2	0	2	1	1	0	1	12
Davids <i>et al.</i> (2021)	1	1	1	1	0	1	0	2	1	0	1	1	10
Fahs <i>et al.</i> (2015)	1	0	1	1	0	1	0	2	1	0	1	1	9
Farup <i>et al.</i> (2015)	1	0	1	1	0	1	0	2	1	0	1	1	9
Kacin e Strazar (2011)	1	0	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	7
Lambert <i>et al.</i> (2021)	1	0	0	1	0	2	0	2	1	0	1	1	9
Laswati <i>et al.</i> (2018)	1	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	1	7
Laurentino <i>et al.</i> (2012)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7
Letieri <i>et al.</i> (2018)	1	1	1	1	1	2	0	1	1	0	1	1	11
Madarame <i>et al.</i> (2008)	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	1	6
Madarame <i>et al.</i> (2011)	0	0	1	1	0	1	0	2	1	0	0	1	7
Neto <i>et al.</i> (2019)	1	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	1	7
Patterson e Ferguson (2011)	1	0	0	1	0	3	1	2	1	0	1	0	10
Shimizu <i>et al.</i> (2016)	1	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	1	7
Sousa <i>et al.</i> (2017)	1	0	0	0	0	1	0	2	1	0	1	1	7
Sugiarto <i>et al.</i> (2017)	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	6
Weatherholt <i>et al.</i> (2013)	1	0	1	1	0	3	0	2	1	0	1	1	11

Legenda: Critério 1: elegibilidade especificada; Critério 2: randomização especificada; Critério 3: ocultação de alocação; Critério 4: grupos semelhantes a linha de base; Critério 5: cegamento do avaliador; Critério 6: medidas de resultado; Critério 7: análise de intenção de tratar; Critério 8: comparações estatísticas; Critério 9: medidas pontuais e de variabilidade; Critério 10: monitoramento do grupo controle; Critério 11: intensidade relativa do exercício; Critério 12: volume do exercício e gasto de energia.

Fonte: O autor, 2022.

Tabela 4- Resultados da avaliação com a escala Testex dos artigos que compararam o Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) com ECR tradicional de baixa intensidade

Autor (ano)	Crit. 1	Crit. 2	Crit. 3	Crit. 4	Crit. 5	Crit. 6	Crit. 7	Crit. 8	Crit. 9	Crit. 10	Crit. 11	Crit. 12	Total
Abe <i>et al.</i> (2006)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7
Abe <i>et al.</i> (2010)	1	0	1	1	0	3	1	2	1	0	0	1	11
de Oliveira <i>et al.</i> (2016)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7
Ozaki <i>et al.</i> (2011a)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7
Ozaki <i>et al.</i> (2011b)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7
Sakamaki <i>et al.</i> (2011)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7

Legenda: Critério 1: elegibilidade especificada; Critério 2: randomização especificada; Critério 3: ocultação de alocação; Critério 4: grupos semelhantes a linha de base; Critério 5: cegamento do avaliador; Critério 6: medidas de resultado; Critério 7: análise de intenção de tratar; Critério 8: comparações estatísticas; Critério 9: medidas pontuais e de variabilidade; Critério 10: monitoramento do grupo controle; Critério 11: intensidade relativa do exercício; Critério 12: volume do exercício e gasto de energia.

Fonte: O autor, 2022.

Figura 2- Risco de viés dos estudos selecionados com a intervenção de exercício contrarresistência de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo para variável força muscular.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Bowman et al. 2019	+	?	+	+	+	+	?
Bowman et al. 2020	+	?	+	+	+	+	+
Brandner et al. 2019	?	?	+	+	?	+	+
Brumitt et al. 2020	+	?	+	+	+	+	+
Dauids et al. 2021	+	+	+	+	?	+	+
Fahs et al. 2015	?	?	+	+	+	+	+
Farup et al. 2015	?	?	+	+	?	-	+
Kacin e Strazar 2011	-	-	+	+	?	+	+
Lambert et al. 2021	?	?	+	+	+	+	+
Laswati et al 2018	?	?	-	-	?	+	+
Laurentino et al 2012	?	?	+	+	?	+	+
Letieri et al. 2018	+	+	+	+	+	+	+
Madarame et al. 2008	?	?	+	+	?	+	+
Madarame et al. 2011	?	?	?	?	+	+	?
Neto et al. 2019	?	?	+	-	?	+	+
Patterson e Ferguson 2011	-	-	+	+	+	+	?
Shimizu et al. 2016	+	?	+	+	+	+	+
Sousa et al 2017	?	?	+	+	?	-	+
Sugiarto et al. 2017	?	?	+	+	?	+	?
Weatherholt et al. 2013	+	+	+	+	+	+	+

Figura 3- Risco de viés dos estudos selecionados com a intervenção de exercício contrarresistência de baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo para variável hipertrofia muscular.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Dauids et al. 2021	+	+	+	+	?	+	+
Farup et al 2015	?	?	+	+	?	-	+
Kacin e Strazar 2011	-	-	+	+	?	+	+
Laurentino et al 2012	?	?	+	+	?	+	+
Madarame et al. 2008	?	?	+	+	?	+	+
Madarame et al. 2011	?	?	?	?	+	+	?
Weatherholt et al. 2013	+	+	+	+	+	+	+

Fonte: O autor, 2022.

Figura 4- Risco de viés dos estudos selecionados com a intervenção de exercício aeróbico com baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo para variável força muscular.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Abe et al. 2006	?	?	+	+	?	+	+
Abe et al. 2010	?	?	+	+	+	+	+
De Oliveira et al 2016	?	?	+	+	?	+	-
Ozaki et al. 2011 a	?	?	+	+	?	+	+
Ozaki et al. 2011b	?	?	+	+	?	+	+

Fonte: O autor, 2022.

Figura 5- Risco de viés dos estudos selecionados com a intervenção de exercício aeróbico com baixa intensidade com e sem restrição de fluxo sanguíneo para variável hipertrofia muscular.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Abe et al. 2006	?	?	+	+	?	+	+
Abe et al. 2010	?	?	+	+	+	+	+
Ozaki et al. 2011 a	?	?	+	+	?	+	+
Ozaki et al. 2011b	?	?	+	+	?	+	+
Sakamaki et al. 2011	?	?	+	+	?	+	-

Fonte: O autor, 2022.

1.3.4. Comparação com o ECR de baixa intensidade sem RFS sobre a força muscular

Uma moderada e significativa heterogeneidade foi observada entre os estudos que compararam o ECR de baixa intensidade com ou sem RFS ($Tau^2 = 0,14$; $Chi^2 = 38,91$, $df = 22$; $p = 0,01$, $I^2 = 43\%$). O total de participantes foi de 289 sujeitos para a intervenção com ECR de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e 271 sujeitos para o grupo de comparação (mesmos exercícios em baixa intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo). A diferença da média padronizada indicou um tamanho de efeito pequeno favorável à intervenção com ECR de baixa intensidade com RFS [DMP = 0,42; (IC95%: 0,18; 0,65), $Z = 3,50$, $p = 0,0005$]. Este resultado pode ser observado na figura 6.

Devido a heterogeneidade dos estudos, foi realizada análise por sub-grupos para identificar a origem da inconsistência. Ao observar as respostas associadas ao subgrupo relacionado à idade foi identificado que tantos os estudos selecionados com amostra de jovens ($Tau^2 = 0,16$; $Chi^2 = 31,69$, $df = 17$; $p = 0,02$, $I^2 = 46\%$) quanto de idosos ($Tau^2 = 0,12$; $Chi^2 = 7,18$, $df = 4$; $p = 0,13$, $I^2 = 44\%$) continuaram apresentando heterogeneidade moderada, porém sendo significativa apenas para o subgrupo de jovens. Houve também um pequeno tamanho de efeito favorável à intervenção ECR-RFS em sujeitos adultos jovens [DMP = 0,44; (IC95%: 0,16; 0,72), $Z = 3,06$, $p = 0,002$]. Neste subgrupo, a intervenção com RFS foi com 219 sujeitos, enquanto o grupo de comparação sem RFS teve 199 sujeitos. Por outro lado, no subgrupo formado por indivíduos idosos, não se observou efeito favorável a qualquer das condições de tratamento com ou sem RFS em ECR de baixa intensidade [DMP = 0,38; (IC95%: -0,08 – 0,84), $Z = 1,61$, $p = 0,11$]. Neste subgrupo, 70 participantes foram submetidos a intervenção enquanto o grupo comparador teve 72 participantes. A análise deste subgrupo é apresentada na figura 7.

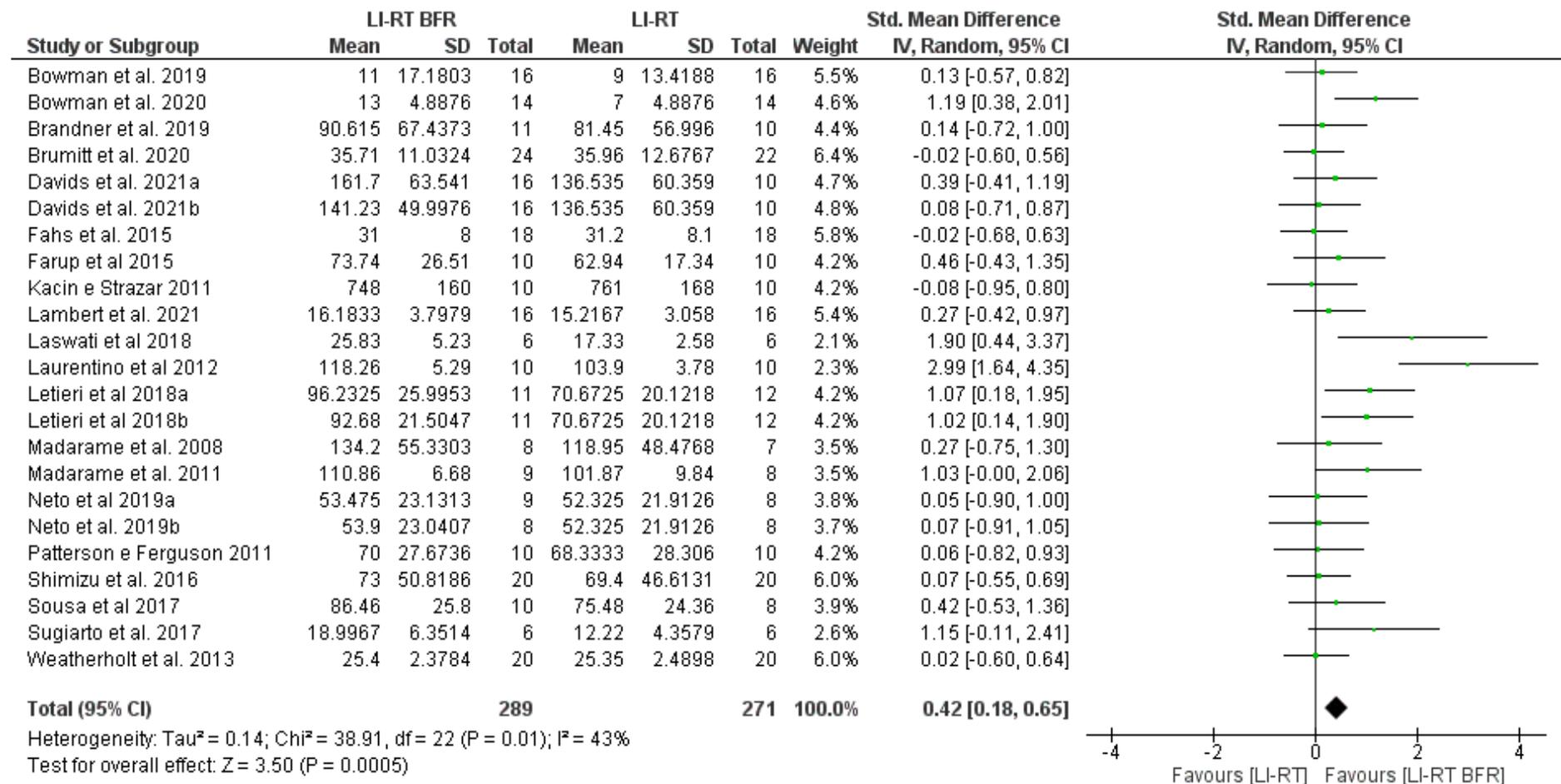
No subgrupo formado pelo nível de treinamento, foi possível observar que a origem da inconsistência foi nos estudos selecionados com uma amostra com indivíduos inativos ou não treinados em força ($Tau^2 = 0,22$; $Chi^2 = 30,07$, $df = 14$; $p = 0,007$, $I^2 = 53\%$). Já os estudos com uma amostra composta por indivíduos treinados em força ou atletas apresentaram praticamente ausência de heterogeneidade ($Tau^2 = 0,01$; $Chi^2 = 6,36$, $df = 6$; $p = 0,38$, $I^2 = 6\%$). Por outro lado, enquanto o subgrupo formado por indivíduos inativos ou não treinados em força apresentou um moderado

tamanho de efeito favorável a intervenção com RFS [DMP = 0,57 (IC95%: 0,23; 0,90), $Z = 3,33$, $p = 0,0009$], o subgrupo composto por indivíduos treinados em força ou atletas não apresentou efeito favorável a qualquer intervenção [DMP = 0,28; (IC95%: -0,05; 0,60), $Z = 1,68$, $p = 0,09$]. O total de participantes foi de 89 e 176 sujeitos para grupos de intervenção com RFS, respectivamente para amostras com atletas ou treinados em força e inativos ou não treinados em força. Para os grupos com intervenção de ECR sem RFS, o total de participantes foi de 76 e 173 para amostras com atletas ou treinados em força e inativos ou não treinados em força, respectivamente. O resultado é apresentado na figura 8.

Por fim, para o subgrupo relacionado a intensidade de pressão exercida pelo manguito, foi observada uma baixa ($\text{Tau}^2 = 0,07$; $\text{Chi}^2 = 8,62$, $\text{df} = 6$; $p = 0,20$, $I^2 = 30\%$) e alta ($\text{Tau}^2 = 0,61$; $\text{Chi}^2 = 17,51$, $\text{df} = 4$; $p = 0,002$, $I^2 = 77\%$) inconsistência, respectivamente para as condições de restrição de fluxo sanguíneo em repouso (baixa pressão do manguito) e oclusão do fluxo sanguíneo em repouso (alta pressão do manguito). Foi observado que na condição com baixa carga de pressão exercida pelo manguito, com 108 participantes no grupo ECR com RFS e 94 participantes no grupo comparador, houve um tamanho de efeito pequeno e significativo em favor da intervenção com ECR com RFS [DMP = 0,39; (IC95%: 0,05; 0,74), $Z = 2,24$, $p = 0,03$]. Por outro lado, na condição de subgrupo relacionado a alta carga de pressão não foi observado um tamanho de efeito favorável a qualquer intervenção [DMP = 0,79; (IC95%: -0,00; 1,58), $Z = 1,95$, $p = 0,05$]. Para esta última condição, o grupo intervenção com ECR-RFS teve 67 participantes e o grupo comparador 66 participantes. O resultado é apresentado na figura 9.

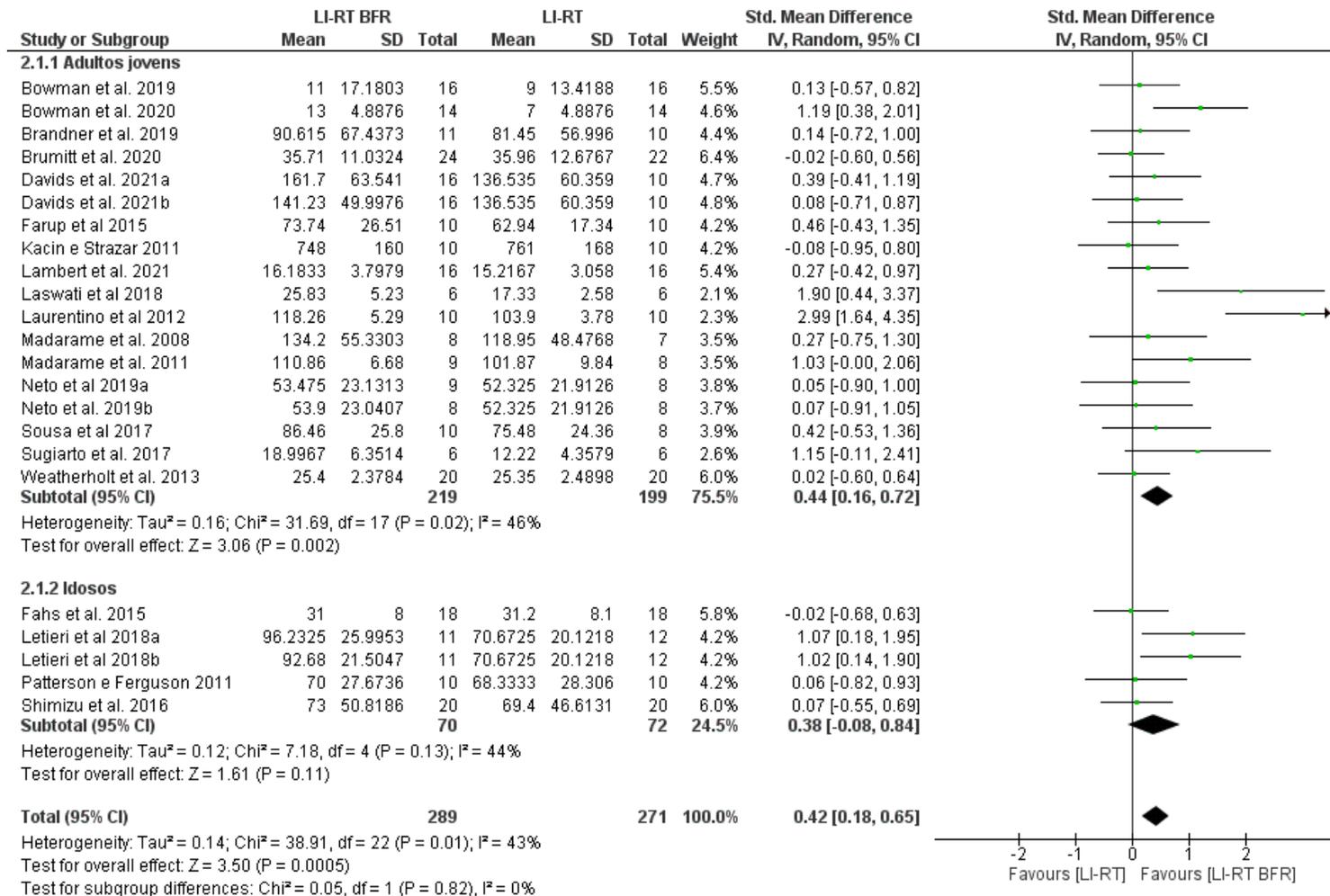
A inspeção visual da distribuição dos dados dos estudos apresentados no gráfico de funil em conjunto com a regressão linear de Egger indicaram um viés de publicação para a comparação entre o ECR de baixa intensidade com ou sem RFS para a variável dependente força muscular ($p < 0,0001$). O gráfico de funil está apresentado na figura 10.

Figura 6- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



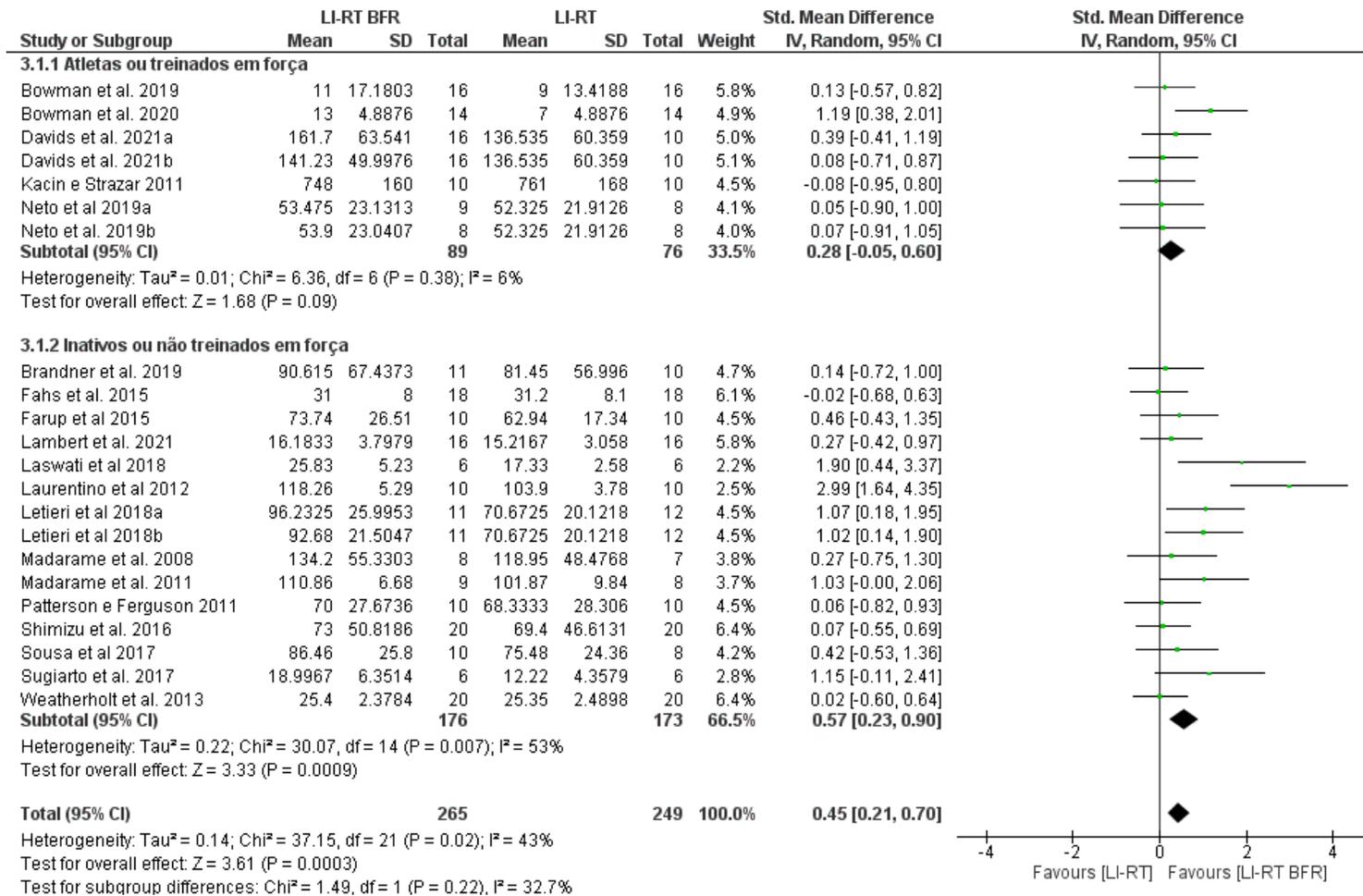
Fonte: O autor, 2022.

Figura 7- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com a faixa etária.



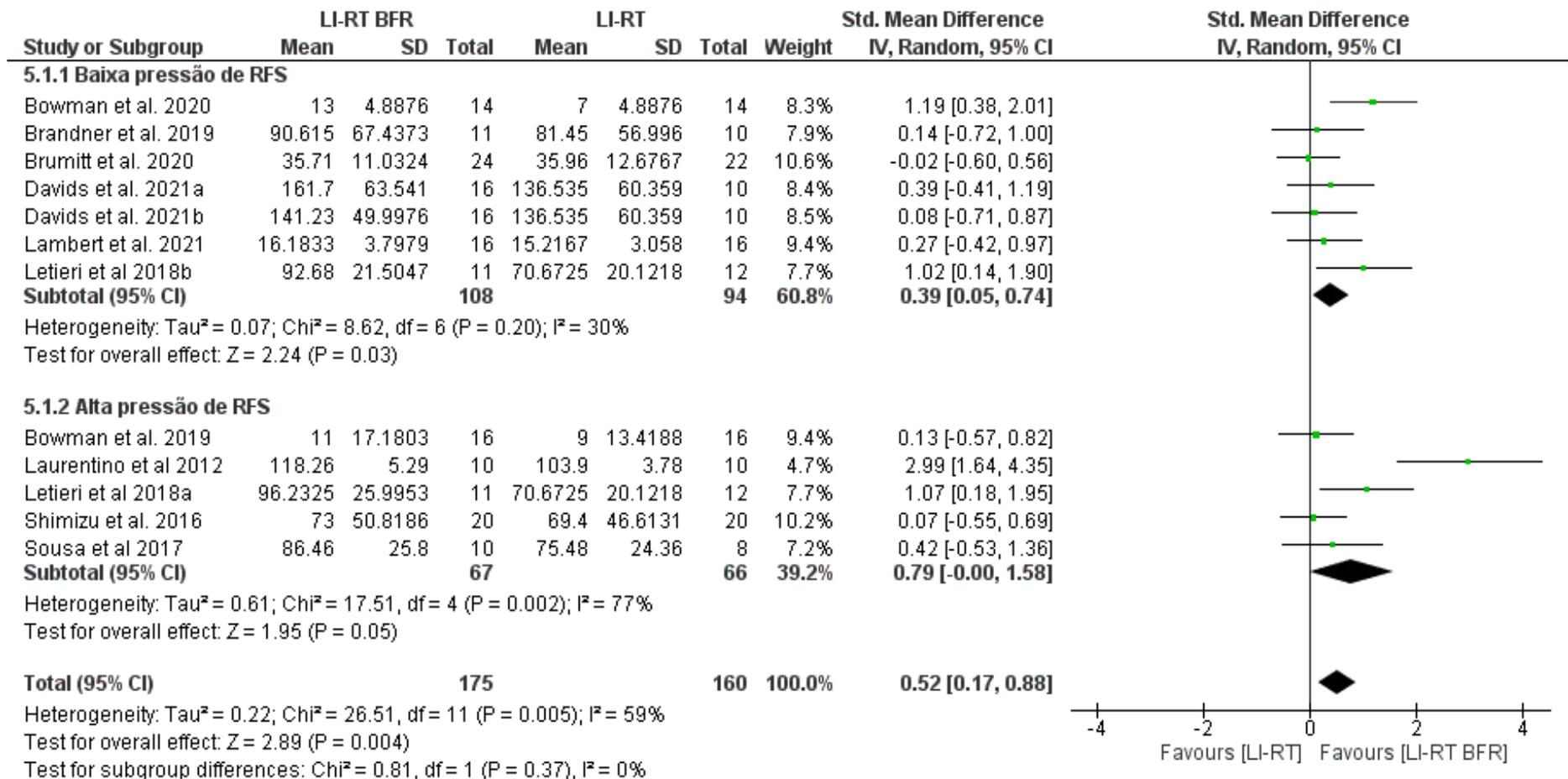
Fonte: O autor, 2022.

Figura 8- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com nível de treinamento.



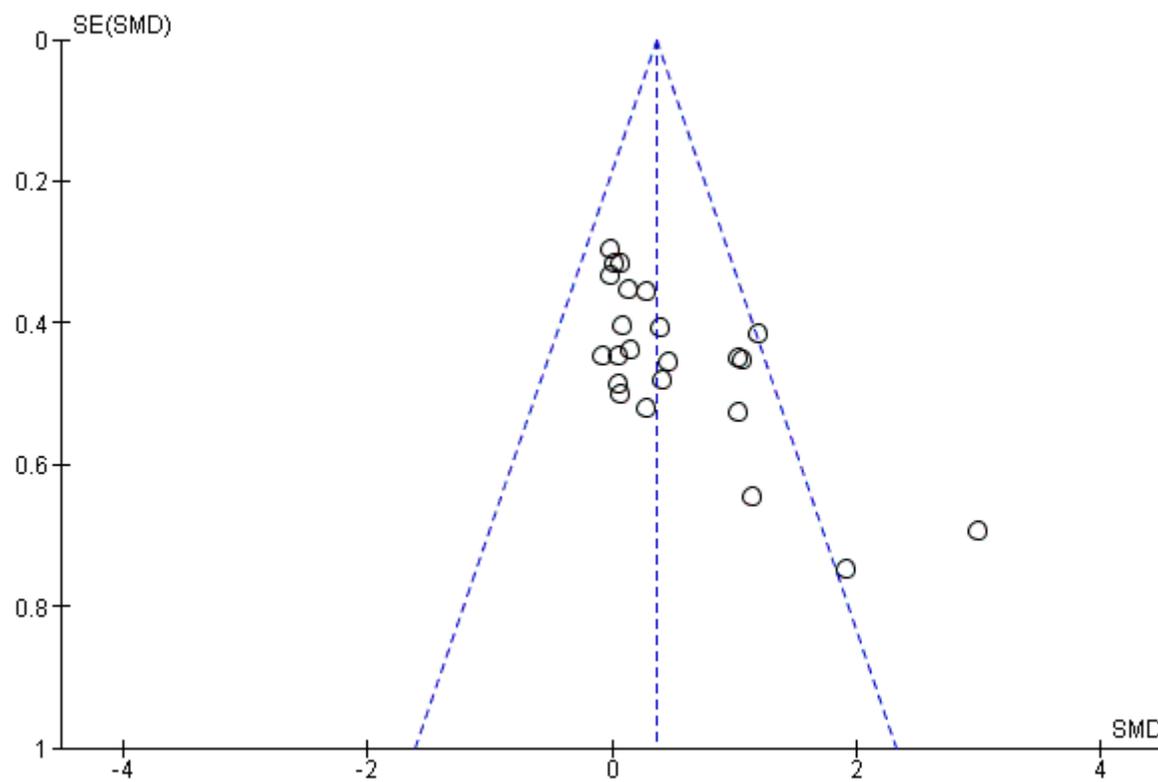
Fonte: O autor, 2022.

Figura 9- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com a intensidade de pressão exercida pelo manguito.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 10- Funnel Plot de estudos comparando a força muscular entre exercício contrarresistência de baixa intensidade vs. exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

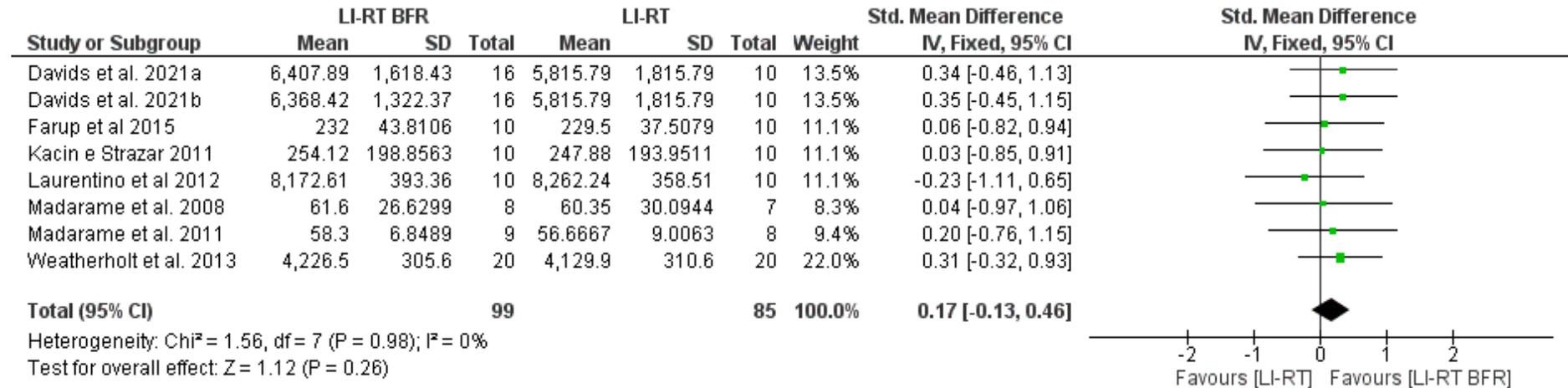
1.3.5. Comparação com o ECR de baixa intensidade sem RFS sobre a hipertrofia muscular

Não foi observada heterogeneidade entre os estudos que compararam o ECR de baixa intensidade com ou sem RFS ($\text{Chi}^2 = 1,56$, $\text{df} = 7$; $p = 0,98$, $I^2 = 0\%$). O total de participantes foi de 99 sujeitos para a intervenção com ECR de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e 85 sujeitos para o grupo de comparação (mesmos exercícios em baixa intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo). A diferença da média padronizada não indicou um tamanho de efeito favorável a qualquer condição de intervenção de ECR com ou sem RFS [DMP = 0,17 (IC95%: -0,13; 0,46), $Z = 1,12$, $p = 0,26$]. O resultado é apresentado na figura 11.

Não foi observado uma condição superior de qualquer uma das intervenções, com ou sem RFS, ao considerar o nível de treinamento dos participantes. Nenhum dos estudos selecionados foram realizados com uma carga de pressão equivalente ou superior a oclusão arterial, não sendo assim possível realizar metanálise para esta condição. Os estudos com pressão de restrição arterial (pressão submáxima) também não demonstraram efeito favorável a qualquer grupo de intervenção sobre a hipertrofia muscular. As figuras que demonstram esses resultados estão apresentadas nos apêndices A e B. Além disso, não houve subgrupo para idade porque todos os 10 artigos selecionados foram realizados com sujeitos jovens, com média de idade inferior a 30 anos.

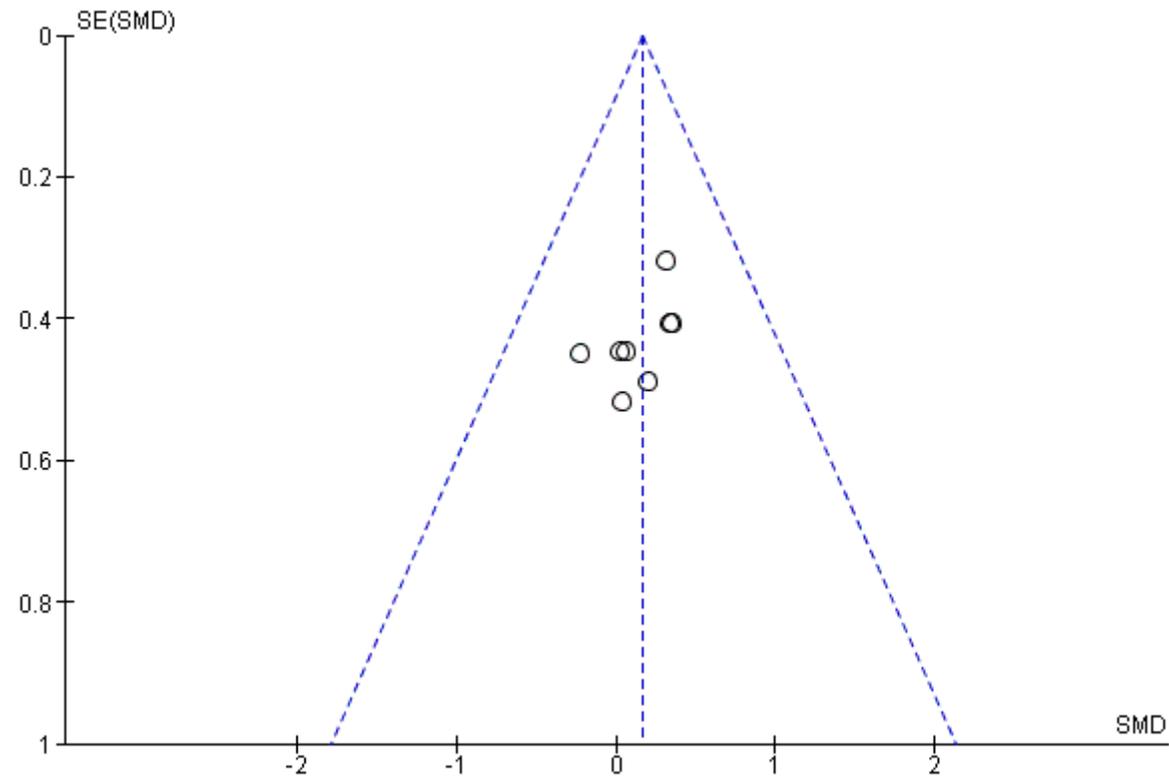
A inspeção visual da distribuição dos dados dos estudos apresentados no gráfico de funil em conjunto com a regressão linear de Egger não indicaram viés de publicação para a comparação entre o ECR de baixa intensidade com ou sem RFS para a variável dependente hipertrofia muscular ($p = 0,2462$). O gráfico de funil está apresentado na figura 12.

Figura 11- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 12- Funnel Plot de estudos comparando a hipertrofia muscular entre exercício contrarresistência de baixa intensidade vs. exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

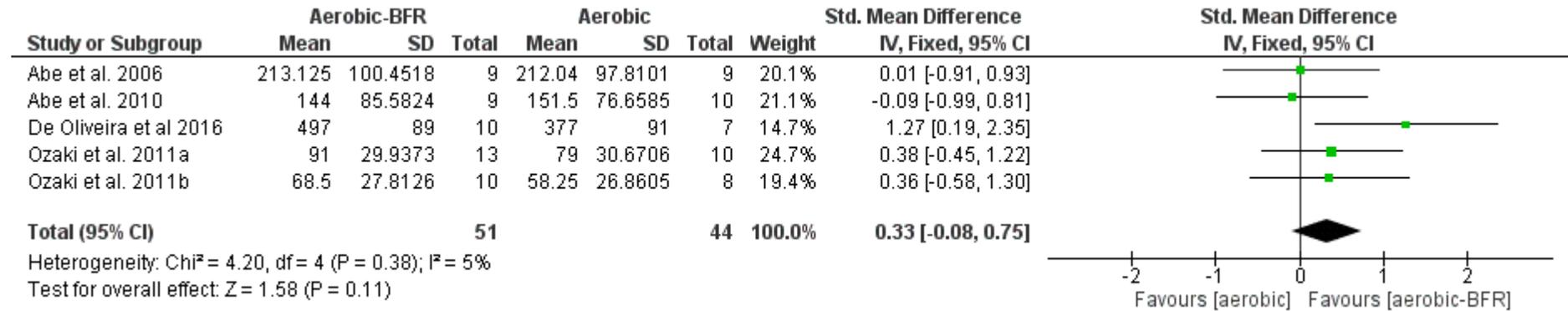
1.3.6. Comparação com o exercício aeróbio sem RFS sobre a força muscular

Não foi observada heterogeneidade entre os estudos que compararam o exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem RFS ($\text{Chi}^2 = 4,20$, $\text{df} = 4$; $p = 0,38$, $I^2 = 5\%$). O total de participantes foi de 51 sujeitos para a intervenção com exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo e 44 sujeitos para o grupo comparador (mesmos exercícios sem restrição do fluxo sanguíneo). A diferença da média padronizada não indicou um tamanho de efeito favorável a qualquer condição de intervenção com ou sem RFS [DMP = 0,33 (IC95%: -0,08; 0,75), $Z = 1,58$, $p = 0,11$]. O resultado é apresentado na figura 13.

As respostas relacionadas ao subgrupo que fraciona por faixa etária não identificaram efeito favorável a qualquer intervenção com exercício aeróbio em adultos jovens [DMP = 0,30 (IC95%: -0,25; 0,86), $Z = 1,07$, $p = 0,28$] ou em idosos [DMP = 0,37 (IC95%: -0,25; 0,99), $Z = 1,17$, $p = 0,24$]. O total de participantes foi de 28 e 23 nos grupos aeróbios com RFS e 26 e 18 nos grupos com exercício aeróbio, respectivamente para amostras com sujeitos jovens e idosos. A figura que demonstra o resultado está apresentada no apêndice C. Não houve subgrupo para nível de treinamento pois todos os 5 estudos foram realizados por indivíduos inativos ou com baixo nível de atividade física diária praticada. Também não houve análise pela intensidade da carga de pressão do manguito porque todos os estudos utilizaram uma carga aleatória e fixa para todos os participantes.

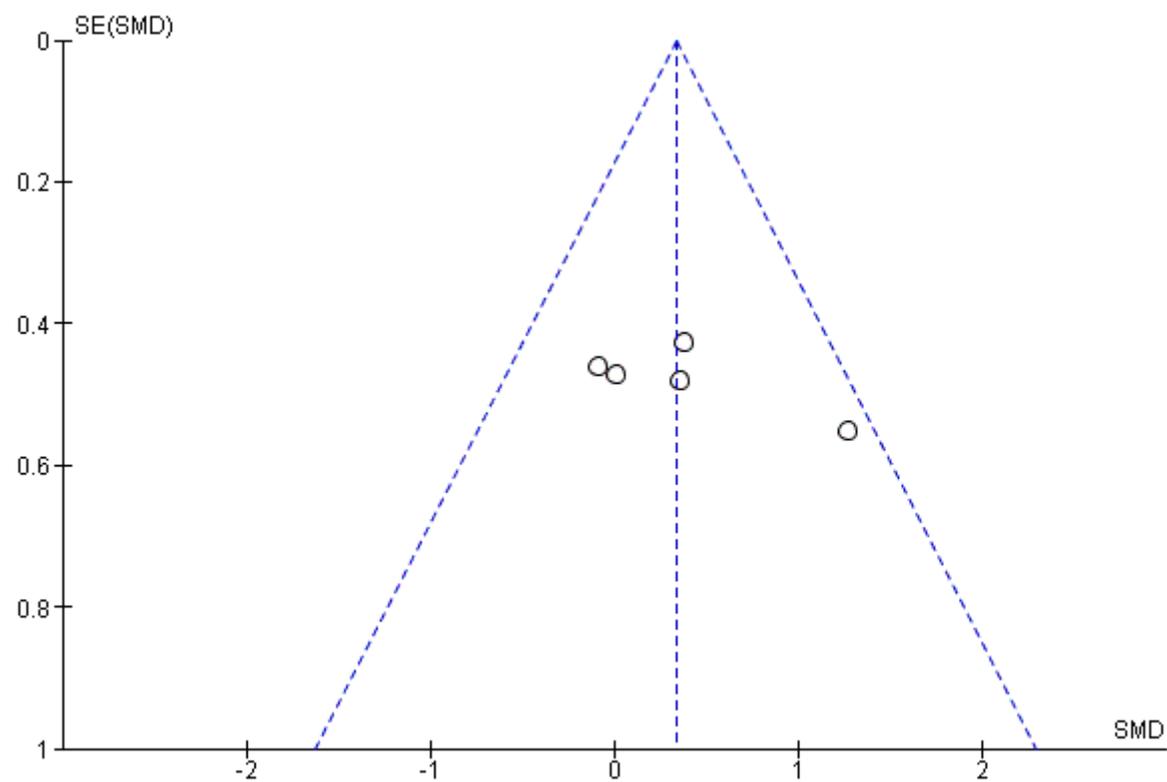
A inspeção visual da distribuição dos dados dos estudos apresentados no gráfico de funil em conjunto com a regressão linear de Egger não indicaram a existência de viés de publicação para a comparação entre o exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem RFS para a variável dependente força muscular ($p = 0,2511$). Todavia a reduzida quantidade de estudos selecionados indica cautela para esta análise, pois a sensibilidade do teste é reduzida para uma análise inferior a 10 estudos. O gráfico de funil com a distribuição dos dados está apresentado na figura 14.

Figura 13- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício aeróbio de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 14- Funnel Plot de estudos comparando a força muscular entre exercício aeróbio de baixa intensidade vs. exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

1.3.7. Comparação com o exercício aeróbio sem RFS sobre a hipertrofia muscular

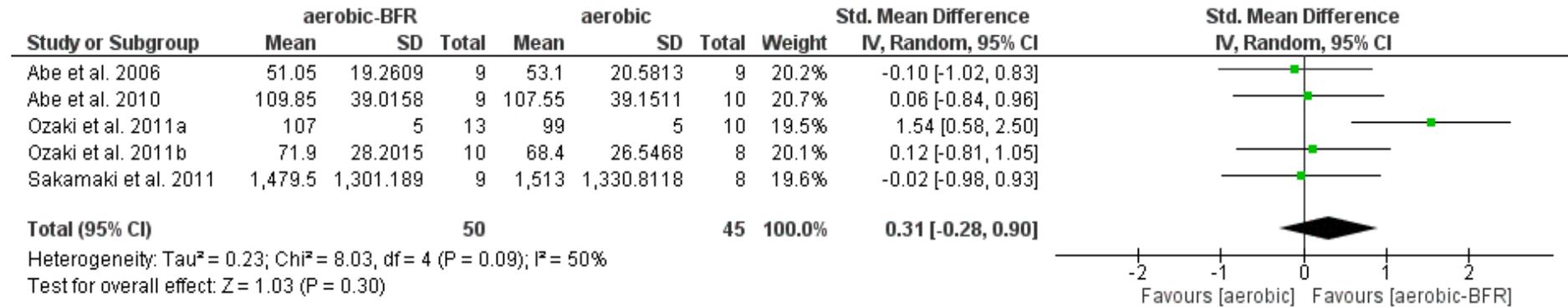
Foi observada uma moderada e significativa heterogeneidade entre os estudos que compararam o exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem RFS ($\text{Tau}^2 = 0,23$, $\text{Chi}^2 = 8,03$, $\text{df} = 4$; $p = 0,09$, $I^2 = 50\%$). O total de participantes foi de 50 sujeitos para a intervenção com exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo e 45 sujeitos para o grupo comparador (mesmos exercícios sem restrição do fluxo sanguíneo). A diferença da média padronizada não indicou um tamanho de efeito favorável a qualquer condição de intervenção com ou sem RFS [DMP = 0,31 (IC95%: -0,28; 0,90), $Z = 1,03$, $p = 0,30$]. O resultado é apresentado na figura 15.

Ao considerar a faixa etária, foi observado que a origem da heterogeneidade é dos estudos selecionados com amostra composta por idosos ($\text{Chi}^2 = 4,34$, $\text{df} = 1$; $p = 0,44$, $I^2 = 77\%$), apesar de ter demonstrado um grande tamanho de efeito favorável a condição de exercício aeróbio com RFS [DMP = 0,81; (IC95%: 0,14; 1,48), $Z = 2,38$, $p = 0,02$]. Por outro lado, os estudos selecionados com amostra composta por indivíduos jovens apresentaram tamanho de efeito não favorável a qualquer intervenção [DMP = -0,02; (IC95%: -0,55; 0,51), $Z = 0,08$, $p = 0,94$] e ausência de heterogeneidade ($\text{Chi}^2 = 0,05$, $\text{df} = 2$; $p = 0,97$, $I^2 = 0\%$), o que reforça o resultado achada para esta condição de subgrupo. Ambos os grupos na condição de indivíduos jovens tiveram no total 27 participantes. Entre os idosos, apenas 23 sujeitos no total participaram dos grupos com restrição de fluxo sanguíneo, enquanto os grupos sem restrição de fluxo sanguíneo tiveram 18 participantes. O resultado está apresentado na figura 16.

Por fim, não foi possível realizar subanálise pelo nível de treinamento e nem pela intensidade da carga de pressão do manguito porque todos os estudos utilizaram uma amostra composta por sujeitos não treinados em força e carga de pressão foi aleatória e fixa para todos os participantes.

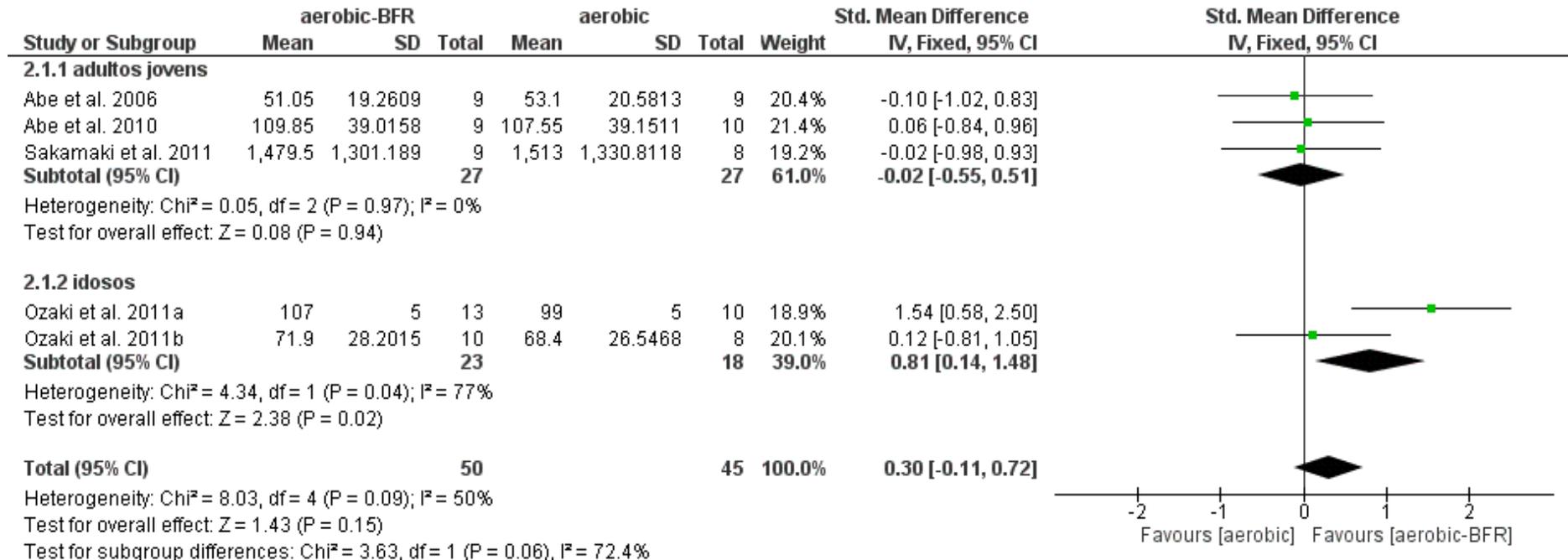
A inspeção visual da distribuição dos dados dos estudos apresentados no gráfico de funil em conjunto com a regressão linear de Egger não indicaram a existência de viés de publicação para a comparação entre o exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem RFS para a variável dependente força muscular ($p = 0,6692$). Todavia a reduzida quantidade de estudos selecionados indica cautela para esta análise, pois a sensibilidade do teste é reduzida para uma análise inferior a 10 estudos. A figura 18 apresenta a distribuição dos dados.

Figura 15- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular para o treinamento com exercício aeróbio de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



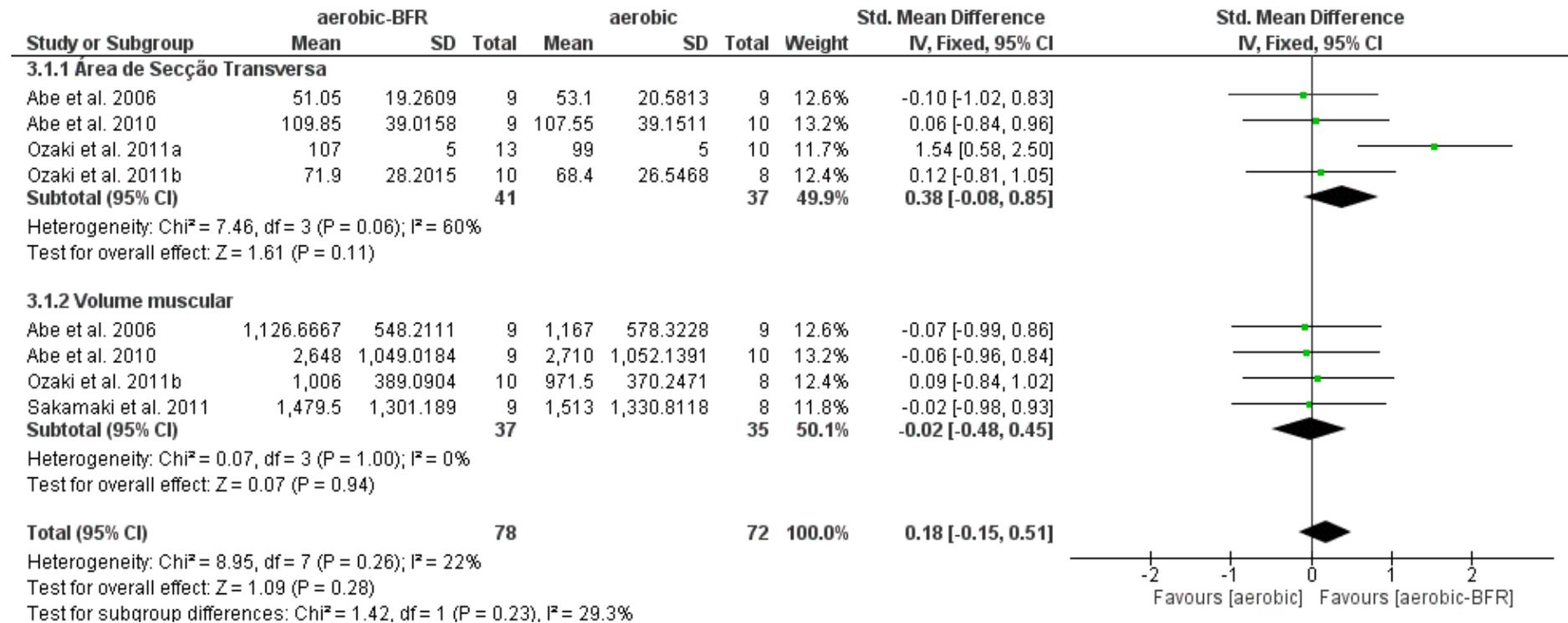
Fonte: O autor, 2022.

Figura 16- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular para o treinamento com exercício aeróbio de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com a faixa etária.



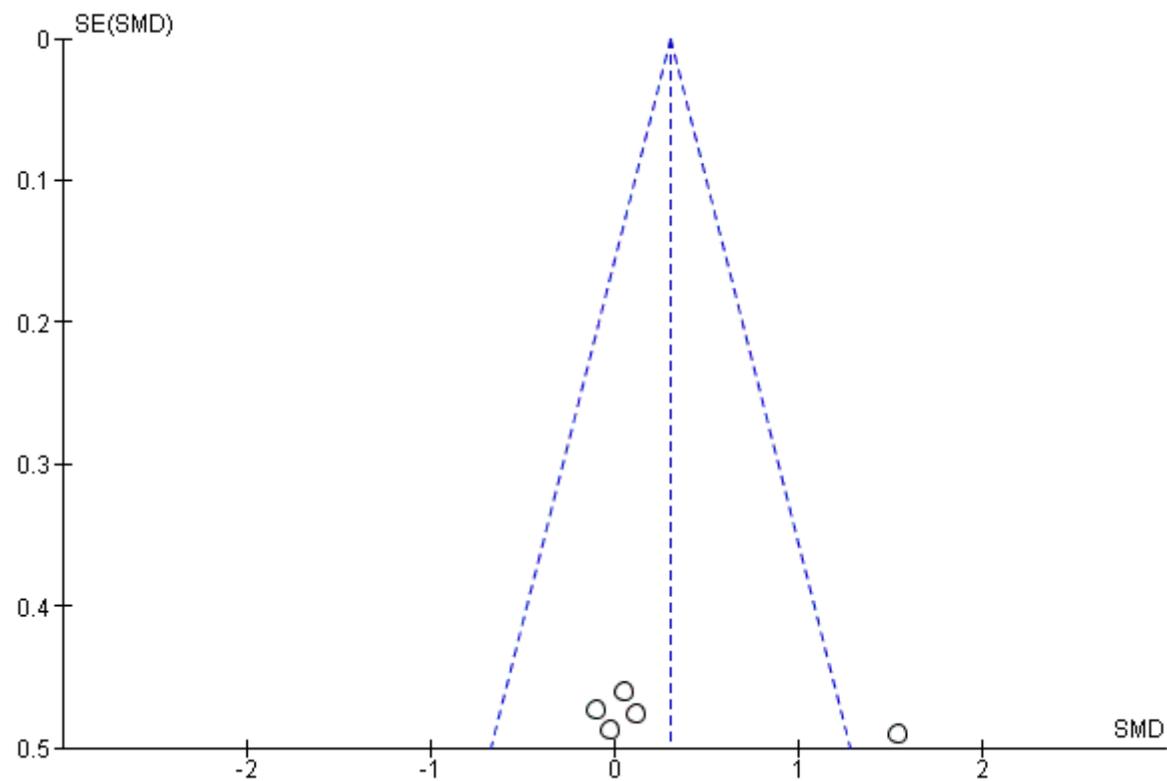
Fonte: O autor, 2022.

Figura 17- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular para o treinamento com exercício aeróbio de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação com o exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com o tipo de medida.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 18- Funnel Plot de estudos comparando a hipertrofia muscular entre exercício aeróbio de baixa intensidade vs. exercício aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

1.3.8. Nível de evidência desta metanálise

O nível de evidência deste trabalho é apresentado na Tabela GRADE, que indica o grau de certeza do resultado desta metanálise. A avaliação foi realizada diretamente pelo site do Sistema GRADE (<https://www.gradepro.org/>). O grau de certeza dos resultados da metanálise pode ser classificado em quatro níveis: muito baixo, baixo, moderado ou alto. Para esta avaliação é considerado o número de estudos, o delineamento, risco de viés, inconsistência, evidência indireta, imprecisão e outras considerações que o avaliador considere importante. A escala GRADE indicou um grau de certeza moderado no resultado desta metanálise nas comparações entre os exercícios contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo para ambas as variáveis de interesse: força e hipertrofia muscular. Já nas comparações com os exercícios aeróbios de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo, o grau de certeza foi moderado para a variável força muscular e baixo para hipertrofia muscular. Os resultados estão apresentados nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5- Escala GRADE com o grau de certeza dos resultados da metanálise para as comparações de ECR-RFS vs ECR de baixa intensidade para as variáveis força e hipertrofia muscular

Pergunta: ECR-RFS comparado a ECR-BI para Força muscular

Avaliação da certeza							Nº de pacientes		Efeito		Certeza	Importância
Nº dos estudos	Delimitação do estudo	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	ECR-RFS	ECR-BI	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
20	ensaios clínicos randomizados	grave ^a	não grave	não grave	não grave	nenhum	289	271	-	SMD 0.42 SD mais alto (0.18 mais alto para 0.65 mais alto)	⊕⊕⊕○ Moderada	

CI: Intervalo de confiança; SMD: Diferença média padronizada

Explicação

a. 6 dos 20 artigos apresentaram avaliação de alto risco em pelo menos um critério da Ferramenta Cochrane

Pergunta: ECR-RFS comparado a ECR-BI para Hipertrofia muscular

Avaliação da certeza							Nº de pacientes		Efeito		Certeza	Importância
Nº dos estudos	Delimitação do estudo	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	ECR-RFS	ECR-BI	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
7	ensaios clínicos randomizados	não grave	não grave	não grave	grave ^a	nenhum	99	85	-	SMD 0.17 SD mais alto (0.13 menor para 0.46 mais alto)	⊕⊕⊕○ Moderada	

CI: Intervalo de confiança; SMD: Diferença média padronizada

Explicação

a. Número inferior a 139 participantes por grupo

Fonte: O autor, 2022.

Tabela 6- Escala GRADE com o grau de certeza dos resultados da metanálise para as comparações de AER-RFS vs exercício aeróbico de baixa intensidade para as variáveis força e hipertrofia muscular

Pergunta: AER-RFS comparado a AER-BI para Força muscular

Avaliação da certeza							Nº de pacientes		Efeito		Certeza	Importância
Nº dos estudos	Delimitação do estudo	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	AER-RFS	AER-BI	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
5	ensaios clínicos randomizados	não grave	não grave	não grave	grave ^a	nenhum	51	44	-	SMD 0.33 SD mais alto (0.08 menor para 0.75 mais alto)	⊕⊕⊕○ Moderada	

CI: Intervalo de confiança; SMD: Diferença média padronizada

Explicação

a. Número inferior a 139 participantes por grupo

Pergunta: AER-RFS comparado a AER_BI para Hipertrofia muscular

Avaliação da certeza							Nº de pacientes		Efeito		Certeza	Importância
Nº dos estudos	Delimitação do estudo	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	AER-RFS	AER-BI	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
5	ensaios clínicos randomizados	não grave	grave ^a	não grave	grave ^b	nenhum	50	45	-	SMD 0.31 SD mais alto (0.28 menor para 0.9 mais alto)	⊕⊕○○ Baixa	

CI: Intervalo de confiança; SMD: Diferença média padronizada

Explicações

a. Inconsistência de 50%

b. Número inferior a 139 participantes por grupo

Fonte: O autor, 2022.

1.4. Discussão

O presente estudo verificou a eficácia do treinamento contrarresistência ou aeróbio em baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo quando comparado aos mesmos exercícios sem restrição de fluxo sanguíneo. Os principais achados foram que: (1) o ECR de baixa intensidade com restrição e fluxo sanguíneo promove maior ganho que o mesmo exercício sem restrição de fluxo sanguíneo, e (2) não foi observado um tamanho de efeito significativo e favorável a qualquer um dos protocolos de treinamento com ou sem RFS nas comparações entre exercício contrarresistência para hipertrofia muscular e nem entre os exercícios aeróbios tanto para força e hipertrofia. Tais achados estão parcialmente de acordo com os resultados observados em uma revisão sistemática com metanálise publicada previamente (SLYSZ *et al.* 2016). Neste trabalho conduzido por SLYSZ *et al.* (2016) foi observado um tamanho de efeito favorável e significativo estatisticamente ao exercício aeróbio ou contrarresistência realizado com RFS sobre os mesmos exercícios sem RFS. De modo geral, o ECR-RFS promoveu um aumento na força acima do observado em relação ao grupo controle, sem RFS, de 0,3 kg (SLYSZ *et al.* 2016). Já o exercício aeróbio com RFS promoveu um aumento na força de 0,4Nm acima da obtida pelo mesmo exercício sem RFS (SLYSZ *et al.* 2016). A RFS também exerceu impacto positivo sobre a área de secção transversa quando realizado com exercício contrarresistência ou aeróbio, respectivamente com 0,36cm² e 0,32cm², em relação aos mesmos exercícios sem RFS (SLYSZ *et al.* 2016).

Uma importante diferença entre o presente estudo e o trabalho anterior (SLYSZ *et al.* 2016) foi a forma de apresentação dos resultados. Enquanto o presente trabalho indicou magnitude do tamanho do efeito entre todas as comparações, SLYSZ *et al.* (2016) apresentaram as diferenças entre grupos em valores absolutos. Assim, algum cuidado na comparação entre os resultados deve ser considerado. Todavia, ao observar que a diferença absoluta identificada por SLYSZ *et al.* (2016) entre os ganhos de força através do ECR-RFS em comparação ao ECR foi de 0,3kg, parece estar alinhado ao pequeno tamanho de efeito observado no presente estudo.

Apesar de ambos os estudos terem observado que o ECR-RFS foi mais efetivo para os ganhos de força que o mesmo exercício sem RFS, todas as outras comparações os achados foram divergentes. Essas diferenças podem ser

parcialmente explicadas por um critério de elegibilidade mais específico para o presente estudo, limitando assim os tipos de exercícios a serem incluídos nas comparações e a inclusão de estudos publicados nos últimos seis anos. Além disso, mesmo destacando a importância do ineditismo do trabalho anterior, algumas importantes limitações devem ser consideradas, pois limitam a capacidade de interpretação e comparação com os resultados do presente estudo. Na análise realizada por SLYSZ *et al.* (2016) não foi apresentado a inconsistência dos estudos selecionados, o risco de viés dos estudos selecionados e nem foi realizada a verificação do viés de publicação. Por fim, também não deixa claro se foi utilizado o efeito randômico ou fixo. Tais condições diminuem a confiança nos achados desse estudo (SLYSZ *et al.* 2016). Assim, os achados do presente estudo podem contribuir preenchendo as lacunas existentes, além de também explicar as diferenças nos resultados para observados para a maioria das comparações.

Um importante diferencial deste trabalho foi a verificação da qualidade metodológica e do risco de viés dos artigos selecionados através da Escala Testex e da Ferramenta *Risk of Bias* da Cochrane, respectivamente. Entre os estudos com ECR, oito apresentaram alta qualidade metodológica considerando 10 pontos como o critério de corte. Para a avaliação do risco de viés, apenas dois estudos (LETIERI *et al.*, 2018; WEATHERHOLT *et al.*, 2013) receberam conceito de baixo risco de viés em todos os critérios da Ferramenta Cochrane. Já os estudos com exercício aeróbio, apenas um estudo (ABE *et al.* 2010) recebeu a classificação de alto qualidade metodológica e nenhum recebeu avaliação de baixo risco em todos os critérios da Ferramenta Cochrane.

A qualidade da evidência desta metanálise foi avaliada pela escala GRADE, tendo apresentado um moderado grau de confiança no resultado observado para intervenção com ECR-RFS para força e hipertrofia muscular e para exercício aeróbio com RFS para variável força muscular. Isso significa que é possível que trabalhos futuros possam modificar a confiança na estimativa de efeito, podendo inclusive, podendo alterar a estimativa. Para a intervenção com exercício aeróbio com RFS para variável hipertrofia muscular o grau de confiança foi considerado baixo. Este resultado indica que trabalhos futuros provavelmente terão um impacto importante na confiança da estimativa do efeito.

1.4.1. Comparação com ECR de baixa intensidade sem RFS

O ECR-RFS apresentou um pequeno e significativo tamanho de efeito favorável ao aumento da força muscular, mesmo com uma carga de pressão exercida pelo manguito abaixo do ponto de oclusão arterial, em adultos jovens com baixo nível de treinamento em comparação com o mesmo exercício sem RFS. Uma das possíveis explicações pode estar no fato da maioria dos estudos terem realizados o mesmo número de repetições para todos os grupos. Desta forma, como o estresse metabólico é potencializado pela RFS, os sujeitos que realizaram o ECR-RFS provavelmente sofreram maior estresse metabólico. Esta é uma condição fundamental para estimular as vias de sinalização celular que geram adaptação neuromuscular e morfológica. Essa hipótese é corroborada ao observar que dois (FARUP *et al.*, 2015; KACIN e STRAZAR, 2011) de três estudos (FARUP *et al.*, 2015; KACIN e STRAZAR, 2011; PATTERSON e FERGUSON, 2011) no qual todos os participantes treinaram até a falha concêntrica não observaram diferença nos ganhos de força entre os integrantes dos grupos ECR-RFS e ECR sem RFS. Quando o exercício foi realizado até a fadiga, o número médio de repetições de quem treinou sem RFS foi superior, o que deve ter equilibrado o estresse metabólico entre os grupos. Todavia, novos estudos devem ser conduzidos para confirmar esta hipótese, principalmente em indivíduos idosos, que dificilmente realizam treinamentos com alta sobrecarga, mas podem realizar o exercício até a falha concêntrica.

Por outro lado, não foi observado uma diferença clínica relevante entre o ECR com ou sem RFS nas alterações morfológicas (hipertrofia muscular). Todavia, o reduzido número de estudos e o total dos participantes no somatório dos trabalhos sugerem que é necessário um cuidado na análise do resultado para esta variável dependente. Para se garantir uma confiança de 95% que o resultado da metanálise será observado em pelo menos 90% dos participantes e que o erro será inferior a 5%, foi calculado que o *n* necessário é de 139 participantes por grupo (SCHÜNEMANN *et al.*, 2013). Além disso, BORENSTEIN *et al.* (2009) recomenda um mínimo de 10 estudos para cada covariável da metanálise para garantir uma significância nos achados. Assim, é possível que com o acréscimo de novos estudos, se observe uma alteração nos resultados observados sobre a massa muscular.

Uma importante limitação na comparação entre estudos é a seleção de uma carga de pressão única aleatória e fixa para todos os participantes. A escolha da carga pressórica é um fator extremamente relevante pois tem influência direta na magnitude de estresse metabólico que será proporcionado ao indivíduo. Uma carga única de pressão exercida pelo manguito, na prática, promove diferentes graus de restrição porque a circunferência do membro a ser restringido vai interferir no fluxo sanguíneo nas diversas profundidades do músculo (CRENSHAW *et al.*, 1988; SHAW e MURRAY, 1982). É provável que ocorra uma grande heterogeneidade sobre o fluxo sanguíneo nos indivíduos, influenciando assim nas respostas metabólicas.

De qualquer maneira, quando se comparou o ECR de baixa intensidade sem RFS com o ECR-RFS exclusivamente com uma carga de pressão submáxima do manguito, os resultados continuaram demonstrando um maior efeito do ECR-RFS. Tal achado demonstra que não há necessidade de exercer uma alta carga de pressão a ponto de causar oclusão do sangue arterial para observar aumento na força muscular. Esse resultado é importante porque uma menor carga de pressão é menos desconfortante para o praticante (SOLIGON *et al.*, 2018) e possivelmente mais segura.

Um protocolo bastante utilizado nos é a utilização de ECR-RFS em 3 a 4 séries, com 30 repetições na primeira série e 15 repetições nas séries subsequentes com intervalo entre as séries de 30 a 60 segundos. A carga de pressão deve ser submáxima e contínua, tendo o fluxo sanguíneo liberado a cada troca de exercícios ou em blocos de no máximo 3 exercícios. Este protocolo parece ser adequado e recomendado para quem pretende utilizar o ECR-RFS dentro de uma periodização de treinamento com objetivo de aumentar cronicamente os níveis de força.

1.4.2. Comparação entre exercício aeróbio de baixa intensidade com ou sem RFS

O exercício aeróbio de baixa intensidade com RFS não parece exercer maior impacto nas adaptações neuromusculares e morfológicas do que o mesmo exercício sem restrição de fluxo sanguíneo, com exceção para o grande tamanho de efeito observado em idosos submetidos ao exercício com RFS. Todavia, um pequeno número de estudos e participantes avaliados associado a alta inconsistência exige um grande na interpretação desses resultados.

A quantidade de sessões realizadas ou a frequência semanal também parecem ser um dos fatores determinantes para se observar ou não diferença entre os grupos com e sem restrição de fluxo sanguíneo. Os estudos de Ozaki (OZAKI *et al.*, 2011a; OZAKI *et al.*, 2011b) que observaram diferença significativa nos ganhos de força e hipertrofia favorável ao exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo tiveram 40 sessões de treinamento ao longo de 10 semanas de intervenção (4 sessões por semana). ABE *et al.* (2006) também observaram diferença significativa após 36 sessões de treinos (2x/dia com 6x/sem ao longo de 3 semanas). Por outro lado, os estudos que não observaram diferença sobre a força entre os grupos com e sem restrição de fluxo sanguíneo tiveram de 12 a 24 sessões de treinamento ao longo de 4 a 8 semanas, respectivamente (ambos estudos com frequência de 3x/sem) (ABE *et al.*, 2010; DE OLIVEIRA *et al.*, 2016). SAKAMAKI *et al.* (2011) também não observaram diferença na massa muscular após 36 sessões de treino (2x/dia com 6x/sem ao longo de 3 semanas). Assim, parece que é necessário um tempo maior para observar prevalência do exercício aeróbio com restrição de fluxo sanguíneo na morfologia em comparação a capacidade de produzir força.

Outra possível explicação pode estar relacionada ao volume do exercício. Os mecanismos propostos para explicar os ganhos de força e hipertrofia nas atividades aeróbias com restrição de fluxo sanguíneo também são dependentes do estresse metabólico gerado pelo exercício. Nos estudos com exercício aeróbio as atividades tiveram de 10 a 20 minutos de duração em baixa intensidade. Além disso, algumas atividades foram realizadas de forma intervalada, onde o estímulo era o exercício com a restrição de fluxo sanguíneo enquanto o período de recuperação era realizado de forma passiva. É possível que participantes não tenham experimentado uma condição de estímulo efetivamente fatigante ou com alto estresse metabólico.

Uma outra importante limitação é com relação a magnitude da intensidade dos exercícios aeróbios, o que dificulta estabelecer recomendações das variáveis de treinamento. Enquanto a intensidade do ECR-RFS é definida basicamente pelo percentual de 1RM, os estudos com exercícios aeróbios adotaram diferentes parâmetros para estabelecer a intensidade. Os estudos com exercício aeróbio adotaram o percentual da frequência cardíaca máxima, ou do VO₂ máximo ou da potência máxima. Importante salientar que o mesmo valor percentual nessas diferentes referências vai representar na prática distintas sobrecargas de

treinamento. Além disso, a reduzida quantidade de estudos publicados dificulta estabelecer uma margem de intensidade a ser trabalhada para cada uma dessas diferentes variáveis.

1.5. Conclusões

A realização de ECR-RFS com baixa intensidade pode ser uma interessante estratégia para indivíduos que buscam aumentar a força muscular, principalmente em indivíduos jovens e com baixa nível de treinamento. É necessário novos estudos com uma amostra composta por sujeitos de meia idade ou idosos, pois apenas 4 estudos tornam a observação de igualdade entre as intervenções de ECR em baixa intensidade com ou sem RFS bastante limitado. Nas situações no qual não é possível realizar o ECR com alta sobrecarga, a decisão por realizar com baixa sobrecarga com restrição de fluxo pode ser uma escolha adequada. Também pode ser utilizado dentro de uma periodização de treinamento contrarresistência, visando motivar o praticante ao proporcionar um treino diferente ao que costumam praticar, sem deixar de ser efetivo no aumento da força muscular. Outra possível vantagem em incluir dentro de uma periodização de treinamento contrarresistência é o menor estresse na estrutura músculo-tendínea, devido a característica de baixa sobrecarga externa. Isso pode ser um fator de preservação dessas estruturas, reduzindo assim a chance de lesão.

Muita cautela deve ser dada na interpretação dos resultados com estudos com exercício aeróbio, pois poucos trabalhos foram identificados, além de possuírem protocolos de treinamento bastante heterogêneo. Assim, há necessidade de novos estudos para estabelecer recomendações de prescrição mais assertivas e melhor compreender a efetividade do exercício aeróbio com baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo em relação ao mesmo exercício sem restrição de fluxo sanguíneo.

1.6. Referências bibliográficas

ABE *et al.* Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO_2 max in young men. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 9, n. 3, p. 452–458, 2010.

ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following

walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 5, p. 1460–6, 2006.

BORENSTEIN, M. *et al.* Introduction to Meta-Analysis. 1 ed. [S.l.]: **John Wiley & Sons**, 2009.

BOWMAN, E. N. *et al.* Proximal, Distal, and Contralateral Effects of Blood Flow Restriction Training on the Lower Extremities: A Randomized Controlled Trial. **Sports Health**, v. 11, n. 2, p. 149–156, 2019.

BOWMAN, E. N. *et al.* Upper-extremity blood flow restriction: the proximal, distal, and contralateral effects—a randomized controlled trial. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v. 29, n. 6, p. 1267–1274, 2020.

BRANDNER, C. R. *et al.* Muscular Adaptations to Whole Body Blood Flow Restriction Training and Detraining. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1099, 10 Set 2019.

BRUMITT, J. *et al.* Blood Flow Restriction Training for the Rotator Cuff: A Randomized Controlled Trial. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 8, p. 1175–1180, 19 Ago 2020.

BULL, F. C. *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020.

CARVALHO, R. F.; SOARES, A. L. C.; GOMES, P. S. C. Effects of combined blood flow restriction and resistance or aerobic training on muscle hypertrophy and strength in health adults and elderly individuals: Systematic review with meta-analysis. **PROSPERO: International prospective register of systematic reviews**. 2020. CRD42020207162. Available from:

https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?RecordID=207162

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2^a edição ed. [S.l.]: **Lawrence Erlbaum Associates**, 1988.

CRENSHAW, A. G. *et al.* Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 59, n. 4, p. 447–451, 1988.

DAVIDS, C. J. *et al.* Similar morphological and functional training adaptations occur between continuous and intermittent blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 7, p. 1784–1793, 2021.

DE CARVALHO, A. P. V. de; SILVA, V.; JOSÉ GRANDE, A. Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. **Diagnóstico e Tratamento**, v. 18, n. 1, p. 38–44, 2013.

- DE OLIVEIRA, M. F.M. *et al.* Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 9, p. 1017–1025, 2016.
- FAHS, C. A. *et al.* Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 3, p. 167–176, 2015.
- FARUP, J. *et al.* Blood flow restricted and traditional resistance training performed to fatigue produce equal muscle hypertrophy. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 25, n. 6, p. 754–763, 2015.
- GARBER, C. E. *et al.* Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, 2011.
- HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. (ed.). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. 1. ed. Nashville, TN: **John Wiley & Sons**, 2011.
- KACIN, A.; STRAZAR, K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 21, n. 6, p. e231–e241, 1 Dez 2011.
- KEFALOYIANNI, E.; GAITANAKI, C.; BEIS, I.. ERK1/2 and p38-MAPK signalling pathways, through MSK1, are involved in NF- κ B transactivation during oxidative stress in skeletal myoblasts. **Cellular Signalling**, v. 18, n. 12, p. 2238–2251, 1 Dez 2006.
- LAMBERT, B. *et al.* Blood Flow Restriction Training for the Shoulder: A Case for Proximal Benefit. **American Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 10, p. 2716–2728, 1 Ago 2021.
- LASWATI, H *et al.* Low-Intensity Exercise with Blood Flow Restriction Increases Muscle Strength without Altering hsCRP and Fibrinogen Levels in Healthy Subjects. **Chinese Journal of Physiology**, v. 61, n. 3, p. 188-195, 2018
- LAURENTINO, G. C. *et al.* 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.
- LETIERI, R. V. *et al.* Effect of 16 weeks of resistance exercise and detraining comparing two methods of blood flow restriction in muscle strength of healthy older women: A randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 114, p. 78–86,

2018.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 62, n. 10, p. e1–e34, 2009.

LOENNEKE, J. P. *et al.* The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. **Medical Hypotheses**, v. 78, n. 1, p. 151–154, 2012.

MADARAME, H. *et al.* Blood flow-restricted training does not improve jump performance in untrained young men. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 98, n. 4, p. 465–471, 2011.

MADARAME, H. *et al.* Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 2, p. 258–263, 2008.

MADARAME, H. *et al.* Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 30, n. 3, p. 210–213, 2010.

MOORE, D. R. *et al.* Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4–5, p. 399–406, 2004.

MORITANI, T. *et al.* Oxygen availability and motor unit activity in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 6, p. 552–556, 1992.

NETO, G. R. *et al.* Effects of strength training with continuous or intermittent blood flow restriction on the hypertrophy, muscular strength and endurance of men. **Acta Scientiarum-Health Sciences**, v. 41, e42273, 2019

OZAKI, H. *et al.* Effects of 10 weeks walk training with leg blood flow reduction on carotid arterial compliance and muscle size in the elderly adults. **Angiology**, v. 62, n. 1, p. 81–86, 2011a.

OZAKI, H. *et al.* Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 66 A, n. 3, p. 257–263, 2011b.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **British Medicine Journal**, v. 372, 2021.

PATTERSON, S. D.; FERGUSON, R. A. Enhancing strength and postocclusive calf

blood flow in older people with training with blood-flow restriction. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 19, n. 3, p. 201–213, 2011.

PATTERSON, S. D.; FERGUSON, R. A. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 5, p. 1025–1033, 2010.

REEVES, G. V. *et al.* 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.

SAKAMAKI, M.; BEMBEN, M. G.; ABE, T. Legs and trunk muscle hypertrophy following walk training with restricted leg muscle blood flow. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, n. 2, p. 338–340, 2011.

SCHÜNEMANN, H. *et al.* GRADE handbook for grading quality of evidence and strength of recommendations. Updated October 2013. **The GRADE Working Group**, 2013. Available from: guidelinedevelopment.org/handbook.

SHAW, J. A.; MURRAY, D. G. The relationship between tourniquet pressure and underlying soft-tissue pressure in the thigh. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 64, p. 1148–1152, 1982.

SHIMIZU, R. *et al.* Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, p. 749–757, 2016

SLYSZ, J.; STULTZ, J.; BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 8, p. 669–675, 2016.

SMART, N. A. *et al.* Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. **International Journal of Evidence-Based Healthcare**, v. 13, n. 1, p. 9–18, Mar 2015.

SOLIGON, S. D. *et al.* Lower occlusion pressure during resistance exercise with blood-flow restriction promotes lower pain and perception of exercise compared to higher occlusion pressure when the total training volume is equalized. **Physiology International**, v. 105, n. 3, p. 276–284, 1 Set 2018.

SOUSA, J. B.C. *et al.* 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.

- SUGIARTO, D. *et al.* Comparison of the increase of both muscle strength and hypertrophy of biceps brachii muscle in strengthening exercise with low-intensity resistance training with and without the application of blood flow restriction and high-intensity resistance training. **Bali Medical Journal**, v. 6, n. 2, p. 255-261, 2017
- TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; ISHII, N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2035–2039, 2000.
- 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.
- WEATHERHOLT, A. *et al.* Modified Kaatsu training: Adaptations and subject perceptions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 5, p. 952–961, 2013.
- WESTCOTT, W. L. Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. **Current Sports Medicine Reports**, v. 11, n. 4, p. 209–216, 2012.
- YAMANAKA, T. *et al.* Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2523–2529, 2012.

2 ARTIGO II - EFEITO CRÔNICO DO EXERCÍCIO CONTRARRESISTÊNCIA DE BAIXA INTENSIDADE COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO VERSUS O EXERCÍCIO CONTRARRESISTÊNCIA DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A FORÇA E HIPERTROFIA MUSCULAR

RESUMO

Introdução: O exercício contrarresistência de baixa intensidade (20-50% 1RM) com restrição de fluxo sanguíneo estimulam o aumento da força e massa muscular. Pouco se sabe se este método é capaz de promover adaptações crônicas similares ao exercício contrarresistência de alta intensidade (>70% 1RM) em diferentes populações e intensidades de pressão exercida pelo manguito. **Objetivo:** Comparar os efeitos crônicos do exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo com o exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e hipertrofia muscular. **Método:** Após as buscas por cinco bases de dados (Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus e ScienceDirect), os estudos foram triados e avaliados suas elegibilidades por dois pesquisadores independentes que se basearam na estratégia PICOS definida previamente. Os artigos elegíveis tiveram a qualidade metodológica e o risco de viés avaliados por dois pesquisadores de forma independente utilizando as Escalas Testex e Cochrane, respectivamente. As características das amostras, tratamento e o resultado foram extraídos para uma tabela pelo autor principal, com o segundo pesquisador realizando a conferência das informações. O resultado da metanálise foi obtido através do software RevMan 5.3 utilizando os valores de médias, desvios padrões e número de participantes por grupo na condição pós-tratamento. Quando a informação não constava no texto, os autores utilizaram um software disponível gratuitamente para realizar a identificação através dos gráficos. Não sendo possível realizar essa estratégia, os autores destes estudos foram solicitados a encaminhar as informações necessárias. A diferença média padronizada de todas as análises foi apresentada graficamente através do Forest Plot e o viés de publicação foi apresentado através do Funnel plot e pelo teste de Egger. **Resultado:** Dos 2.476 artigos identificados através da pesquisa sistemática nas bases de dados, 25 preencheram os critérios de inclusão, dos quais 15 tinham medidas de força e massa muscular como variáveis dependentes. Somente dois estudos selecionados tinham como variável dependente a massa muscular e oito trabalhos propuseram observar exclusivamente a força muscular. A magnitude de aumento da força [DMP = -0,12 (95%IC: -0,29; 0,05)] e hipertrofia muscular [DMP = 0,08 (95%IC: -0,12; 0,28)] foi similar entre o exercício contrarresistência com alta intensidade e o exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo. **Conclusão:** O exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo é igualmente efetivo para promover ganhos de força e massa muscular em indivíduos saudáveis de diferentes faixas etárias e níveis de treinamento.

ABSTRACT

Introduction: Low-intensity resistance exercise (20-50% 1RM) with blood flow restriction increases strength and muscle mass. Little is known whether this method can promote chronic adaptations similar to high-intensity resistance exercise (>70% 1RM) in different populations and when exercising at different intensities of pressure exerted by the cuff. **Objective:** To compare the chronic effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction with high-intensity resistance exercise without blood flow restriction on muscle strength and hypertrophy. **Methods:** A systematic review with meta-analysis was carried out after identifying and retrieving studies from five databases (Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus, and ScienceDirect). The studies were screened and their eligibility assessed by two independent researchers, based on the previously defined PICOS strategy. Eligible articles had their methodological quality and risk of bias assessed independently by two researchers using the Testex and Cochrane Scales, respectively. The characteristics of the samples, treatments, and results were extracted into a table by the primary author, with the second researcher checking the information. When this strategy was impossible, the authors of these studies were asked to provide the necessary information. When the information was not included in the text, the authors used software available free of charge to carry out the identification through the graphics. The meta-analysis result was obtained using the RevMan (Version 5.3) software using the mean values, standard deviations, and the number of participants per group in the post-treatment condition. The standardized mean difference of all analyzes was graphically presented using the Forest Plot, and the publication bias was presented using the Funnel plot and the Egger's test. **Results:** Of 2,476 papers identified through a systematic search in the databases, 25 papers fulfilled the inclusion criteria, of which 15 had measurements of strength and muscle mass as dependent variables. Only two selected studies had muscle mass as the dependent variable and eight studies proposed to observe muscle strength exclusively. The magnitude of increase in strength [SMD = -0.12 (95%CI: -0.29; -0.05)] and muscle hypertrophy [SMD = 0.08 (95%CI: -0.12; 0.28)] was similar between high-intensity counter-resistance exercise and low-intensity counter-resistance exercise with blood flow restriction. **Conclusions:** Resistance exercise with blood flow restriction is equally effective in promoting gains in strength and muscle mass in healthy individuals of different age and training levels.

2.1. Introdução

O exercício contrarresistência (ECR) com sobrecarga de moderada a alta realizado até a falha ou próximo à falha concêntrica é utilizado como estratégia para estimular os ganhos de força e hipertrofia muscular (RATAMESS *et al.*, 2009; SCHOENFELD, 2010). Porém, nos últimos anos, tem crescido o interesse dos pesquisadores pelo ECR com restrição de fluxo sanguíneo arterial (RFS) realizado com baixas sobrecargas. Neste modelo de treinamento, o ECR é realizado com um manguito inflado na porção proximal dos membros superiores ou inferiores para ocluir a passagem de sangue venoso, mas permitindo ainda algum fluxo sanguíneo arterial (LOENNEKE *et al.*, 2013).

De modo geral, o ECR-RFS podem ser realizados com uma sobrecarga externa de 20 a 50% de 1RM (BIAZON *et al.*, 2019; TAKARADA *et al.*, 2000a) e com uma pressão do manguito variando de 40 a até aproximadamente 220 mmHg (REEVES *et al.*, 2006; TAKARADA *et al.*, 2004). Vários trabalhos têm demonstrado que o ECR-RFS de baixa intensidade foi efetivo para aumentar a força e massa muscular em diferentes populações (KORKMAZ *et al.*, 2020; YAMANAKA *et al.*, 2012). Assim diversos mecanismos foram propostos para explicar esses fenômenos, como o inchaço celular (LOENNEKE *et al.*, 2012), produção de espécie reativas de oxigênio (KEFALOYIANNI *et al.*, 2006), redução na produção de miostatina (LAURENTINO *et al.*, 2012), elevada produção de hormônios anabólicos (TAKARADA *et al.*, 2000b), aumento no recrutamento de unidades motoras (MORITANI *et al.*, 1992) e a fosforilação da cadeia leve regulatória da miosina (DOMA *et al.*, 2020).

A literatura também tem demonstrado que o fluxo sanguíneo arterial diminui de forma escalonada em resposta ao aumento da pressão exercida pelo manguito inflado (MOUSER *et al.*, 2017). Essa redução escalonada implica numa manutenção desse fluxo sanguíneo e possivelmente do estresse metabólico dentro de determinadas faixas de pressão de RFS (CARVALHO *et al.*, 2021). Apesar dos diversos mecanismos que estimulam a adaptação na força e massa muscular estarem associados ao estresse metabólico gerado pelo ECR-RFS, ainda não está clara a influência da intensidade da pressão exercida pelo manguito sobre as respostas de força e massa muscular.

Algumas revisões sistemáticas com metanálise compararam a adaptação na força (CENTNER *et al.*, 2019a; GRØNFELDT *et al.*, 2020; LIXANDRÃO *et al.*, 2018) e hipertrofia muscular (CENTNER *et al.*, 2019a; LIXANDRÃO *et al.*, 2018) após o treinamento com exercícios associados à restrição de fluxo sanguíneo em relação ao treinamento contrarresistência tradicional com alta sobrecarga. LIXANDRÃO *et al.* (2018), concluíram que o exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo foi menos efetivo no ganho de força em comparação ao treino de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo. Todavia, ambos protocolos de treinamento foram igualmente efetivos no aumento da massa muscular. Por outro lado, CENTNER *et al.* (2019a) observaram o inverso, no qual o ECR com alta sobrecarga foi mais efetivo nos ganhos de massa muscular do que o exercício de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, sem que houvesse qualquer predomínio entre os protocolos para a variável força muscular. Por fim, a revisão sistemática com metanálise mais recentemente publicada demonstrou que o exercício de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo foi igualmente efetivo nos ganhos de força muscular ao exercício com alta sobrecarga externa em sujeitos adultos e saudáveis entre 20 e 80 anos de idade (GRØNFELDT *et al.*, 2020).

Além dos resultados conflitantes entre esses trabalhos, todos apresentaram limitações metodológicas importantes que dificultam a interpretação e comparação de seus resultados. Apesar da baixa inconsistência entre os estudos selecionados por CENTNER *et al.* (2019a) e GRØNFELDT *et al.* (2020), os autores decidiram realizar a análise através do efeito randômico, que não é o mais adequado para esta característica de estudos. Além disso, LIXANDRÃO *et al.* (2018) não deixa claro qual análise foi adotada em seu estudo (efeito randômico ou fixo) e superestimou os resultados de alguns estudos ao apresentar separadamente os resultados de medidas repetidas dos mesmos grupos de comparação. Tal condição interfere no peso dado a cada estudo, infla o número total de participantes e pode alterar o resultado do tamanho de efeito. Por fim, o risco de viés de publicação não foi observado por CENTNER *et al.* (2019a)

Sendo assim, se faz necessária a realização de uma nova revisão sistemática com metanálise para melhor identificar o efeito do ECR-RFS em comparação ao ECR tradicional. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar o efeito

do ECR-RFS sobre a força e hipertrofia muscular em comparação com os mesmos exercícios sem restrição de fluxo sanguíneo e realizados em alta intensidade.

2.2. Materiais e método

2.2.1. Registro da pesquisa

A presente revisão sistemática com metanálise seguiu as recomendações da Declaração PRISMA (PAGE *et al.*, 2021) e foi registrada no International Prospective Register of Systematic Reviews (CARVALHO *et al.*, 2020) sob a identificação CRD42020207162. O registro no PROSPERO foi realizado por via eletrônica através do endereço <http://www.crd.york.ac.uk/prospero>.

2.2.2. Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade seguiram a estratégia PICOS (*Population, Intervention, Comparisson, Outcomes, Study Design*) (LIBERATI *et al.*, 2009; PAGE *et al.*, 2021). Assim, os estudos elegíveis foram aqueles nos quais: (I) a amostra foi composta por sujeitos (masculino e/ou feminino) com faixa etária igual ou superior 18 anos, (II) intervenção de no mínimo 10 sessões de exercício contrarresistência de baixa sobrecarga resistiva ($\leq 50\%$ 1RM) com restrição de fluxo sanguíneo, (III) grupo comparador com protocolo de exercício sem a restrição de fluxo sanguíneo e com alta sobrecarga resistiva ($\geq 70\%$ 1RM), (IV) as medidas de interesse foram força (pico de torque em contração isométrica ou isocinética ou carga máxima obtida de forma direta ou indireta em contração isotônica) ou a hipertrofia muscular (mensurada através da área de secção transversa, espessura muscular ou volume muscular) e (V) ensaios clínicos controlados e randomizados.

Foram excluídos os estudos que combinaram a condição tratamento com outras intervenções (como o uso de medicamentos, suplementação, eletroestimulação, treinamento funcional, entre outros), sujeitos com lesão ou doença prévia, além dos estudos no qual não foi possível identificar a intensidade da sobrecarga externa do treinamento com restrição do fluxo sanguíneo.

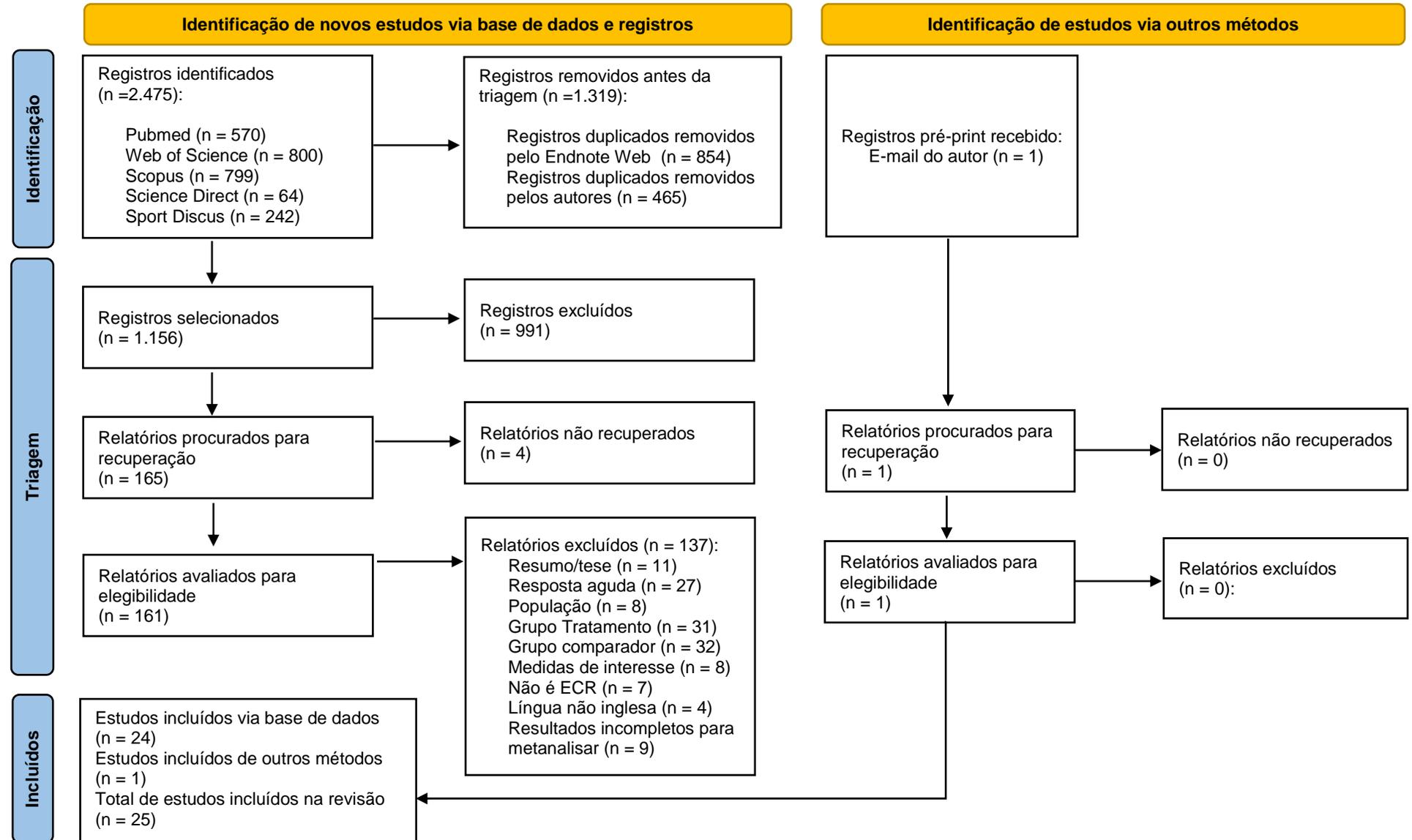
2.2.3. Estratégia de busca

As referências dos documentos foram recuperadas das bases de dados eletrônicas Medline/Pubmed, SPORTDiscus, Web of Science, Scopus e Science

Direct utilizando diferentes combinações dos seguintes termos: “*blood flow restrict**”, “*vascular occlusion*”, *KAATSU*, “*KAATSU train**”, “*partial occlusion*”, “*restricted venous blood flow*”, “*ischemia training*”, *strength*, *hypertrophy*, “*muscle tissue*”, “*muscle mass*”, “*muscular adaptation*”, “*muscle force*”, “*muscle growth*”, “*muscle size*”, “*muscle strength*”, “*hypertrophic response*”, “*muscular architecture*”. As diferentes combinações ocorreram devido as diferentes características de busca de cada base de dados.

As equações de buscas com as respectivas quantidades de artigos recuperados em cada base estão no ANEXO C. A busca compreendeu trabalhos publicados entre 01^o de janeiro de 1960 a 14 de julho de 2020. Foram localizadas 2.137 referências que foram submetidas ao processo de triagem e elegibilidade. Em seguida foi realizada uma busca verificação nas referências de revisões sistemáticas publicadas anteriores com o mesmo tipo de tratamento experimental para identificar possíveis estudos elegíveis e que não foram localizados na busca direta nas bases de dados. Por fim, uma atualização no processo de busca por estudos nas bases de dados foi realizada no dia 8 de novembro de 2021 (compreendendo o período de 14 de julho de 2020 a 8 de novembro de 2021). Nesta nova busca, 338 trabalhos foram encontrados e submetidos ao processo de triagem e elegibilidade. O fluxograma com os resultados dos processos de identificação, triagem e elegibilidade estão apresentados na figura 19.

Figura 19- Fluxograma dos processos de pesquisa e seleção dos estudos.



Fonte: O autor, 2022.

2.2.4. Seleção dos estudos

Após a busca e transferência das referências para o banco de dados do EndNote Web (<https://access.clarivate.com/login?app=endnote>), os artigos duplicados reconhecidos pela base Endnote foram excluídos pelo autor principal. Em seguida, uma inspeção visual foi realizada pelos autores (RFC e ACS) para excluir os artigos duplicados não identificados pelo software. Desta forma deu início ao processo de triagem através da leitura do título e resumo. Os artigos considerados potencialmente elegíveis seguiram para a etapa seguinte, que foi a identificação da elegibilidade pela leitura dos textos completos.

Ambos os processos, de triagem e elegibilidade, seguiram o mesmo procedimento. Inicialmente dois pesquisadores (RFC e ACS) realizaram a avaliação de cada referência de forma independente. Em seguida os resultados eram confrontados e as discordâncias identificadas foram debatidas entre eles em busca de um consenso. Nos casos em que permaneceu a discordância, um terceiro avaliador (PSCG) tomou a decisão final.

2.2.5. Extração dos dados

As informações relacionadas à amostra, ao tratamento e ao resultado estão disponíveis na tabela 5. Os dados foram extraídos pelo pesquisador principal e conferido de forma independente por um segundo avaliador. Para a metanálise foram utilizados os valores de média, desvio padrão e n amostral dos grupos intervenção (exercício com restrição de fluxo sanguíneo) e comparador (exercício sem restrição de fluxo sanguíneo) obtidos na condição pós-tratamento. Nos casos de dados incompletos, os autores desses estudos foram contatados para solicitar o envio da informação. No total, apenas 2 trabalhos tiveram seus dados completados a partir da resposta dos seus autores. Nos casos das medidas que estavam apresentadas apenas em figuras, os dados foram convertidos para valores numéricos a partir de software disponível online (<https://automeris.io/WebPlotDigitizer/>). Em apenas um estudo (MORLEY *et al.*, 2021) os dados de força puderam ser extraídos pela figura, mas as informações sobre as alterações na massa muscular não estavam disponíveis em figuras ou no texto. Como o autor não respondeu a solicitação de informações sobre as medidas de massa muscular, essa medida foi excluída da análise.

Em estudos nos quais múltiplas maneiras foram adotadas para coleta de medidas de força muscular foi adotado para inclusão na metanálise as medidas que priorizaram as medidas de maior confiabilidade seguindo a ordem: medida isocinético, medida isométrica e medida isotônica. No caso das medidas de hipertrofia muscular foi adotada a seguinte sequência: área de secção transversa, volume muscular e espessura muscular.

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Barbieri <i>et al.</i> (2020)	6 H 20-35 anos	FC, EC ECR-RFS: 3x15 reps – 30%1RM. ECR-AI: 3x15 reps – 70-80% 1RM. IS: 40s. IE: 5 min	2x/sem	3 sem	NI	NI	80% PAS	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> FC - 1RM: 5,1% vs 17,6% EC - 1RM: 9,9% vs 6,9%
Biazon <i>et al.</i> (2019)	30 H Ñ AF 22 ± 3 anos	EJ unil ECR-RFS: 3-4x20 Reps – 20%1RM. IS: 1 min ECR-AI: 3-4x10 – 80%1RM. IS: 1 min	2x/sem	10 sem	Intermitente	17,5 cm	60% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> 1RM: 32,2% vs 41,0% VL – AST: 10,7% vs 9,9%
Brandner <i>et al.</i> (2019)	39 (H/M) IN 23 ± 3 anos	EJ; AG; FP; SP; REM; FC ECR-RFS: 1x30 + 3x15reps – 20% 1RM. IS: 30 s. ECR-AI: 3x8-10 reps – 70%1RM. IS: 1 min. EJ: 4 séries	3x/sem	8 sem	Contínuo	10,5 cm	60% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> EJ – 1RM: 20,93% vs 24,97% AG – 1RM: 10,52% vs 16,20% FP – 1RM: 8,63% vs 17,79% SP – 1RM: 5,68% vs 13,22% REM – 1RM: 5,53% vs 15,41% FC – 1RM: 11,25% vs 13,29%
Centner <i>et al.</i> (2019b)	38 H Ñ TF ECR-RFS 27,1±4,7 anos ECR-AI 26,1±4,2 anos	FP em pé e sentado. ECR-RFS: 1x30 + 3x15reps – 20-35% 1RM. IS: 60 s. IE: 3 min ECR-AI: 3x6-12reps – 70-85% 1RM. IS: 60 s. IE: 3min	3x/sem	14 sem	Contínuo	12 cm	50% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> FP – CVIM: 9,8% vs 13,5% Gastrocnêmio - AST: 9,1% vs 7,7%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR: reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Clark <i>et al.</i> (2011)	16 (H/M) IN 18 a 30 anos	EJ. TF-RFS: 3xRM – 30%1RM. IS: 90 s COMP: 3xRM – 80% 1RM. IS:90 s	3x/sem	4 sem	Contínuo	6 cm	130% PAS	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> EJ – CIVM: 8% vs 13%
Cook <i>et al.</i> (2017)	36 (H/M) IN ≥ 65 anos	LP; EJ; FJ. ECR-RFS: 3xRM (1xRM sem1; 2xRM sem2) – 30%1RM na EJ e FJ e 50% 1RM (LP). IS: 60 s IE: 3min ECR-AI: 3xRM – 70% 1RM. IS: 60 s IE: 3 min	2x/sem	12 sem	Contínuo	6 cm	150% PAS	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> FJ – 1RM: 5,4kg vs 8,2kg LP – 1RM: 18,7kg vs 31,7kg EJ – 1RM: 9,1kg vs 21,2kg CVM: 11,2Nm vs 19,3Nm AST: 2,86cm ² vs 3,23cm ²
Cook <i>et al.</i> (2018)	18 (H/M) IN ECR-RFS 18 a 22 anos	EJ; LP ECR-RFS: 2x25 + 1xRM – 20% 1RM. IS: 30 s e IE: 180 s. ECR-AI: 2x10 + 1xRM – 70% 1RM. IS: 30 s e IE: 180 s.	3x/sem	6 sem	Contínuo	5,4 cm	180-200 mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> 1RM: 12,9% vs 34,0% VM: 2,5% vs 5,6%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR: reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Cook e Cleary (2019)	21 (H/M) IN ECR-RFS 76,4 ± 6,6 anos ECR-AI 76,3 ± 8,7 anos	LP, EJ e FJ ECR-RFS: 3xRM – 30% 1RM (EJ e FJ) e 50% 1RM (LP). IS: 60 s. IE: 3 min. ECR-AI: 3xRM – > 70% 1RM (Sem 1: 1 série; Sem 2: 2 séries)	2x/sem	12 sem	Contínuo	6 cm	150% PAS	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> EJ – 10RM: 35,8% vs 59,9% EJ – CIVM: 11,0% vs 23,1% FJ – 10RM: 18,4% vs 40,4% FJ – CIVM: 11,9% vs 13,7% QUAD – AST: 7,8% vs 6,5% ISQ – AST: 4,8% vs 5,3%
	21 (H/M) TF ECR-RFS 23,7 ± 3,1 anos ECR-AI 24,3 ± 2,9 anos	AG, LP, EJ e AG bulgaro ECR-RFS: 1x30 + 3x15 – 30% 1RM (RR: 4 reps). (sem5: 1x30 + 2x15) ECR-AI: 4 x 8 reps – 75% 1RM (RR: 2 reps) (sem5: 3x8) OBS: AG bulgaro: 15% MC (ECR-RFS) e 30% MC (ECR-AI)	3x/sem	9 sem	NI	10 cm	60% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> AG - 1RM: 9,3% vs 17,5% EJ - CIVM EJ: 5,2% vs 9,7% FJ – CIVM: 15,0% vs 1,9% AST: 9,3% vs 17,5%
Ellefsen et al. (2015)	12 M Ñ TF 23 ± 3 anos	EJ unil ECR-RFS: 5xRM a 30% de 1RM. IS: 45seg ECR-AI: 3x6-10 reps. IS:90seg	2x/sem para cada membro (dias distintos)	12 sem	Contínuo	18 cm	Sem 1 a 6: 90mmHg Sem 7 a 12: 100mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> EJ – 1RM: 10% vs 12% QUAD – AST (distal): 6% vs 7% VL – AST (distal): 8% vs 7% QUAD – AST (prox): 6% vs 9% VL – AST (prox): 7% vs 10% QUAD – ASTpico: 5% vs 8%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR: reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Kim <i>et al.</i> (2012)	30H Ñ TF ECR-RFS 25,9 ± 1,6 anos ECR-AI 22,3 ± 0,8 anos	LP, EJ e FJ. ECR-RFS: 2x10 – 20% 1RM. IS: 1 min. IE: 2 min ECR-AI: 2x10 – 80% 1RM	3x/sem	3 sem	Contínuo	5 cm	RFS = (PAS x 1,2) x 1,2	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> QUAD – AST: 1,1% vs 3,5%
Korkmaz <i>et al</i> (2020)	23 H Atl 18,4 ± 0,1 anos	EJ unil (membro dominante). ECR-RFS: 1x30 + 3x15 com 30% 1RM. IS: 30s. ECR-AI: 4x12 com 80% 1RM. IS: 2min	2x/sem	6 sem	Contínuo	7 cm	130 a 150 mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> EJ - PT (60°/seg): 10,4% vs 1,2% EJ - PT (180°/seg): 13,5% vs 0,0% FJ – PT (60°/seg): 16,6% vs 18,6% FJ - PT (180°/seg): 35,4% vs 34,2% RF – EM: 14,5% vs 4,8% VL – EM: 8,8% vs 4,1%
Laswati <i>et al</i> (2018)	18H IF 26 a 45 anos	FC (E) ECR-RFS: 1x30 + 3x15 reps – 30% 1RM. IS: 30s ECR-AI: 3x12 – 70% 1RM. IS: 2 min	2x/sem	5 semanas	Contínuo	13 cm	50 mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> FC - PT (60°/s): 47,6% vs 27,3%
Laurentino <i>et al</i> (2012)	29 AF, mas Ñ TF ECR-RFS: 20,0 ± 4,5 anos ECR-AI: 23,6 ± 6,0 anos	EJ. ECR-RFS: (Sem1-4): 3x15 reps – 20% 1RM. (Sem 5-8): 4x15 reps – 20% 1RM. IS: 1 min. ECR-AI: (Sem1-4): 3x8 reps – 80% 1RM). Sem 5-8: 4x8 reps – 80% 1RM. IS: 1 min	2x/sem	8 sem	Contínuo	17,5 cm	80% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> EJ – 1RM: 40,1% vs 36,2% QUAD – AST: 6,3% vs 6,1%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR: reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Lemos Muller <i>et al</i> (2019)	26H FA 23,0 ± 2,7 anos	FC e EJ. ECR-RFS: 4x22 – 30%1RM (volume equalizado com HI). IS: 2min. IE: 3 min ECR-AI: 4x8 – 80%1RM. IS: 2min. IE: 3 min	3x/sem	8 sem	Contínuo	15cm no MMSS e 17cm no MMII	20mmHg abaixo PAS (MMSS) e 20mmHg acima da PAS (MMII)	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> FC - 1RM: 18,14% vs 26,91% EJ - 1RM: 30,89% vs 45,69%
Letieri <i>et al</i> (2018)	56 M AF (Ñ TF) 68,8 ± 5,1 anos	AG, LP, EJ e FJ. ECR-RFS: Sem1-2: 1x30 + 2x15 reps (20-30% 1RM). Sem3-16: 1x30 + 3x15 reps (20-30% 1RM). IS: 30 s. IE: 90 s. ECR-AI: 3-4x6-8 reps (70-80% 1RM). IS: 60s. IE: 90s	3x/sem	16 sem	Contínuo	NI	ECR-RFS-ap: Equação; ECR-RFS-bp: 80% OA	<i>ECR-RFS-a vs ECR-RFS-bp vs ECR-AI</i> EJ (D) – PT (60°/s): 27,8% vs 15,7% vs 26,5% FJ (D) – PT (60°/s): 36,7% vs 22,8% vs 35,0% EJ (E) – PT (60°/s): 25,2% vs 18,9% vs 30,4% FJ (E) – PT (60°/s): 35,8% vs 24,9% vs 36,1%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR: reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado	
Lixandrão <i>et al.</i> (2015)	26 H IN. ECR-RFS 20/40 26,1 ± 7,6 anos ECR-RFS 40/40 26,1 ± 7,6 anos ECR-RFS 20/80 28,9 ± 8,7 anos ECR-RFS 40/80 28,9 ± 9,2 anos ECR-AI 29,2 ± 9,9 anos	EJ unil ECR-RFS: Sem1-2: 2x15 reps – 20 ou 40% 1RM. IS: 60s. Sem 3-12: 3x15 reps ECR-AI: Sem1-2: 2x10 reps – 80% 1RM. IS: 60s Sem3-12: 3x10 reps – 80% 1RM.	2x/sem	12 sem	Contínuo	17,5 cm	40% OA ou 80% OA	<i>ECR-RFS (20/40) vs ECR-RFS (20/80) vs ECR-RFS (40/40) vs ECR-RFS (40/80) vs ECR-AI</i> EJ - 1RM: 10,3% vs 13,2% vs 12,2% vs 12,6% vs 21,6% AST: 0,8% vs 3,2% vs 4,4% vs 5,2% vs 6,0%	
	Martín-Hernandez <i>et al.</i> (2013)	39 H AF (Ñ TF) ECR-RFS-bv: 20,3 ± 1,1 anos ECR-RFS-av: 21,1 ± 2,0 anos ECR-AI: 20,7 ± 2,3 anos	EJ. ECR-RFS-bv: 1x30+3x15 20% 1RM. IS: 1 min; ECR-RFS-av: 2x(1x30+3x15) 20% 1RM. IS: 1 min IB: 5 min ECR-AI: 3x8 85% 1RM. IS: 1 min	2x/sem	5 sem	Contínuo	14 cm	110 mmHg	<i>ECR-RFS-bv vs ECR-RFS-av vs ECR-AI</i> EJ – PT (60°/s): 4,7% vs 2,6% vs 6,5% EJ – PT (180°/s): 6,2% vs 2,0% vs 3,6% FJ – PT (60°/s): -1,3% vs 7,4% vs -2,6% FJ – PT (180°/s): -1,3% vs 3,8% vs -3,4% 1RM: 7,0% vs 6,2% vs 18,9% RF – EM: 10,2% vs 12,1% vs 10,2% VL – EM: 12,8% vs 14,0% vs 12,3%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR: reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Morley <i>et al</i> (2021)	20 (H/M) Ñ TF ECR-RFS ₅₀ : 21,2 ± 1,6 anos ECR-RFS ₁₀₀ : 23,7 ± 3,5 anos ECR-AI: 21,4 ± 1,5 anos	EJ unil ECR-RFS: 3x10 + 1xRM – 20% 1RM. IS: 60s ECR-AI: 3x10 + 1xRM – 70% 1RM. IS: 60s	3x/sem	8 sem	Contínuo	NI	50% AO ou 100% OA	<i>ECR-RFS₅₀ vs ECR-RFS₁₀₀ vs ECR-AI</i> EJ – CIVM: 6,0% vs 7,4% vs 2,0% EJ – 1RM: 20,9% vs 7,1% vs 44,9%
Ozaki <i>et al</i> (2013)	19H IF ECR-RFS: 23 ± 0 anos ECR-AI: 24 ± 1 anos	SR ECR-RFS: 1x30 + 3x15 - 30% 1RM. IS: 30 s ECR-AI: 3x10 - 75% 1RM. IS: 2-3 min	3x/sem	6 sem	Contínua	3 cm	1º dia: 100mmHg + 10mmHg a cada sessão até atingir 160mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> SR - 1RM: 8,7% vs 17,7%
Ramis <i>et al.</i> (2020)	28 H AF (Ñ TF) 24,0 ± 2,7 anos	FC unil e EJ unil. ECR-RFS: 4x21 (FC) e 4x23 (EJ) - 30% 1RM ECR-AI: 4x8 - 80%1RM. IS: 2 min Mesmo volume para ECR-RFS e ECR-AI	3x/sem	8 sem	Contínuo	14 cm (MMSS) e 16 cm (MMII)	MMSS: PAS - 20mmHg MMII: PAS + 20mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> FC - PT (60°/s): 9,9% vs 11,4% EJ - PT (60°/s): 6,7% vs 21,5% FC – CIVM: 5,6% vs 16,9% EJ – CIVM: 9,0% vs 18,1% Bíc – EM: 6,5% vs 9,1% QUAD – EM: 3,2% vs 3,6%
Sousa <i>et al</i> (2017)	37 (H/M) Ñ TF ECR-RFS 23,7±4,9 anos ECR-AI 20,3±3,8 anos	EJ unil (membro dominante). ECR-RFS: 4xRM com 30% 1RM. IS: 30seg ECR-AI: 4xRM com 80% 1RM. IS: 2 min	2x/sem	6 sem	Contínuo	18 cm	80% OA	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> EJ – CIVM: 22,7) vs 43,0%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR:

reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Tabela 7- Exercício contrarresistência (ECR) com restrição de fluxo sanguíneo versus ECR tradicional para as variáveis força e massa muscular (continuação)

Referência	Amostra	Exercício	Frequência semanal	Duração da intervenção	Período de restrição	Largura do Manguito	Pressão do manguito	Resultado
Sugiarto <i>et al</i> (2017)	18 (H/M) ECR-RFS: 33,0±3,1 anos ECR-AI: 33,3±3,1 anos	FC unil (E). ECR-RFS: 1x30 + 3x15 - 30% 1RM. IS: 30 s ECR-AI: 3x12 - 70% 1RM. IS: 2 min	2x/sem	5 sem	Contínua	NI	50 mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> FC - PT (60°/s): 47,6% vs 27,3% FC - PT (120°/s): 84,5% vs 32,5% FC - PT (180°/s): 70,2% vs 34,4%
Vechin <i>et al</i> (2015)	23 (H/M) IF ECR-RFS 65,0 ± 2,0 anos ECR-AI 62,0 ± 3,0 anos	LP 45° ECR-RFS: 1x30 + 3x15 - 20% 1RM (sem 1 a 6); 30% 1RM (sem 7 a 12). IS: 1 min. ECR-AI: 4x10 - 70% 1RM (sem 1 a 6); 80% 1RM (sem 7 a 12). IS: 1 min	2x/sem	12 sem	Contínua	18 cm	50% POA (artéria tibial)	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> LP - 1RM: 15,7% vs 50,3%
Yasuda <i>et al.</i> (2015)	17 H (Ñ TF) ECR-RFS: 23 ± 1 anos ECR-AI: 24 ± 2 anos	SP ECR-RFS: 1x30 + 3x15 com 30% 1RM. IS: 30 s ECR-AI: 3x10 com 75% 1RM	3x/sem	6 sem	NI	NI	100mmHg Aumento de 10-20mmHg por sessão até chegar a 160mmHg	<i>ECR-RFS vs ECR-AI</i> SP - 1RM: 4,3% vs 10,0% Tríc – AST: 1,0% vs 1,8% Peitoral – AST: 2,7% vs 4,1%

Legenda: AF: ativo fisicamente; IF: inativo fisicamente; Atl: Atletas; H: homens; M: mulheres; reps: repetições; IS: intervalo entre séries; IE: intervalo entre exercícios; x/: vezes por; sem: semanas; unil: unilateral; ECR-AI: exercício contrarresistência com alta intensidade; ECR-RFS: exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo; OA: oclusão arterial; Ag: Agachamento; HH: hack horizontal; EJ: extensão de joelho; FJ: flexão de joelho; LP: leg press; FP: flexão plantar; FQuad: flexão de quadril; EQuad: extensão de quadril; AbdQ: abdução de quadril; SR: supino reto; FO: flexão de ombro; FC: flexão de cotovelo; EC: extensão de cotovelo; RInt: Rotação interna do ombro; RExt: Rotação externa do ombro; AbdO: Abdução do ombro; MC: massa corporal; RR: reserva de repetições; 1RM: Uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; PT: pico de torque; EM: espessura muscular; AST: área de secção transversa; s: segundos; min: minutos; NI: não informado

Fonte: O autor, 2022.

2.2.6. Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Todos os estudos selecionados tiveram suas respectivas qualidades metodológicas e os potenciais riscos de vieses avaliados pelas escalas TESTEX (SMART *et al.*, 2015) e *Risk of Bias* da Cochrane (DE CARVALHO *et al.*, 2013). A escala Testex (SMART *et al.*, 2015) foi desenvolvida para avaliar estudos de treinamento físico, sendo assim ideal para as características dos estudos desta revisão sistemática. Ela considera a impossibilidade de cegamento do participante e do pesquisador em relação ao treinamento. Nesta escala são distribuídos até 15 pontos dentro da avaliação de 12 critérios. Os estudos que apresentaram pontuação igual ou superior a 10 pontos foram considerados de alta qualidade metodológica. Já a ferramenta Risk of Bias (DE CARVALHO *et al.*, 2013) busca identificar potenciais risco de viés de seleção, performance, detecção, atrito, relato e de outras fontes. Cada risco de viés avaliado será classificado como risco baixo, incerto ou alto. A classificação final de cada estudo será igual ao pior resultado indicado entre os diferentes riscos de viés avaliados.

O procedimento adotado para realizar a verificação da qualidade metodológica e do risco de viés dos estudos seguiu o mesmo em relação aos processos de triagem e elegibilidade. Dois pesquisadores (RFC e ACS) avaliaram de forma independente, confrontando em seguida os resultados e buscando um consenso nas discordâncias. Nos casos em que não se obteve um consenso, um terceiro pesquisador (PSCG) tomou a decisão. Os resultados da avaliação da qualidade metodológica estão apresentados na tabela 8. Os resultados de risco de viés estão apresentados nas figuras 20 e 21.

2.2.7. Análise estatística

As variáveis dependentes da presente revisão sistemática com metanálise possuem natureza contínua. Nas condições de natureza heterogênea dos estudos selecionados, que pode indicar que o efeito verdadeiro deve variar entre os estudos, a análise estatística adotada foi o modelo de efeito randômico. Por outro lado, nas condições de natureza homogênea dos estudos foi adotado o modelo de efeito fixo. Também foi utilizada a diferença média padronizada com ajuste de pequenas amostras (g de Hedges) (BORENSTEIN *et al.*, 2009) e o intervalo de confiança de 95% para apresentar os resultados individuais de cada estudo selecionado. Para

este cálculo foi considerado a média e o desvio padrão das medidas pós-tratamento dos grupos intervenção (exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo) e comparação (exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo). A magnitude da diferença média padronizada seguiu as recomendações de COHEN (1988) (COHEN, 1988), sendo interpretada como: 0,2 = tamanho de efeito pequeno, 0,5 = tamanho de efeito moderado e 0,8 = tamanho de efeito grande.

A heterogeneidade estatística foi considerada a partir do teste de inconsistência (I^2). Para esta medida foi considerado os valores de I^2 dentro de uma escala percentual no qual: valores próximos de 0% representa ausência de heterogeneidade, valores próximos de 25% indica baixa heterogeneidade, valores próximos 50% indicam moderada heterogeneidade e valores próximos de 75% significa alta heterogeneidade entre os estudos (HIGGINS, GREEN, 2011). O nível de significância para adotado para heterogeneidade foi de $p < 0,1$. A análise de subgrupos foi usada de modo a verificar se a faixa etária, o nível de treinamento dos indivíduos e a carga de pressão exercida pelo manguito são fatores de inconsistência nos resultados da metanálise. Também se considerou os tipos de medidas de força e hipertrofia muscular utilizadas nos estudos para observar se existe uma maior sensibilidade de uma medida em relação a outra para um modelo de treinamento específico.

Os resultados de tamanho do efeito e intervalo de confiança de 95% foram apresentados graficamente por um *forest plot* no qual a linha central indica equilíbrio entre as condições, estando o efeito da intervenção representado no lado direito da figura enquanto o grupo de comparação está à esquerda. Essas análises estatísticas foram realizadas pelo pacote estatístico *Review Manager* (RevMan [computer program] versão 5.3, The Cochrane Collaboration, 2020). Um gráfico de funil (*funil plot*) junto com o teste de Egger foram realizados para identificar a existência de viés de publicação dos estudos selecionados. Esta análise foi realizada pelo StatsDirect (versão 3, StatsDirect Ltd).

2.3. Resultados

2.3.1. Estudos incluídos

Vinte e cinco artigos foram selecionados para a revisão sistemática, tendo seus relatórios analisados qualitativa e quantitativamente entre ECR-RFS vs ECR tradicional. O efeito do exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo sobre a força em comparação com o ECR de alta intensidade foi avaliado em 23 estudos, dos quais 15 também avaliaram o efeito sobre a hipertrofia muscular. Apenas um trabalho avaliou exclusivamente o efeito sobre a hipertrofia muscular (KIM *et al.*, 2012). Apesar do artigo de YASUDA *et al.* (2015) ter avaliado o efeito tanto sobre a força quanto a hipertrofia muscular, somente os dados relacionados a alteração da massa muscular foram incluídos neste trabalho pois a medida de força somente foi apresentada graficamente como a variação dos resultados pós pelo pré-tratamento. Assim, o impacto clínico sobre a hipertrofia muscular foi avaliado a partir dos resultados de 17 estudos.

Para realizar as análises por subgrupos foram considerados apenas os estudos nos quais eram possíveis se certificar que os sujeitos pertenciam claramente aos grupos de análise. Neste caso, a faixa etária foi considerada quando os autores definiram as idades como critério de inclusão. De modo geral, adultos jovens tiveram idades variando entre 18 a 40 anos, aproximadamente. Os sujeitos considerados de meia idade pelos autores possuíam uma idade variando de 40 a 64 anos e os sujeitos idosos com idade igual ou superior a 65 anos. Nos subgrupos por níveis de treinamento, um grupo foi composto por atletas ou sujeitos que já realizavam exercício contrarresistência em suas rotinas de treinamento anteriormente a participação no estudo. O outro grupo dessa subanálise foi composto por indivíduos inativos ou fisicamente ativos, mas que não estiveram realizando qualquer exercício contrarresistência nos 6 meses que antecederam o ingresso na pesquisa. Por fim, para observar se a carga pressórica também é um fator de influência nos resultados foi realizada a subanálise pela carga de pressão exercida pelo manguito. Neste caso, foi considerado dois grupos de comparação com o ECR tradicional, no qual um dos grupos foi composto por ECR com carga de pressão que causaram a completa oclusão do fluxo sanguíneo arterial em repouso e o outro grupo composto por trabalhos que adotaram as cargas de pressão submáxima, que não causaram a oclusão total do fluxo arterial. Todos os estudos

realizados com carga pressórica fixa e aleatória foram excluídos dessa análise pela impossibilidade de identificar a intensidade da carga de pressão.

De modo geral, 21 trabalhos (84%) foram realizados com adultos jovens e quatro estudos (16,0%) foi realizado com idosos em sua amostra. Treze estudos (52%) foram realizados por uma amostra composta apenas por indivíduos do sexo masculino, dois estudos (8%) foram realizados apenas com mulheres na amostra e 10 estudos (40%) foram realizados com amostra mista. Vinte e um trabalhos (84%) foram realizados com uma amostra de indivíduos inativos ou não regularmente treinados em força, 2 estudos (8%) foi realizado com uma amostra de atleta ou treinados em força, um estudo (4%) apenas informa que os sujeitos eram ativos fisicamente segundo IPAQ, mas não é possível identificar se são adeptos de algum programa regular de treinamento. O estudo de BARBIERI *et al.* (2020) não informa sobre o nível de treinamento dos participantes.

Com relação aos protocolos de intervenção, 24 estudos (96%) realizaram o ECR-RFS com carga resistiva variando entre 20 a 35% de 1RM. Somente um estudo (4%) utilizou dois grupos de intervenção com RFS com um dos grupos treinando com 20% 1RM e o outro grupo com 40% 1RM. Com relação as cargas pressóricas, oito estudos (32%) escolheram utilizar um valor fixo de pressão exercido pelo manguito igual para todos os participantes. O controle pelo percentual da pressão arterial sistólica foi o protocolo adotado em sete artigos (28%). Nove trabalhos (36%) utilizaram o percentual do ponto de oclusão arterial como referência para definir a carga pressórica. Por fim, o estudo de LETIERI *et al.* (2018) utilizou o ponto de oclusão vascular para definir a carga pressórica nos exercícios de membros superiores, enquanto os exercícios de membros inferiores tiveram sua carga pressórica definida por equação (LETIERI *et al.*, 2018). Vinte e um estudos (84%) utilizaram um modelo de carga pressórica contínua, no qual o manguito permaneceu inflado durante os intervalos de recuperação entre as séries. Todavia, a maioria desses estudos liberam o fluxo durante a troca dos exercícios. Apenas o trabalho de BIAZON *et al.* (2019) foi realizado com a restrição de fluxo sanguíneo de forma intermitente, no qual o fluxo sanguíneo só foi restrito somente durante a execução do exercício. Três artigos (12%) (DAVIDS *et al.*, 2021; BARBIERI e AHMADI, 2020; YASUDA *et al.*, 2015) não informaram a condição de restrição imposta aos sujeitos da amostra.

O período de intervenção variou 3 a 16 semanas. Onze artigos (44%) tiveram intervenções de até 6 semanas, 12 estudos (48%) tiveram suas intervenções no período de 7 a 12 semanas e apenas dois estudos (8%) foram realizados com uma intervenção superior a 12 semanas. Para todos os estudos a frequência de treinamento variou de 2 a 3 vezes por semana.

2.3.2. Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Vinte e cinco estudos com exercício contrarresistência foram avaliados na Escala Testex. Dos quais, sete estudos (28%) apresentaram pontuação igual ou superior a 10 pontos na Escala Testex, sendo assim considerados de alta qualidade metodológica. Oito estudos obtiveram oito ou nove pontos, e dez estudos alcançaram pontuação igual ou inferior a sete. Os resultados estão na tabela 8.

Ao observar o risco de viés, 5 dos 23 estudos (21,7%) selecionados que verificaram o efeito sobre a força muscular apresentaram alto risco em pelo menos um dos vieses avaliados. Para a variável hipertrofia muscular, apenas 2 dos 15 estudos (13,3%) foram classificados como alto risco em pelo menos um dos critérios avaliados. Os resultados estão nas figuras 20 e 21.

Tabela 8- Avaliação da qualidade metodológica dos artigos que compararam o ECR-RFS com ECR tradicional de alta intensidade

Autor (ano)	Crit. 1	Crit. 2	Crit. 3	Crit. 4	Crit. 5	Crit. 6	Crit. 7	Crit. 8	Crit. 9	Crit. 10	Crit. 11	Crit. 12	Total
Barbieri <i>et al.</i> (2020)	1	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	1	7
Biazon <i>et al.</i> (2019)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	1	1	8
Brandner <i>et al.</i> (2019)	1	0	1	1	0	3	1	2	1	0	1	1	12
Centner <i>et al.</i> (2019)	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	12
Clark <i>et al.</i> (2011)	1	0	1	0	0	2	0	2	1	0	1	1	9
Cook e Cleary (2019)	1	0	1	1	0	1	0	2	1	0	1	1	9
Cook <i>et al.</i> (2017)	1	0	1	0	1	3	0	2	1	0	1	1	11
Cook <i>et al.</i> (2018)	1	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1	1	8
Dauids <i>et al.</i> (2021) - prelo	1	1	0	1	1	3	1	2	1	1	1	1	14
Ellefsen <i>et al.</i> (2015)	1	0	1	1	1	0	0	2	1	0	1	1	9
Kim <i>et al.</i> (2012)	1	0	1	1	0	1	0	2	1	0	0	1	8
Korkmaz <i>et al.</i> (2020)	1	0	1	1	1	0	0	2	1	0	0	1	8
Laswati <i>et al.</i> (2018)	1	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	1	7
Laurentino <i>et al.</i> (2012)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7
Lemos Muller <i>et al.</i> (2019)	1	0	1	1	0	2	0	2	1	0	1	1	10
Letieri <i>et al.</i> (2018)	1	1	1	1	1	2	0	1	1	0	1	1	11
Lixandrão <i>et al.</i> (2015)	1	0	1	1	0	1	0	2	1	0	1	1	9
Martin-Hernandez <i>et al.</i> (2013)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7
Morley <i>et al.</i> (2021)	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0	1	1	7
Ozaki <i>et al.</i> (2013)	1	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	1	7
Ramis <i>et al.</i> (2020)	1	0	0	1	1	3	0	2	1	0	0	1	10
Sousa <i>et al.</i> (2017)	1	0	0	0	0	1	0	2	1	0	1	1	7
Sugiarto <i>et al.</i> (2017)	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	6
Vechin <i>et al.</i> (2015)	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	7
Yasuda <i>et al.</i> (2015)	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	7

Legenda: Critério 1: elegibilidade especificada; Critério 2: randomização especificada; Critério 3: ocultação de alocação; Critério 4: grupos semelhantes a linha de base; Critério 5: cegamento do avaliador; Critério 6: medidas de resultado; Critério 7: análise de intenção de tratar; Critério 8: comparações estatísticas; Critério 9: medidas pontuais e de variabilidade; Critério 10: monitoramento do grupo controle; Critério 11: intensidade relativa do exercício; Critério 12: volume do exercício e gasto de energia.

Fonte: O autor, 2022.

Figura 20- Risco de viés dos estudos selecionados na variável força muscular

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Barbieri et al. 2020	?	?	+	-	+	-	-
Biazon et al. 2019	?	?	+	+	?	+	+
Brandner et al. 2019	?	?	+	+	?	+	+
Centner et al. 2019	+	+	+	+	+	+	+
Clark et al. 2011	?	?	+	+	+	+	+
Cook et al. 2017	?	?	+	+	+	?	+
Cook et al. 2018	?	?	+	+	?	+	+
Cook et al. 2019	?	?	+	+	+	-	+
Dauids et al. 2021	?	?	+	+	+	+	+
Ellefsen et al. 2015	?	?	+	+	+	+	+
Korkmaz et al 2020	?	?	+	+	?	+	+
Laswati et al 2018	?	?	-	-	?	+	+
Laurentino et al 2012	?	?	+	+	?	+	+
Lemos Muller et al 2019	?	?	+	+	+	+	+
Letieri et al. 2018	+	+	+	+	+	+	+
Lixandrão et al. 2015	?	?	+	+	?	+	+
Martín-Hernández et al. 2013	?	?	+	+	?	+	+
Morley et al. 2021	?	?	+	+	?	+	+
Ozaki et al. 2013	?	?	+	+	?	+	-
Ramis et al. 2020	?	?	+	+	+	+	+
Sousa et al 2017	?	?	+	+	?	-	+
Sugiarto et al. 2017	?	?	+	+	?	+	?
Vechin et al. 2015	?	?	+	+	?	+	+

Fonte: O autor, 2022.

Figura 21- Risco de viés dos estudos selecionados na variável hipertrofia muscular

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Biazon et al. 2019	?	?	+	+	?	+	+
Centner et al. 2019	+	+	+	+	+	+	+
Cook et al. 2018	?	?	+	+	?	+	+
Cook et al. 2019	?	?	+	+	+	-	+
Cook et al 2017	?	?	+	+	+	?	+
Dauids et al. 2021	?	?	+	+	+	+	+
Ellefsen et al. 2015	?	?	+	+	+	+	+
Kim et al. 2012	?	?	+	+	?	+	+
Korkmaz et al 2020	?	?	+	+	?	+	+
Laurentino et al 2012	?	?	+	+	?	+	+
Lixandrão et al. 2015	?	?	+	+	?	+	+
Ozaki et al. 2013	?	?	+	+	?	+	-
Ramis et al. 2020	?	?	+	+	+	+	+
Vechin et al. 2015	?	?	+	+	?	+	+
Yasuda et al. 2015	?	?	+	+	?	+	?

Fonte: O autor, 2022.

2.3.3. Comparação com o ECR de alta intensidade sem RFS sobre a força muscular

O total de participantes foi de 295 sujeitos para a intervenção com ECR-RFS e 288 sujeitos para o grupo com ECR de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo. A diferença da média padronizada indicou não haver efeito favorável à intervenção com ECR de alta intensidade [DMP = -0,12; $p = 0,16$ (IC95%: -0,29; 0,05), $I^2 = 0\%$, $p = 0,72$]. Os resultados estão apresentados na figura 22.

Também não foi observado um efeito favorável a qualquer intervenção em adultos jovens [DMP = -0,13; $p = 0,19$ (IC95%: -0,31; 0,06), $I^2 = 4\%$, $p = 0,41$] e de meia idade e idosos [DMP = -0,07 (IC95%: -0,49; 0,35), $I^2 = 0\%$, $p = 0,98$]. O número total de participantes foi de 231 e 44 nos grupos com ECR-RFS e 223 e 43 nos grupos ECR tradicional, respectivamente para amostras com sujeitos jovens e idosos. Os resultados estão apresentados na figura 23.

Os sujeitos com baixo nível de treinamento ou não costumeiramente treinados em força apresentaram um efeito clínico da força mais favorável ao ECR tradicional [DMP = -0,14; $p = 0,14$ (IC95%: -0,32; 0,04), $I^2 = 0\%$, $p = 0,55$]. Este resultado foi obtido através da comparação total de 253 participantes no grupo ECR-RFS e 244 no ECR tradicional. Nenhuma diferença clínica relevante foi observada em sujeitos atletas ou treinados em força [DMP = 0,09; $p = 0,76$ (IC95%: -0,50; 0,69), $I^2 = 0\%$, $p = 0,74$]. Em ambos os grupos, o N foi de 22 sujeitos. Os resultados estão apresentados na figura 24.

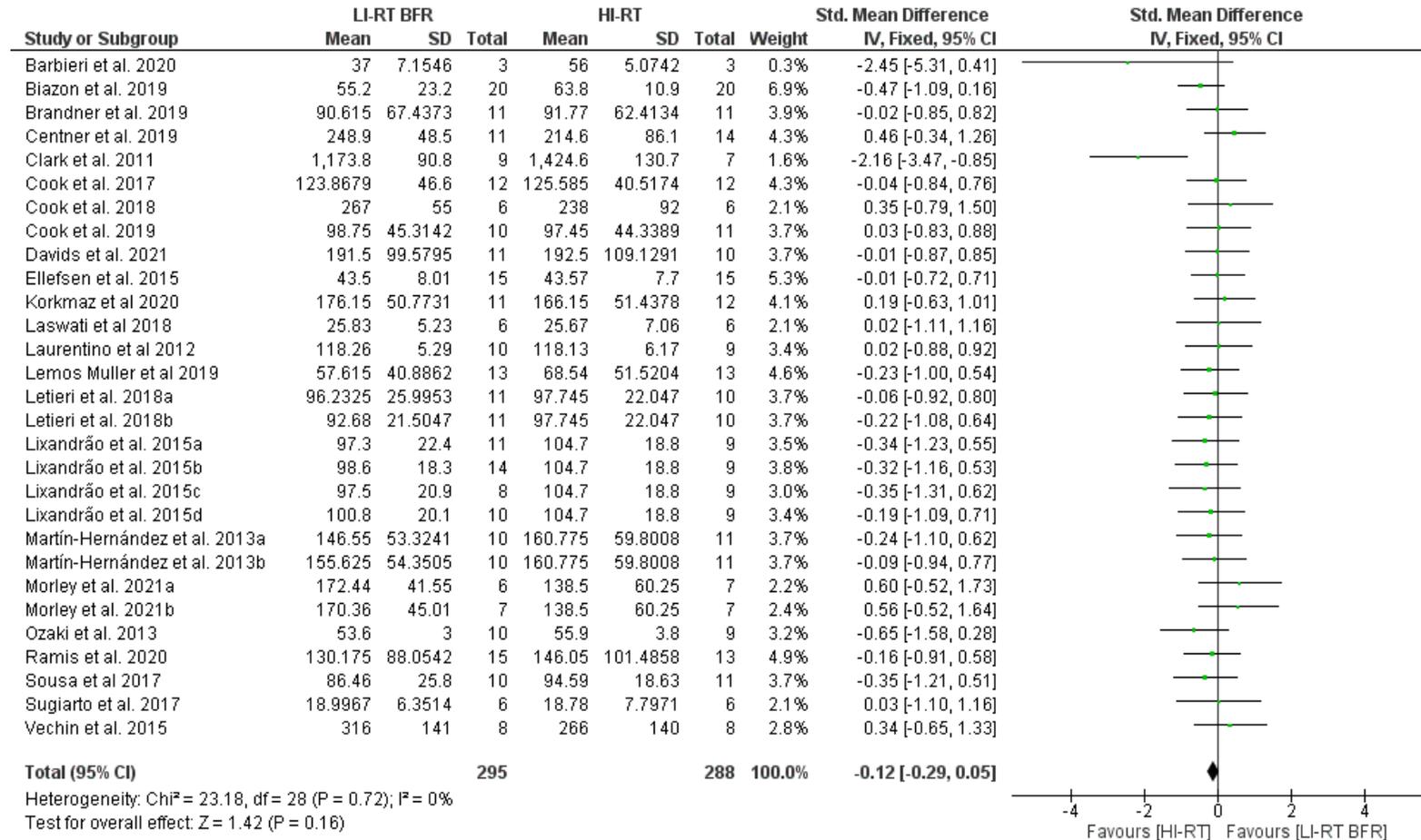
Também não foi observado qualquer tamanho de efeito significativo em favor de qualquer uma das intervenções nos ganhos de força isotônica [DMP = -0,19; $p = 0,06$ (IC95%: -0,39; 0,01), $I^2 = 0\%$, $p = 0,65$], isométricas [DMP = -0,03; $p = 0,82$ (IC95%: -0,33; 0,26), $I^2 = 45\%$, $p = 0,07$] e isocinéticas [DMP = -0,08; $p = 0,62$ (IC95%: -0,39; 0,23), $I^2 = 0\%$, $p = 1,00$]. Esta condição foi observada para um total de 205, 91 e 80 participantes nos grupos intervenção com RFS e 199, 92 e 79 participantes no grupo ECR tradicional, respectivamente para as manifestações de força isotônica, isométrica e isocinética. Os resultados estão apresentados na figura 25.

Comparando pela intensidade de pressão exercida pelo manguito, o ECR tradicional não apresentou efeito favorável em favor de qualquer intervenção nas situações de carga de pressão equivalente a oclusão total do fluxo sanguíneo em repouso [DMP = -0,21; $p = 0,18$ (IC95%: -0,51; 0,09), $I^2 = 35\%$, $p = 0,13$] e com

carga de pressão submáxima [DMP = -0,09; p = 0,47 (IC95%: -0,34; 0,16), I² = 0%, p = 0,80]. Os resultados estão apresentados na figura 26.

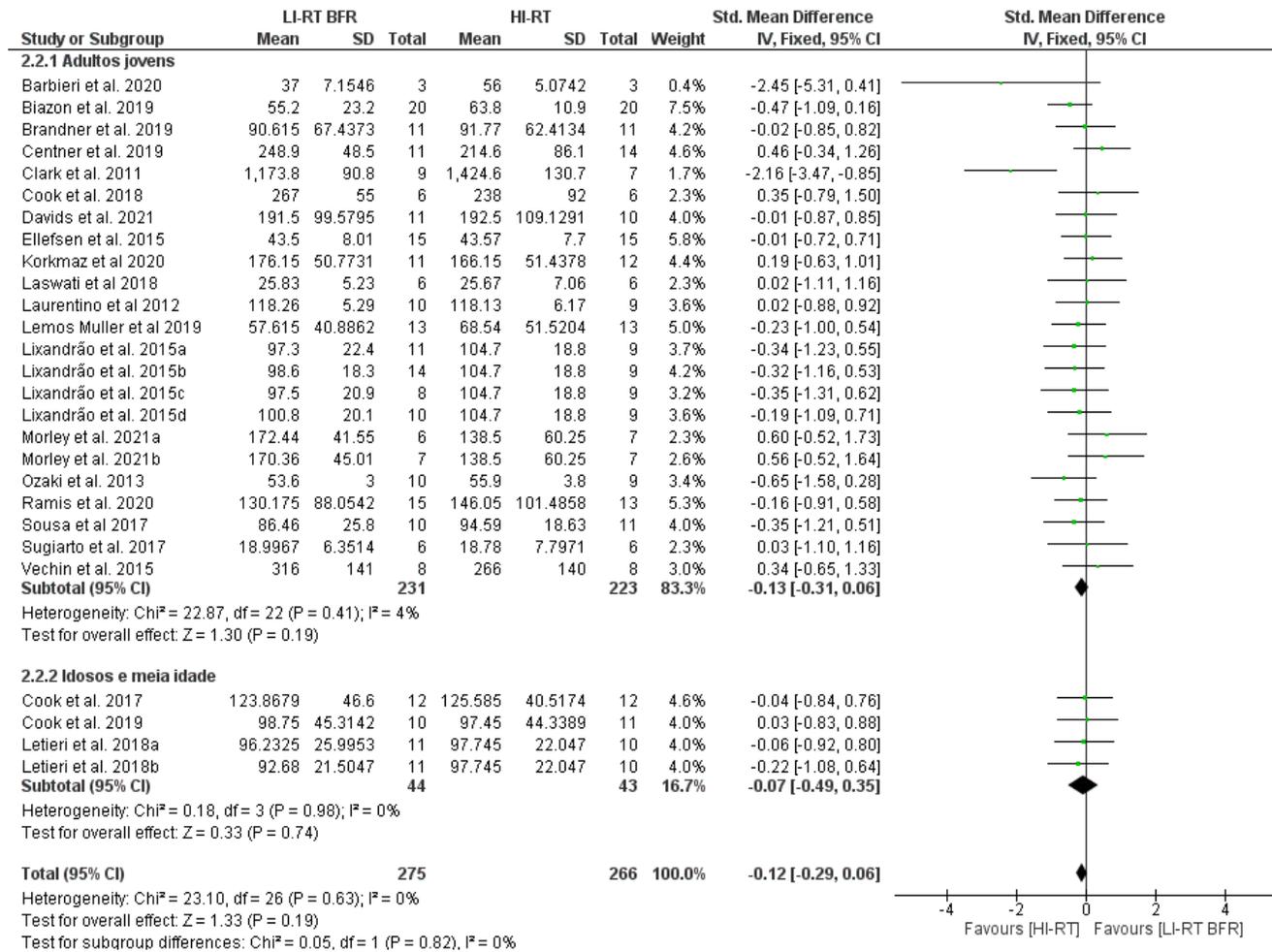
A inspeção visual da distribuição dos dados dos estudos apresentados no gráfico de funil em conjunto com a regressão linear de Egger não indicaram a existência de viés de publicação para a comparação entre o ECR de alta intensidade com ECR-RFS para a variável dependente força muscular (p = 0,6618). O gráfico de funil com a distribuição dos dados está apresentado na figura 27.

Figura 22- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.



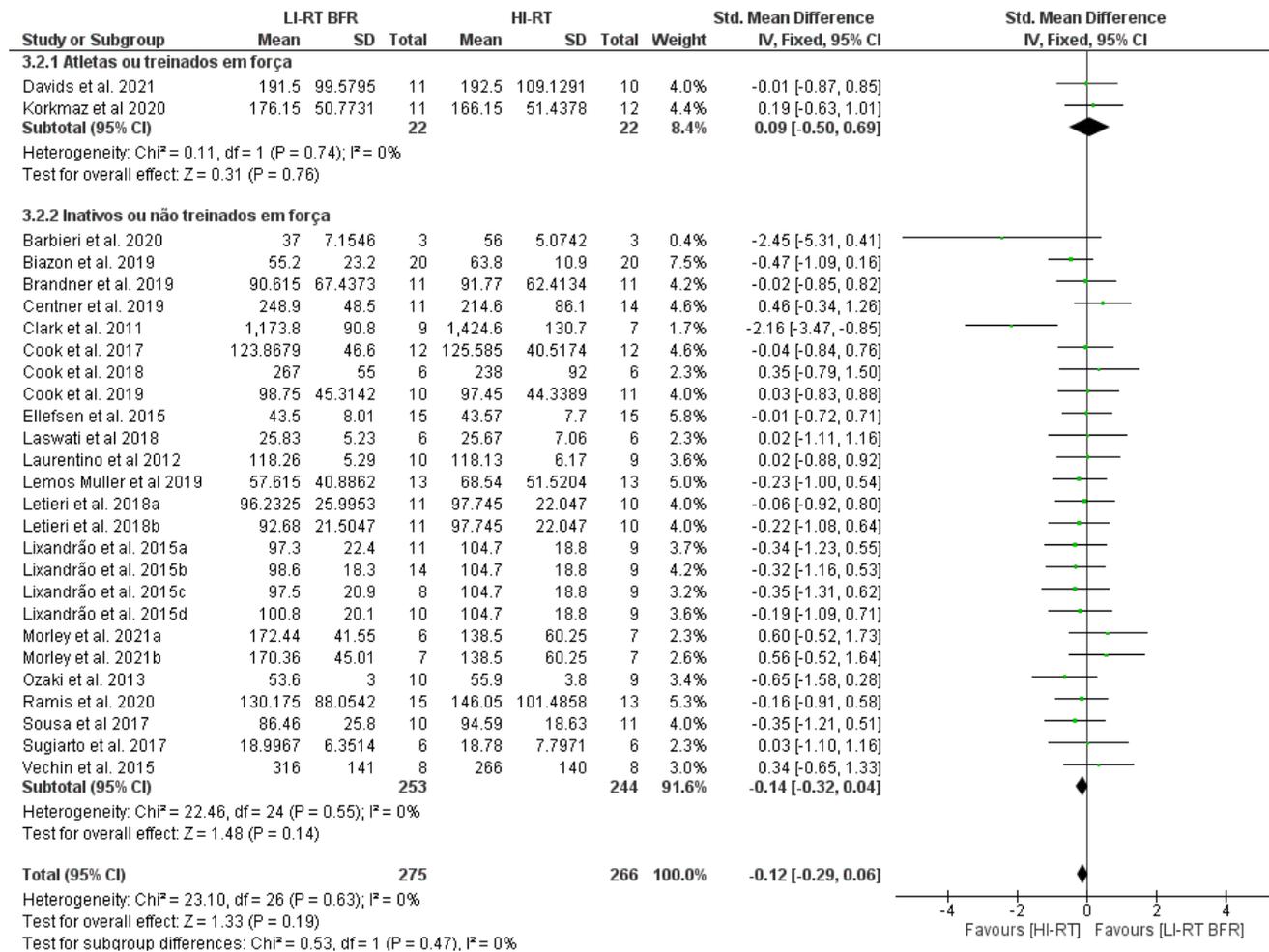
Fonte: O autor, 2022.

Figura 23- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com a faixa etária dos participantes



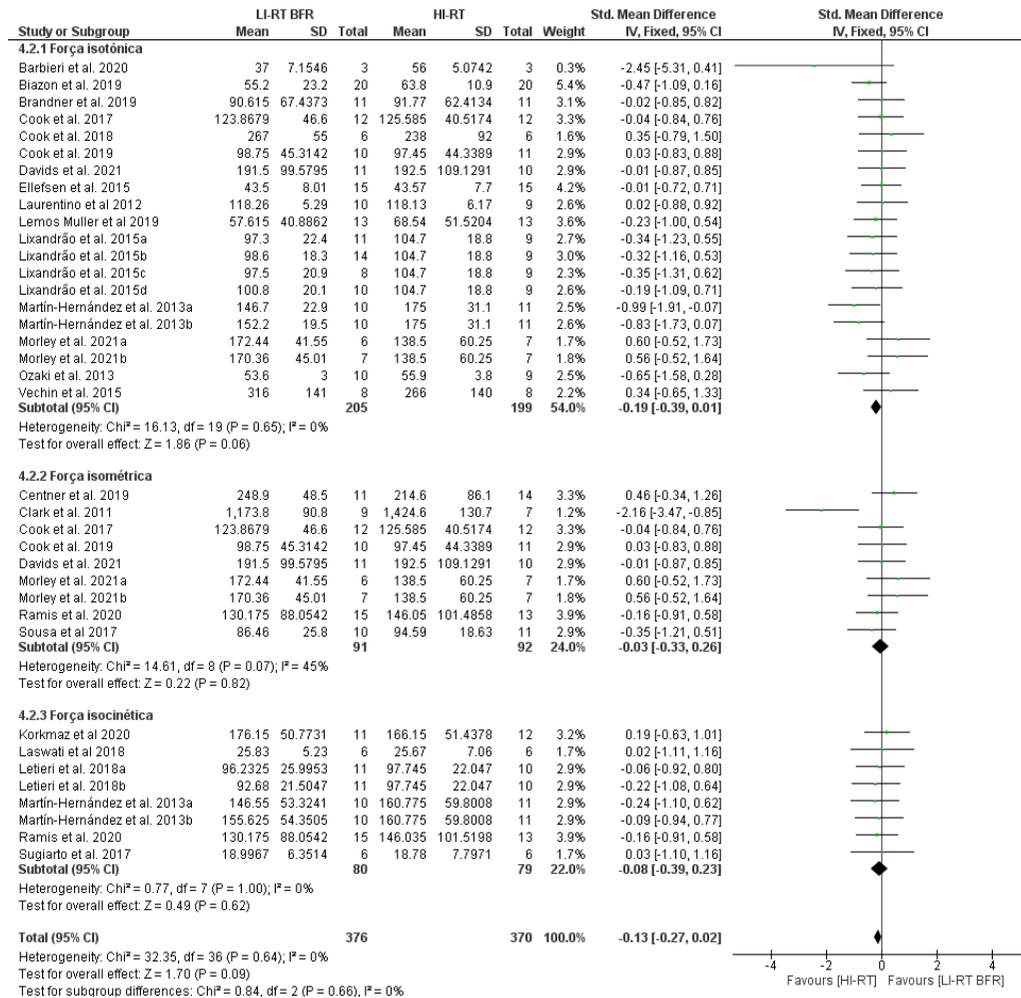
Fonte: O autor, 2022.

Figura 24- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com o nível de treinamento dos participantes.



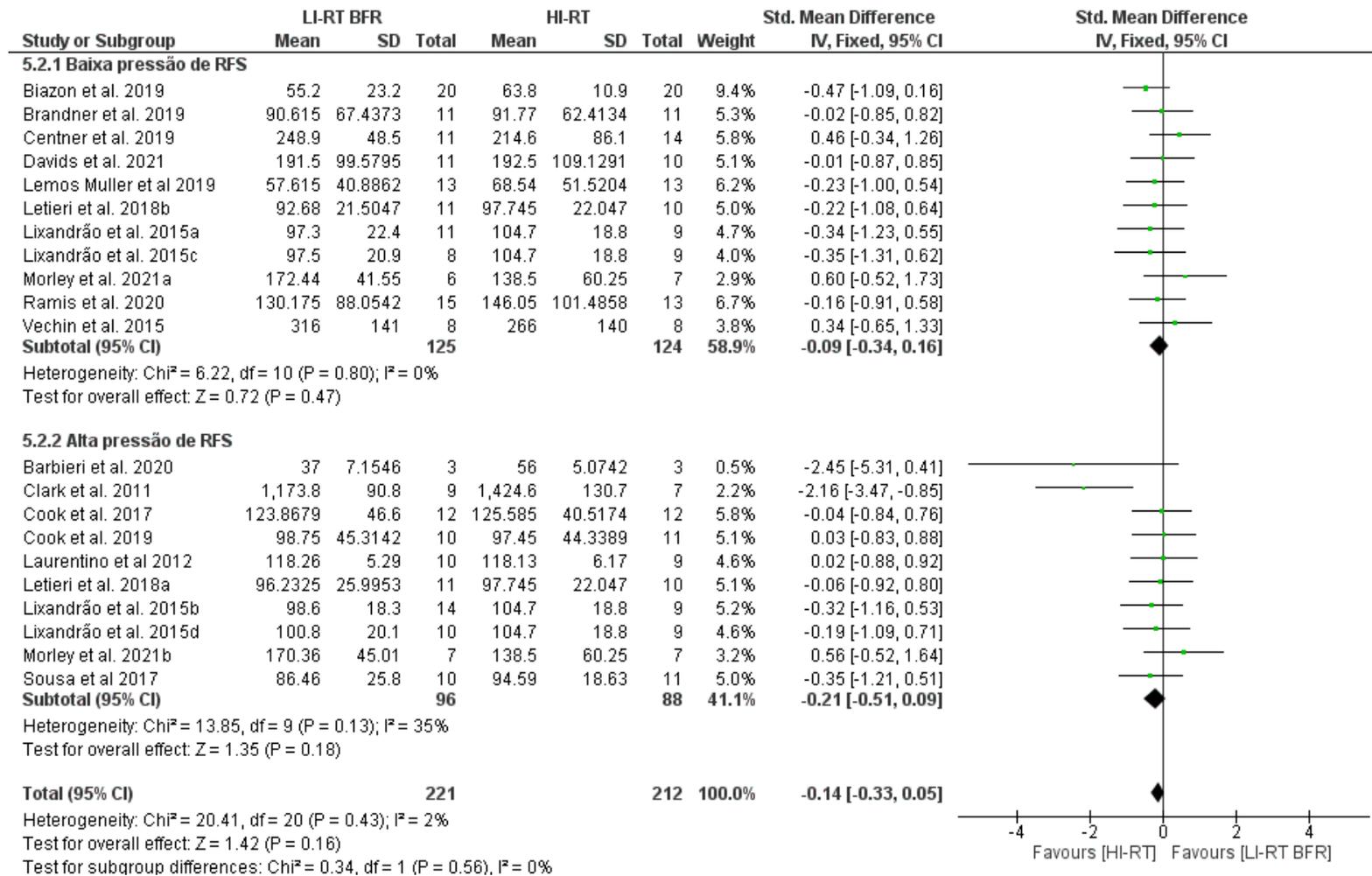
Fonte: O autor, 2022.

Figura 25- Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com a manifestação da força.



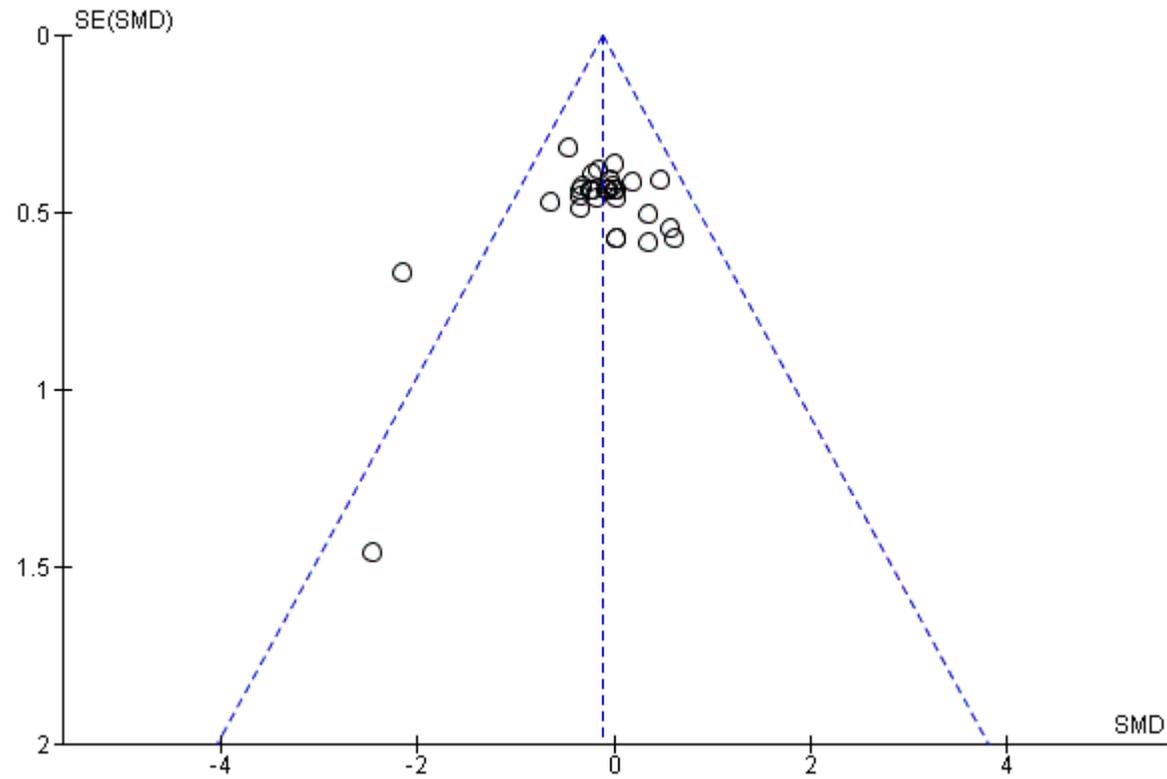
Fonte: O autor, 2022.

Figura 26- Forest plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com a intensidade de pressão exercida pelo manguito.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 27- Funnel plot de estudos comparando a força muscular entre exercício contrarresistência de alta intensidade com exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

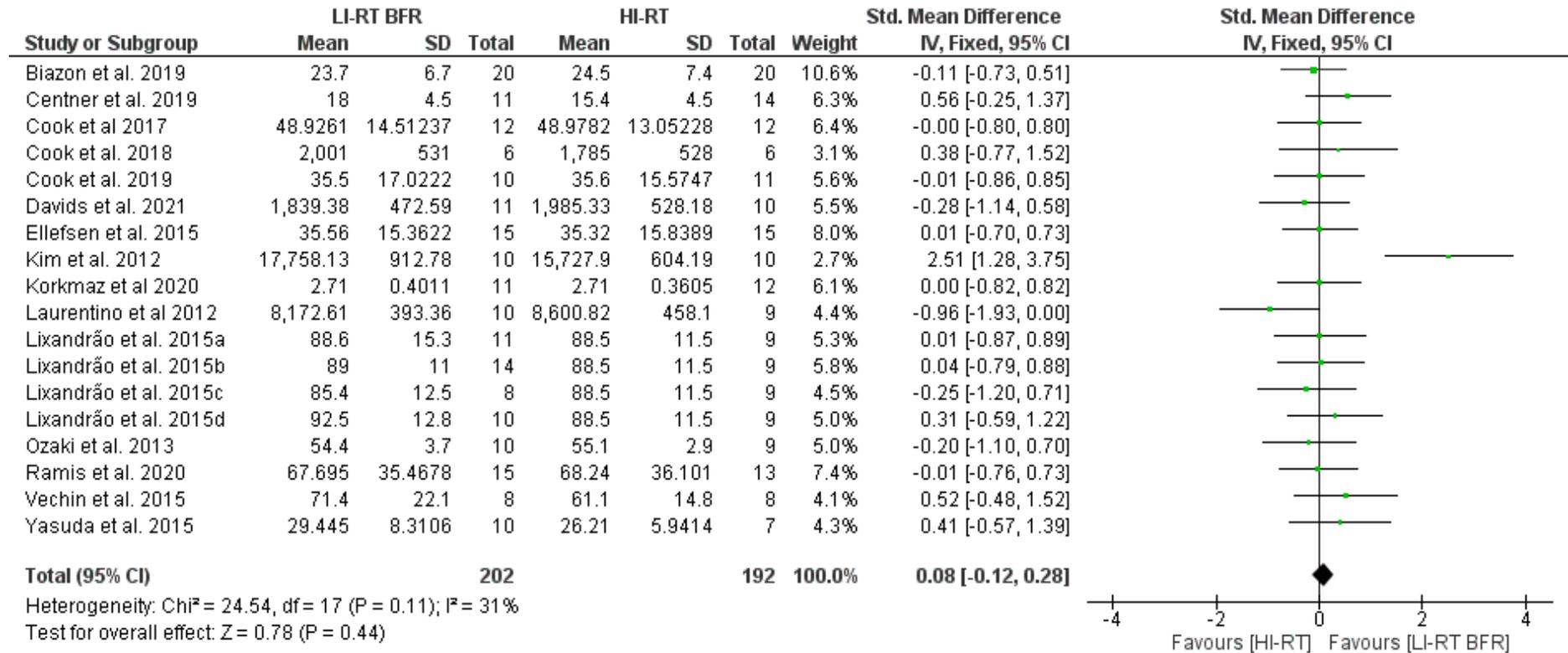
2.3.4. Comparação com o ECR de alta intensidade sem RFS sobre a hipertrofia muscular

O total de participantes foi de 202 sujeitos para a intervenção com ECR-RFS de baixa intensidade e 192 sujeitos para o grupo com ECR de alta intensidade. A diferença da média padronizada indicou não haver um efeito favorável a qualquer intervenção para o aumento da massa muscular [DMP = 0,08; $p = 0,44$ (IC95%: -0,12; 0,28), $I^2 = 31\%$, $p = 0,11$]. O *forest plot* com o resultado está apresentado na figura 28.

Também não se observou qualquer superioridade de um modelo de treinamento (ECR-RFS vs ECR tradicional) nas diferentes faixas etárias, nível de treinamento e intensidade da carga de pressão exercida pelo manguito. Os resultados estão apresentados em *forest plot* nos apêndices de E a G.

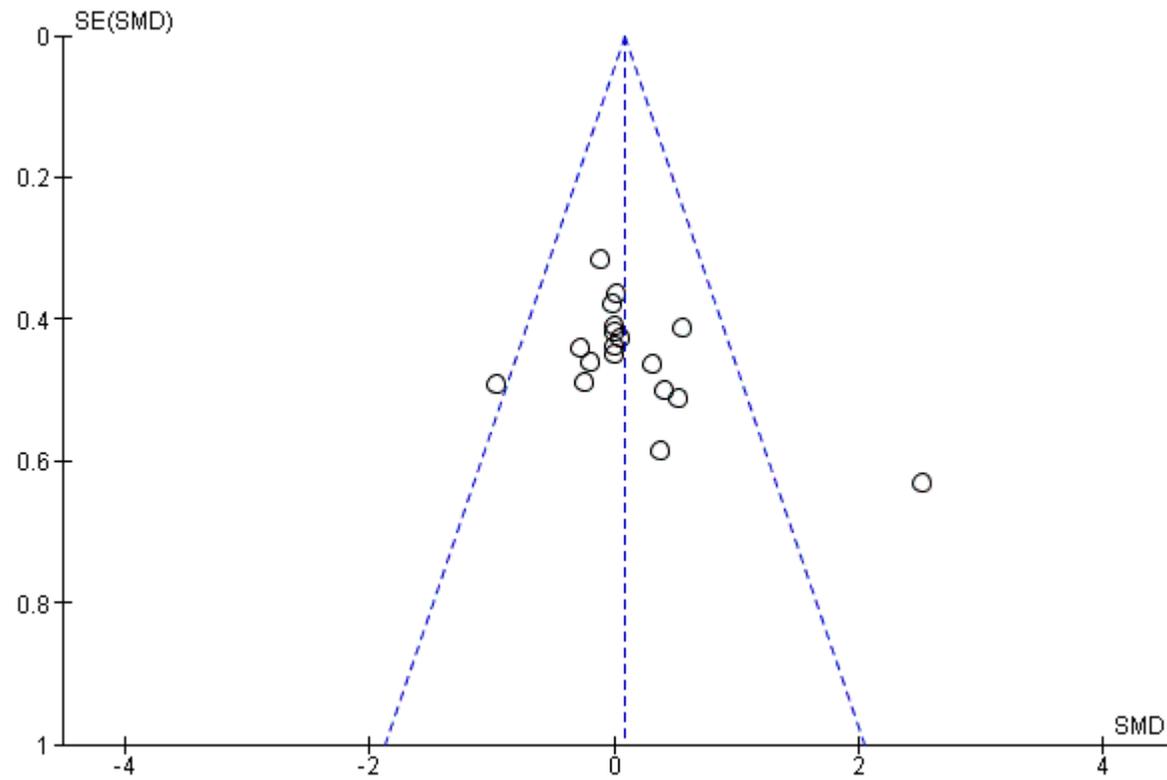
A inspeção visual da distribuição dos dados dos estudos apresentados no gráfico de funil em conjunto com a regressão linear de Egger não indicaram a existência de viés de publicação para a comparação entre o ECR de alta intensidade com ECR-RFS para a variável dependente força muscular ($p = 0,9693$). O gráfico de funil com a distribuição dos dados está apresentado na figura 29.

Figura 28- Forest plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular para o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 29- Funnel plot de estudos comparando a hipertrofia muscular entre exercício contrarresistência de alta intensidade com exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.



Fonte: O autor, 2022.

2.3.5. Nível de evidência desta metanálise

O nível de evidência deste trabalho é apresentado na Tabela GRADE, que indica o grau de certeza do resultado desta metanálise. A avaliação foi realizada diretamente pelo site do Sistema GRADE (<https://www.gradepro.org/>). O grau de certeza dos resultados da metanálise pode ser classificado em quatro níveis: muito baixo, baixo, moderado ou alto. Para esta avaliação é considerado o número de estudos, o delineamento, risco de viés, inconsistência, evidência indireta, imprecisão e outras considerações que o avaliador considere importante. A escala GRADE indicou um grau de certeza moderado no resultado desta metanálise na comparação entre os exercícios contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo com o exercício contrarresistência de alta intensidade para a medida de força muscular. Já a mesma comparação entre os modelos de exercícios para a medida de hipertrofia muscular, a escala GRADE indicou alto grau de certeza no resultado observado. Os resultados estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9- Escala GRADE com o grau de certeza dos resultados da metanálise para as comparações de ECR-RFS vs ECR de alta intensidade para as variáveis força e hipertrofia muscular

Pergunta: ECR-RFS comparado a ECR-AI para Força muscular

Avaliação da certeza							Nº de pacientes		Efeito		Certeza	Importância
Nº dos estudos	Delimitação do estudo	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	ECR-RFS	ECR-AI	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
20	ensaios clínicos randomizados	grave ^a	não grave	não grave	não grave	nenhum	295	288	-	SMD 0.12 SD menor (0.29 menor para 0.05 mais alto)	⊕⊕⊕○ Moderada	

CI: Intervalo de confiança; SMD: Diferença média padronizada

Explicação

a. 5 dos 20 estudos selecionados obtiveram avaliação de alto risco de viés em pelo menos um critério

Pergunta: ECR-RFS comparado a ECR-AI para Hipertrofia muscular

Avaliação da certeza							Nº de pacientes		Efeito		Certeza	Importância
Nº dos estudos	Delimitação do estudo	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	ECR-RFS	ECR-AI	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
15	ensaios clínicos randomizados	não grave	não grave	não grave	não grave	nenhum	202	192	-	SMD 0.08 SD mais alto (0.12 menor para 0.28 mais alto)	⊕⊕⊕⊕ Alta	

CI: Intervalo de confiança; SMD: Diferença média padronizada

Fonte: O autor, 2022.

2.4. Discussão

O ECR-RFS é uma estratégia efetiva para gerar adaptações funcionais e morfológicas (FRY *et al.*, 2010; LOENNEKE *et al.*, 2017; SAKAMAKI *et al.*, 2011; TAKARADA *et al.*, 2000a). Com isso, vários têm sido os estudos que compararam a magnitude dessas adaptações geradas pelo ECR-RFS com o ECR tradicional com alta intensidade (BLAZON *et al.*, 2019; COOK *et al.*, 2018; KORKMAZ *et al.*, 2020; LAURENTINO *et al.*, 2012; MARTÍN-HERNÁNDEZ *et al.*, 2013; RAMIS *et al.*, 2020; TAKARADA *et al.*, 2000a). Como principal resultado desta metanálise foi demonstrado que o ECR-RFS é igualmente efetivo em relação ao ECR tradicional para promover aumento na força e massa muscular. Assim, o ECR-RFS, mesmo sendo realizado em baixa intensidade, é uma alternativa efetiva ao treinamento com ECR tradicional de alta intensidade ($\geq 70\%$ 1RM) para populações saudáveis de diferentes faixas etárias (jovens a idosos) e nível de treinamento. Mesmo não sendo o escopo deste trabalho, mas considerando os resultados aqui observados, o ECR-RFS torna-se uma modalidade de exercício muito atrativo para indivíduos que não podem ou se adaptam ao treinamento com alta sobrecarga, como nos casos de indivíduos se recuperando de lesão e idosos.

Tanto o ECR tradicional quanto o ECR-RFS promovem estímulos sobre as vias de sinalização celular tanto pelo estresse metabólico, quanto pela ação mecânica da contração muscular (SCHOENFELD, 2013; SPIERING *et al.*, 2008). Tais vias de sinalização ocorrem de forma concomitante, sem concorrência entre elas e possivelmente sem que haja uma predominância sobre a hipertrofia muscular. As diversas possíveis combinações das variáveis de treinamento podem estimular mais as vias relacionadas ao estresse metabólico ou da tensão mecânica, sem necessariamente alterar a ocorrência da hipertrofia muscular. Este resultado permite uma maior flexibilidade no planejamento da estratégia de treinamento, respeitando inclusive a preferência do praticante em relação ao tipo de ECR (tradicional ou com RFS).

Revisões sistemáticas com metanálises publicadas anteriormente apresentaram resultados conflitantes em relação a adaptação crônica ao nível de força. Enquanto LIXANDRÃO *et al.* (2018) observaram que o ECR tradicional era mais indicado para promover ganhos de força em relação ao ECR-RFS, GRONFELDT *et al.* (2020) não identificaram uma predominância de um modelo de

treino em relação ao outro. O presente estudo confirmou os achados de GRONFELDT *et al.* (2020). A diferença nos resultados observados por LIXANDRÃO *et al.* (2018) pode ser explicada pela diferença metodológica realizada entre os estudos. Em múltiplas maneiras de avaliar a força muscular, LIXANDRÃO *et al.* (2018) utilizaram a estratégia de adicionar separadamente na análise cada resultado desses testes. Tal procedimento superestima o total de participantes da metanálise, altera o peso dos estudos e interfere na inconsistência identificada. Além disso, LIXANDRÃO *et al.* (2018) incluíram nas análises estudos não randomizados enquanto o presente estudo incluiu apenas estudos controlados e randomizados.

Já o presente estudo adotou a mesma estratégia utilizada por GRONFELDT *et al.* (2020), no qual foi priorizada variáveis para análise seguindo uma ordem pré-definida, sendo a diferença entre ambos os trabalhos a sequência de prioridade. GRONFELDT *et al.* (2020) preferiram priorizar o teste de pico de torque isométrico, em seguida o teste isocinético e por fim o teste de repetições máximas. No entanto, o presente estudo preferiu inverter a ordem entre os testes isométrico e isocinético por entender que são medidas igualmente confiáveis, porém o isocinético é mais próximo a forma de treinamento adotada nos estudos selecionados do que isométrico. Outra diferença entre ambos os estudos foi que GRONFELDT *et al.* (2020) utilizaram apenas controle inter-sujeitos. Ainda assim, o resultado observado entre ambos os estudos foi semelhante.

O presente estudo separou os diferentes tipos de manifestação da força, faixa etária, o nível de treinamento da amostra e a intensidade da carga de pressão exercida pelo manguito para formação de subgrupos. Em nenhuma das condições foi observado predominância de um modelo de treinamento em relação a outro nos ganhos de força. Todavia, poucos estudos foram realizados com uma amostra atletas ou com indivíduos acima de 40 anos.

Para a condição de hipertrofia muscular, os subgrupos formados foram por faixa etária, nível de treinamento, tipo de medida e carga de pressão exercida pelo manguito. Em nenhuma dessas condições foi observado qualquer efeito favorável a qualquer condição de tratamento. Poucos estudos foram realizados com uma amostra atletas ou com indivíduos acima de 40 anos e com medidas de espessura ou volume muscular.

Uma importante característica do ECR-RFS é ser realizado com baixa sobrecarga, variando entre 20 a 50% de 1RM (BIAZON *et al.*, 2019; TAKARADA *et*

al., 2000a). Dentro deste percentual de carga de trabalho, a maioria dos trabalhos selecionados nesta metanálise foram realizados com sobrecarga de até 30% de 1RM. Uma possível explicação para cargas tão reduzidas promoverem resultados semelhantes ao ECR tradicional pode estar no fato de alguns estudos terem sido realizados até a falha concêntrica. Enquanto o ECR tradicional deve recrutar todas ou quase todas as unidades motoras desde o início do exercício (KUKULKA e CLAMANN, 1981), o ECR-RFS possivelmente recruta uma menor quantidade de unidades motoras. Para aumentar esse recrutamento é necessário entrar numa condição de fadiga (TOIGO e BOUTELLIER, 2006). Com a realização do exercício até a falha concêntrica é possível que o ECR-RFS tenha impacto igualmente no recrutamento de unidades motoras. Porém a maioria dos estudos foi realizado com limitação no número de repetições. A princípio, esta condição favoreceria uma maior fadiga ao ECR tradicional. Nestes trabalhos, o ECR-RFS utilizaram um intervalo de recuperação inferior, o que pode ter equilibrado para a condição de fadiga entre os métodos, geralmente uma possível sobrecarga similar sobre o sistema neural e por conseguinte no recrutamento de unidades motoras.

Além disso, a carga de pressão exercida pelo manguito tem forte influência para gerar um ambiente favorável a hipóxia. Assim, a escolha da carga pressórica tem influência direta na magnitude do estresse metabólico do indivíduo exposto ao treinamento. Diferentes critérios foram adotados para estabelecer a carga de pressão exercida pelo manguito. Há estudos com uma carga pressórica fixa para todos os participantes (ELLEFSSEN *et al.*, 2015; KORKMAZ *et al.*, 2020), com percentual da pressão arterial braquial (COOK *et al.*, 2017; RAMIS *et al.*, 2020) ou do ponto de oclusão arterial (CENTNER *et al.*, 2019b; LIXANDRÃO *et al.*, 2015) e escolhidas através da percepção subjetiva de cada participante (KARABULUT *et al.*, 2010, 2013).

Espera-se que uma carga única de pressão exercida pelo manguito para diferentes indivíduos promova distintos graus de restrição devido a existência de diversas variáveis intervenientes, como a etnia (JESSEE *et al.*, 2016), o sexo (JESSEE *et al.*, 2016) e a circunferência do membro, que interfere no fluxo sanguíneo nas diversas profundidades do músculo (CRENSHAW *et al.*, 1988; SHAW e MURRAY, 1982). Essa heterogeneidade da pressão possivelmente causará diferentes impactos metabólicos em cada um dos sujeitos. Essas individualidades nas respostas necessitam ser mais exploradas em futuros estudos.

Também não é adequado estabelecer uma carga de pressão em membros inferiores baseado na pressão arterial sistólica obtida na artéria braquial, pois a pressão arterial é alterada em diferentes regiões do corpo e pela condição de mensuração, como exemplo estar sentado ou em pé. Até onde se sabe, não há qualquer estudo até o momento que tenha demonstrado uma relação preditiva entre pressão arterial sistólica obtida no membro superior com a intensidade de restrição que vai representar em membros inferiores. Diversos estudos trazem essas limitações, o que dificulta compreender a eficácia do ECR-RFS sobre a força e hipertrofia tendo como comparação o ECR tradicional.

De qualquer maneira, para conhecer como a intensidade da carga pressórica podem interferir nos ganhos de força e massa muscular, foi realizado a subanálise pelo percentual da carga de pressão. O presente estudo observou que a intensidade da carga de pressão exercida pelo manguito não foi um fator de influência na magnitude das respostas sobre a força e hipertrofia muscular em comparação ao ECR tradicional. Desta forma, as cargas submáximas de pressão são tão efetivas quanto cargas que causem oclusão vascular em repouso. Tal observação está de acordo com estudos prévios (CARVALHO *et al.*, 2021), o que permite uma escolha mais conservadora da carga de pressão (cargas que não obstruam o fluxo sanguíneo arterial em repouso), deixando o exercício com menor desconforto ou dor ao praticante e mais seguro, principalmente para sujeitos que não passaram por uma avaliação médica prévia (SOLIGON *et al.*, 2018).

Um importante diferencial deste trabalho em relação aos anteriores foi a verificação da qualidade metodológica e do risco de viés dos artigos selecionados através da Escala Testex e da Ferramenta *Risk of Bias* da Cochrane, respectivamente. Sete estudos apresentaram alta qualidade metodológica considerando 10 pontos como o critério de corte, sendo o trabalho de DAVIDS *et al* (2021) atingindo a maior pontuação. Para a avaliação do risco de viés, apenas dois estudos receberam conceito de baixo risco de viés em todos os critérios da Ferramenta Cochrane.

A qualidade da evidência desta metanálise foi avaliada pela escala GRADE, tendo apresentado um alto grau de confiança no resultado observado para hipertrofia muscular e moderado grau de certeza para a força muscular. Isso significa que é improvável que trabalhos adicionais venham a modificar a confiança na estimativa do efeito para hipertrofia muscular. Por outro lado, na variável força

muscular é possível que trabalhos futuros possam modificar a confiança na estimativa de efeito, podendo inclusive, podendo alterar a estimativa.

2.5. Conclusões

O ECR-RFS é uma estratégia tão efetiva quanto o ECR tradicional de alta intensidade para obter os ganhos de força e hipertrofia muscular, sendo assim uma alternativa viável e efetiva para os sujeitos que não podem ou não desejam treinar com alta sobrecarga externa, como os indivíduos em recuperação de lesão e idosos. Mas não só essas populações podem se beneficiar deste modelo de exercício. Indivíduos saudáveis de qualquer faixa etária e nível de treinamento podem incluir o ECR-RFS para “romper” com as rotinas tradicionais de treinamento. Essa estratégia pode beneficiar na motivação e redução no risco de lesão, pela execução de baixa sobrecarga de resistência, sem prejudicar no resultado desejado.

Ao observar a literatura, o ECR-RFS tem se mostrado efetivo e seguro com sobrecargas externas de até 30% de 1RM, com intervalos de 30 a 60 segundos de recuperação entre as séries. O número de séries varia de 3 a 4 em repetições máximas. No entanto, o protocolo mais utilizado é com 30 repetições na primeira série e 15 repetições nas séries subsequentes. No caso das protocolo com número de repetições pré-definido, o intervalo de recuperação deve ser bastante reduzido (30 segundos). Se o profissional de educação física adotar o protocolo de repetições máximas, o intervalo entre as séries pode ser mais elevado, podendo chegar a 60 segundos, aproximadamente. A pressão do manguito deve ser realizada de forma contínua durante o exercício e o intervalo de recuperação entre as séries. No entanto, o fluxo sanguíneo deve ser liberado a cada troca de exercício ou no máximo a cada 15 minutos.

2.6. Referências bibliográficas

BARBIERI, J.; AHMADI, S. Effect of resistance training with vascular occlusion in the upper limbs. **Gazzetta Medica Italiana Archivio Per Le Scienze Mediche**, v. 179, n. 4, p. 264–269, 2020.

BIAZON, T. M. P. C. *et al.* The association between muscle deoxygenation and muscle hypertrophy to blood flow restricted training performed at high and low loads. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 446, 17 Abr 2019.

- BORENSTEIN, M. *et al.* Introduction to Meta-Analysis. 1. ed. [S.l.]: **John Wiley & Sons**, 2009.
- BRANDNER, C. R. *et al.* Muscular Adaptations to Whole Body Blood Flow Restriction Training and Detraining. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1099, 10 Set 2019.
- CARVALHO, R. F.; SOARES, A. L. C.; GOMES, P. S. C. Effects of combined blood flow restriction and resistance or aerobic training on muscle hypertrophy and strength in health adults and elderly individuals: Systematic review with meta-analysis. **PROSPERO: International prospective register of systematic reviews**. 2020. CRD42020207162. Available from:
https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?RecordID=207162
- CARVALHO, R. F. *et al.* Effects of different blood flow restriction pressure levels on muscular hemodynamic. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 20, n. 6, p. 604–617, 2021.
- CENTNER, C. *et al.* Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 95–108, 2019a.
- CENTNER, C. *et al.* Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 6, p. 1660–1667, 2019b.
- CLARK, B. C. *et al.* 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.
- COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2. ed. [S.l.]: **Lawrence Erlbaum Associates**, 1988.
- COOK, S. B. *et al.* Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. **Experimental Gerontology**, v. 99, n. October, p. 138–145, 2017.
- COOK, S. B. *et al.* Neuromuscular adaptations to low-load blood flow restricted resistance training. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 17, n. 1, p. 66–73, 2018.
- COOK, S. B.; CLEARY, C. J. Progression of Blood Flow Restricted Resistance Training in Older Adults at Risk of Mobility Limitations. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 738, 12 Jun 2019.
- CRENSHAW, A. G. *et al.* Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation

- pressures. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 59, n. 4, p. 447–451, 1988.
- DAVIDS, C. J. *et al.* Acute cellular and molecular responses and chronic adaptations to low-load blood flow restriction and high-load resistance exercise in trained individuals. **Journal of Applied Physiology**, v. 131, n. 6, p. 1731–1749, 2021.
- DE CARVALHO, A. P. V. de; SILVA, V.; JOSÉ GRANDE, A. Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. **Diagnóstico e Tratamento**, v. 18, n. 1, p. 38–44, 2013.
- DOMA, K. *et al.* Lunge exercises with blood-flow restriction induces post-activation potentiation and improves vertical jump performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, p. 687–695, 2020.
- ELLEFSEN, S. *et al.* Blood flow-restricted strength training displays high functional and biological efficacy in women: a within-subject comparison with high-load strength training. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 309, n. 7, p. R767–R779, 2015.
- FRY, C. S. *et al.* Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 5, p. 1199–1209, 2010.
- GRØNFELDT, B. M. *et al.* Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 30, n. 5, p. 837–848, 2020.
- HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. (ed.). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. 1. ed. Nashville, TN: **John Wiley & Sons**, 2011.
- JESSEE, M. B. *et al.* The Influence of Cuff Width, Sex, and Race on Arterial Occlusion: Implications for Blood Flow Restriction Research. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, 2016.
- KARABULUT, M. *et al.* 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.
- KARABULUT, M. *et al.* The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 147–155, 2010.
- KEFALOYIANNI, E.; GAITANAKI, C.; BEIS, I. ERK1/2 and p38-MAPK signalling pathways, through MSK1, are involved in NF- κ B transactivation during oxidative stress in skeletal myoblasts. **Cellular Signalling**, v. 18, n. 12, p. 2238–2251, 1 Dez

2006.

KIM, S. *et al.* Effects of short term low intensity resistance training with blood flow restriction on bone markers and muscle cross-sectional area in young men.

International Journal Exercise Science, v. 5, n. 2, p. 136–147, 2012.

KORKMAZ, E. *et al.* Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscle Strength and Architecture. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1–8, 2020.

KUKULKA, C. G.; CLAMANN, H. P. Comparison of the recruitment and discharge properties of motor units in human brachial biceps and adductor pollicis during isometric contractions. **Brain Research**, v. 219, n. 1, p. 45–55, 1981.

LASWATI, H *et al.* Low-Intensity Exercise with Blood Flow Restriction Increases Muscle Strength without Altering hsCRP and Fibrinogen Levels in Healthy Subjects.

Chinese Journal of Physiology, v. 61, n. 3, p. 188–195, 2018

LAURENTINO, G. C. *et al.* 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.

LEMOS MULLER, C. H.; RAMIS, T. R.; RIBEIRO, J. L. Effects of low-load resistance training with blood flow restriction on the perceived exertion, muscular resistance and endurance in healthy young adults. **Sport Sciences for Health**, v. 15, n. 3, p. 503–510, 2019.

LETIERI, R. V. *et al.* Effect of 16 weeks of resistance exercise and detraining comparing two methods of blood flow restriction in muscle strength of healthy older women: A randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 114, p. 78–86, 1 Dez 2018.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 62, n. 10, p. e1–e34, 2009.

LIXANDRÃO, M. E. *et al.* Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 12, p. 2471–2480, 2015.

LIXANDRÃO, M. E. *et al.* Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 361–378, 2018.

LOENNEKE, J. P. *et al.* The anabolic benefits of venous blood flow restriction

training may be induced by muscle cell swelling. **Medical Hypotheses**, v. 78, n. 1, p. 151–154, 2012.

LOENNEKE, J. P. *et al.* Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 249, p. 1–3, 2013.

LOENNEKE, J. P. *et al.* The influence of exercise load with and without different levels of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness and lactate. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 6, p. 734–740, 2017.

MARTÍN-HERNÁNDEZ, J. *et al.* Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, n. 2, p. 1–7, 1 Mar 2013.

MORITANI, T. *et al.* Oxygen availability and motor unit activity in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 6, p. 552–556, 1992.

MORLEY, W. N. *et al.* Training response to 8 weeks of blood flow restricted training is not improved by preferentially altering tissue hypoxia or lactate accumulation when training to repetition failure. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 46, p. 1257–1264, 2021.

MOUSER, J. G. *et al.* A tale of three cuffs: the hemodynamics of blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 7, p. 1493–1499, 2017.

OZAKI, H. *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. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 1, p. 167–174, 2013

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **British Medical Journal**, v. 372, 2021.

RAMIS, T. R. *et al.* Effects of Traditional and Vascular Restricted Strength Training Program With Equalized Volume on Isometric and Dynamic Strength, Muscle Thickness, Electromyographic Activity, and Endothelial Function Adaptations in Young Adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 3, p. 689–698, 2020.

RATAMESS, N. A. *et al.* Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.

REEVES, G. V. *et al.* 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.
- SAKAMAKI, M.; BEMBEN, M. G.; ABE, T. Legs and trunk muscle hypertrophy following walk training with restricted leg muscle blood flow. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, n. 2, p. 338–340, 2011.
- SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179–194, 2013.
- SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.
- SHAW, J. A.; MURRAY, D. G. The relationship between tourniquet pressure and underlying soft-tissue pressure in the thigh. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 64, p. 1148–1152, 1982.
- SMART, N. A. *et al.* Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. **International Journal of Evidence-Based Healthcare**, v. 13, n. 1, p. 9–18, Mar 2015.
- SOLIGON, S. D. *et al.* Lower occlusion pressure during resistance exercise with blood-flow restriction promotes lower pain and perception of exercise compared to higher occlusion pressure when the total training volume is equalized. **Physiology International**, v. 105, n. 3, p. 276–284, 1 Set 2018.
- SOUSA, J. B. C. *et al.* 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.
- SPIERING, B. A. *et al.* Resistance Exercise Biology: Manipulation of Resistance Exercise Programme Variables Determines the Responses of Cellular and Molecular Signalling Pathways. **Sports Medicine**, v. 38, n. 7, p. 527–540, 2008.
- SUGIARTO, D. *et al.* Comparison of the increase of both muscle strength and hypertrophy of biceps brachii muscle in strengthening exercise with low-intensity resistance training with and without the application of blood flow restriction and high-intensity resistance training. **Bali Medical Journal**, v. 6, n. 2, p. 255–261, 2017
- TAKARADA, Y. *et al.* Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 2097–2106, 2000a.

TAKARADA, Y. *et al.* Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 1, p. 61–65, 2000b.

TAKARADA, Y.; TSURUTA, T.; ISHII, N. Cooperative Effects of Exercise and Occlusive Stimuli on Muscular Function in Low-Intensity Resistance Exercise with Moderate Vascular Occlusion. **Japanese Journal of Physiology**, v. 54, n. 6, p. 585–592, 2004.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 6, p. 643–663, 2006.

VECHIN, F. C. *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. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n.4, p. 1071–1076, 2015

YAMANAKA, T. *et al.* Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2523–2529, 2012.

YASUDA, T. *et al.* Effects of short-term detraining following blood flow restricted low-intensity training on muscle size and strength. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 1, p. 71–75, 2015.

CONCLUSÃO

Com o crescente interesse sobre o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo no ambiente acadêmico, este método também passou a ser incluído nos portfólios de diversos professores de educação física que compõem o corpo técnico de centro de treinamento, clubes desportivos ou até mesmo através do atendimento personalizado. Tal observação é possível de ser verificada pela participação cada vez maior de profissionais oferecendo cursos de capacitação e palestras em eventos científicos. Por todas essas questões, cada vez mais se torna necessário o aprofundamento no estado da arte para entender como as diversas combinações de variáveis de treinamento podem afetar as respostas agudas e crônicas nas mais distintas populações com o máximo de eficiência, minimizando os riscos associados a esta prática.

Ao final das duas revisões sistemáticas com metanálise foi possível concluir que a força e a hipertrofia muscular parecem ser igualmente modificáveis com o exercício contrarresistência tradicional ($> 70\%$ 1RM) e o exercício contrarresistência de baixa intensidade (20 a 50% de 1RM) com restrição de fluxo sanguíneo. Assim, a escolha pelo modelo de treinamento deve ser uma decisão pessoal de cada indivíduo. Importante observar que poucos estudos realizaram os treinamentos até a falha concêntrica (fadiga muscular). Em relação ao exercício contrarresistência com restrição de fluxo sanguíneo, o protocolo mais utilizado foi de 3 a 4 séries com a primeira realizada em 30 repetições e as subsequentes em 15 repetições. A intensidade neste protocolo específico geralmente ficou entre 20 e 35% de 1RM. Os intervalos entre as séries variaram de 30 a 60 segundos. Este protocolo parece ser efetivo para promover os ganhos de força e hipertrofia muscular.

Também não foram identificadas diferenças na hipertrofia muscular na comparação do exercício contrarresistência ou aeróbia de baixa intensidade com ou sem restrição e fluxo sanguíneo. A baixa intensidade nos exercícios aeróbios foi definida de diferentes maneiras (percentual da frequência cardíaca máxima ou do VO_2 máximo ou da potência máxima), mas em nenhuma das condições foi maior do que 50% da medida de referência. Já no exercício contrarresistência, a baixa intensidade foi a mesma realizada com ou sem restrição de fluxo sanguíneo. A hipótese inicial era de que haveria diferença na hipertrofia muscular quando

comparasse os exercícios contrarresistência ou aeróbico em baixa intensidade realizado com versus sem restrição de fluxo sanguíneo. Esta hipótese não foi confirmada. No entanto, alguns cuidados são necessários para a interpretação destes resultados. Uma importante limitação na observação destes resultados são a reduzida quantidade de estudos selecionados para a variável hipertrofia muscular, em especial com exercícios aeróbicos. Segundo BORENSTEIN *et al.* (2009) é recomendado para garantir maior força no resultado observado a análise de ao menos 10 estudos. Além disso, para se ter um nível de confiança de 95% que o resultado da metanálise será observado em pelo menos 90% dos participantes com um erro inferior a 5% é necessário ter no mínimo 139 participantes por grupo (SCHÜNEMANN *et al.*, 2013). Nenhuma dessas condições estiveram próximas de serem cumpridas nas análises dos estudos realizados com exercício aeróbico.

Se não foi observado diferença entre os exercícios contrarresistência de baixa intensidade com ou sem restrição de fluxo sanguíneo, o mesmo não foi identificado para a variável força muscular. A restrição de fluxo sanguíneo demonstrou ser uma estratégia efetiva para promover maiores ganhos de força muscular. Assim, na impossibilidade de realizar o exercício contrarresistência de alta intensidade, realizá-lo em baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo é uma alternativa viável. Nestes casos, a carga de pressão de restrição de fluxo deve ser submáxima (abaixo do ponto de oclusão arterial em repouso), pois parecem ser efetivas e causam menos dor ou desconforto nos praticantes. Além disso, cargas submáximas de pressão exercidas pelo manguito são potencialmente mais seguras.

Apesar de não fazer parte do escopo desta tese de doutoramento, a segurança do método do exercício com restrição de fluxo sanguíneo parece ser similar a de outros métodos de treinamento tradicionais. Um levantamento (NAKAJIMA *et al.*, 2006) realizado no Japão identificou como os efeitos colaterais mais comuns entre 12.642 respondentes: hemorragia subcutânea (13,1%), dormência (1,297%), anemia cerebral (0,277%), sensação de frio (0,127%), trombose venosa (0,055%), dor (0,040%), coceira (0,024%), sensação de doença (0,016%) e aumento da pressão sanguínea (0,016%), agravamento da doença isquêmica do coração (0,016%), embolia pulmonar (0,008%) e rabdomiólise (0,008).

Em outro estudo conduzido por PATTERSON e BRANDNER (2018), os efeitos colaterais mais comuns foram a dor muscular tardia (39,2%), dormência (18,5%), desmaios / tonturas (14,6%) e hematomas (13,1%). Por fim, LOENNEKE *et*

al. (2011) concluíram que o exercício com RFS, quando realizado em um ambiente controlado por profissionais devidamente capacitados, é uma alternativa segura de treinamento para a maioria dos indivíduos, independentemente da idade e nível de treinamento.

De certo modo, a segurança do método é diretamente dependente da escolha das variáveis de treinamento realizada pelo profissional de educação física, da condição clínica ou fisiológica do praticante e de uma avaliação pré-participativa adequada. Assim, se faz necessário que o profissional se aprofunde no conhecimento sobre os mecanismos e fenômenos associados ao treinamento com restrição de fluxo sanguíneo para aplicá-lo na sua prática profissional com a maior eficiência possível dentro de uma condição máxima de segurança. Esta tese visa colaborar para a construção deste conhecimento.

Referências bibliográficas

- BORENSTEIN, M. *et al.* Introduction to Meta-Analysis. 1. ed. [S.l.]: **John Wiley & Sons**, 2009.
- LOENNEKE, J. P. *et al.* Potential safety issues with blood flow restriction training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 4, p. 510–518, 2011.
- NAKAJIMA, T. *et al.* Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 2, n. 1, p. 5–13, 2006.
- PATTERSON, S. D.; BRANDNER, C. R. The role of blood flow restriction training for applied practitioners: A questionnaire-based survey. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 2, p. 123–130, 2018.
- SCHÜNEMANN, H. *et al.* GRADE handbook for grading quality of evidence and strength of recommendations. Updated October 2013. **The GRADE Working Group**, 2013. Available from guidelinedevelopment.org/handbook.

REFERÊNCIAS

- ABE *et al.* Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO_2 max in young men. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 9, n. 3, p. 452–458, 2010.
- ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 5, p. 1460–6, 2006.
- BARBIERI, J.; AHMADI, S. Effect of resistance training with vascular occlusion in the upper limbs. **Gazzetta Medica Italiana Archivio Per Le Scienze Mediche**, v. 179, n. 4, p. 264–269, 2020.
- BLAZON, T. M. P. C. *et al.* The association between muscle deoxygenation and muscle hypertrophy to blood flow restricted training performed at high and low loads. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 446, 17 Abr 2019.
- BORENSTEIN, M. *et al.* Introduction to Meta-Analysis. 1. ed. [S.l.]: **John Wiley & Sons**, 2009.
- BOWMAN, E. N. *et al.* Proximal, Distal, and Contralateral Effects of Blood Flow Restriction Training on the Lower Extremities: A Randomized Controlled Trial. **Sports Health**, v. 11, n. 2, p. 149–156, 2019.
- BOWMAN, E. N. *et al.* Upper-extremity blood flow restriction: the proximal, distal, and contralateral effects—a randomized controlled trial. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v. 29, n. 6, p. 1267–1274, 2020.
- BRANDNER, C. R. *et al.* Muscular Adaptations to Whole Body Blood Flow Restriction Training and Detraining. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1099, 10 Set 2019.
- BRUMITT, J. *et al.* Blood Flow Restriction Training for the Rotator Cuff: A Randomized Controlled Trial. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 8, p. 1175–1180, 19 Ago 2020.
- BULL, F. C. *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020.
- CARVALHO, R. F.; SOARES, A. L. C.; GOMES, P. S. C. Effects of combined blood flow restriction and resistance or aerobic training on muscle hypertrophy and strength in health adults and elderly individuals: Systematic review with meta-analysis. **PROSPERO: International prospective register of systematic reviews**. 2020. CRD42020207162. Available from:
https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?RecordID=207162
- CARVALHO, R. F. *et al.* Effects of different blood flow restriction pressure levels on muscular hemodynamic. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 20, n. 6, p. 604–617, 2021.
- CENTNER, C. *et al.* Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 95–108, 2019a.
- CENTNER, C. *et al.* Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load

resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 6, p. 1660–1667, 2019b.

CLARK, B. C. *et al.* 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.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. [S.l.]: **Lawrence Erlbaum Associates**, 1988.

COOK, S. B. *et al.* Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. **Experimental Gerontology**, v. 99, n. October, p. 138–145, 2017.

COOK, S. B. *et al.* Neuromuscular adaptations to low-load blood flow restricted resistance training. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 17, n. 1, p. 66–73, 2018.

COOK, S. B.; CLEARY, C. J. Progression of Blood Flow Restricted Resistance Training in Older Adults at Risk of Mobility Limitations. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 738, 12 Jun 2019.

CRENSHAW, A. G. *et al.* Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 59, n. 4, p. 447–451, 1988.

DAVIDS, C. J. *et al.* Acute cellular and molecular responses and chronic adaptations to low-load blood flow restriction and high-load resistance exercise in trained individuals. **Journal of Applied Physiology**, v. 131, n. 6, p. 1731–1749, 2021.

DAVIDS, C. J. *et al.* Similar morphological and functional training adaptations occur between continuous and intermittent blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 7, p. 1784–1793, 2021.

DEBOLD, E. P. Recent insights into the molecular basis of muscular fatigue. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 44, n. 8, p. 1440–52, 2012.

DE CARVALHO, A. P. V. de; SILVA, V.; JOSÉ GRANDE, A. Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. **Diagnóstico e Tratamento**, v. 18, n. 1, p. 38–44, 2013.

DE OLIVEIRA, M. F.M. *et al.* Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 9, p. 1017–1025, 2016.

DOMA, K. *et al.* Lunge exercises with blood-flow restriction induces post-activation potentiation and improves vertical jump performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, p. 687–695, 2020.

ELLEFSSEN, S. *et al.* Blood flow-restricted strength training displays high functional and biological efficacy in women: a within-subject comparison with high-load strength training. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 309, n. 7, p. R767–R779, 2015.

FAHS, C. A. *et al.* Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 3, p. 167–176, 2015.

FANG, Y. *et al.* Phosphatidic acid-mediated mitogenic activation of mTOR signaling. **Science**, v. 294, n. 5548, p. 1942–1945, 2001.

FARUP, J. *et al.* Blood flow restricted and traditional resistance training performed to fatigue produce equal muscle hypertrophy. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 25, n. 6, p. 754–763, 2015.

FERRAZ, R. B. *et al.* Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 5, p. 897–905, 2018.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p. 145–168, 2007.

FRY, C. S. *et al.* Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 5, p. 1199–1209, 2010.

GARBER, C. E. *et al.* Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, 2011.

GOLDSPINK, G. The Proliferation of Myofibrils During Muscle Fibre Growth. **Journal of Cell Science**, v. 6, n. 2, p. 593–603, 1970.

GRØNFELDT, B. M. *et al.* Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 30, n. 5, p. 837–848, 2020.

HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. (ed.). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. 1. ed. Nashville, TN: **John Wiley & Sons**, 2011.

JESSEE, M. B. *et al.* The Influence of Cuff Width, Sex, and Race on Arterial Occlusion: Implications for Blood Flow Restriction Research. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, 2016.

KACIN, A.; STRAZAR, K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 21, n. 6, p. e231–e241, 1 Dez 2011.

KARABULUT, M. *et al.* 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.

KARABULUT, M. *et al.* The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 147–155, 2010.

KAWADA, S. What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle? **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, p. 37–44, 2005.

KEFALOYIANNI, E.; GAITANAKI, C.; BEIS, I. ERK1/2 and p38-MAPK signalling pathways, through MSK1, are involved in NF- κ B transactivation during oxidative stress in skeletal myoblasts. **Cellular Signalling**, v. 18, n. 12, p. 2238–2251, 2006.

KILGAS, M. A. *et al.* Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps Function Long After ACL Reconstruction. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 10, p. 650–656, 2019.

KIM, S. *et al.* Effects of short term low intensity resistance training with blood flow

restriction on bone markers and muscle cross-sectional area in young men.

International Journal Exercise Science, v. 5, n. 2, p. 136–147, 2012.

KORKMAZ, E. *et al.* Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscle Strength and Architecture. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ah, p. 1–8, 2020.

KUKULKA, C. G.; CLAMANN, H. P. Comparison of the recruitment and discharge properties of motor units in human brachial biceps and adductor pollicis during isometric contractions. **Brain Research**, v. 219, n. 1, p. 45–55, 1981.

LAMBERT, B. *et al.* Blood Flow Restriction Training for the Shoulder: A Case for Proximal Benefit. **American Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 10, p. 2716–2728, 1 Ago 2021.

LASWATI, H *et al.* Low-Intensity Exercise with Blood Flow Restriction Increases Muscle Strength without Altering hsCRP and Fibrinogen Levels in Healthy Subjects. **Chinese Journal of Physiology**, v. 61, n. 3, p. 188-195, 2018

LAURENTINO, G. C. *et al.* 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.

LEAL, M. L.; SANTOS, A. R.; AOKI, M. S. Adaptações moleculares ao treinamento de força: recentes descobertas sobre o papel da miostatina. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 7, n. 1, p. 161–167, 2009.

LEMONS MULLER, C. H.; RAMIS, T. R.; RIBEIRO, J. L. Effects of low-load resistance training with blood flow restriction on the perceived exertion, muscular resistance and endurance in healthy young adults. **Sport Sciences for Health**, v. 15, n. 3, p. 503–510, 2019.

LETIERI, R. V. *et al.* Effect of 16 weeks of resistance exercise and detraining comparing two methods of blood flow restriction in muscle strength of healthy older women: A randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 114, p. 78–86, 2018.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 62, n. 10, p. e1–e34, 2009.

LIXANDRÃO, M. E. *et al.* Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 12, p. 2471–2480, 2015.

LIXANDRÃO, M. E. *et al.* Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 361–378, 2018.

LOENNEKE, J. P. *et al.* Potential safety issues with blood flow restriction training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 4, p. 510–518, 2011.

LOENNEKE, J. P. *et al.* The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. **Medical Hypotheses**, v. 78, n. 1, p.

151–154, 2012.

LOENNEKE, J. P. *et al.* Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 249, p. 1–3, 2013.

LOENNEKE, J. P. *et al.* The influence of exercise load with and without different levels of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness and lactate. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 6, p. 734–740, 2017.

MADARAME, H. *et al.* Blood flow-restricted training does not improve jump performance in untrained young men. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 98, n. 4, p. 465–471, 2011.

MADARAME, H. *et al.* Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 2, p. 258–263, 2008.

MADARAME, H. *et al.* Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 30, n. 3, p. 210–213, 2010.

MARTÍN-HERNÁNDEZ, J. *et al.* Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, n. 2, p. 1–7, 1 Mar 2013.

MOORE, D. R. *et al.* Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4–5, p. 399–406, 2004.

MORITANI, T. *et al.* Oxygen availability and motor unit activity in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 6, p. 552–556, 1992.

MORLEY, W. N. *et al.* Training response to 8 weeks of blood flow restricted training is not improved by preferentially altering tissue hypoxia or lactate accumulation when training to repetition failure. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 46, p. 1257–1264, 2021.

MOUSER, J. G. *et al.* A tale of three cuffs: the hemodynamics of blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 7, p. 1493–1499, 2017.

NAKAJIMA, T. *et al.* Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 2, n. 1, p. 5–13, 2006.

NETO, G. R. *et al.* Effects of strength training with continuous or intermittent blood flow restriction on the hypertrophy, muscular strength and endurance of men. **Acta Scientiarum-Health Sciences**, v. 41, e42273, 2019

OZAKI, H. *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. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 1, p. 167–174, 2013

OZAKI, H. *et al.* Effects of 10 weeks walk training with leg blood flow reduction on carotid arterial compliance and muscle size in the elderly adults. **Angiology**, v. 62, n. 1, p. 81–86, 2011a.

- OZAKI, H. *et al.* Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 66 A, n. 3, p. 257–263, 2011b.
- PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **British Medical Journal**, v. 372, 2021.
- PATTERSON, S. D. *et al.* Blood Flow Restriction Exercise Position Stand: Considerations of Methodology, Application, and Safety. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 533, 2019.
- PATTERSON, S. D.; BRANDNER, C. R. The role of blood flow restriction training for applied practitioners: A questionnaire-based survey. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 2, p. 123–130, 2018.
- PATTERSON, S. D.; FERGUSON, R. A. Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 19, n. 3, p. 201–213, 2011.
- PATTERSON, S. D.; FERGUSON, R. A. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 5, p. 1025–1033, 2010.
- RAMIS, T. R. *et al.* Effects of Traditional and Vascular Restricted Strength Training Program With Equalized Volume on Isometric and Dynamic Strength, Muscle Thickness, Electromyographic Activity, and Endothelial Function Adaptations in Young Adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 3, p. 689–698, 2020.
- RATAMESS, N. A. *et al.* Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.
- REEVES, G. V. *et al.* 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.
- SAKAMAKI, M.; BEMBEN, M. G.; ABE, T. Legs and trunk muscle hypertrophy following walk training with restricted leg muscle blood flow. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, n. 2, p. 338–340, 2011.
- SATO, Y. The history and future of KAATSU training. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, p. 1–5, 2005.
- SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179–194, 2013.
- SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.
- SCHÜNEMANN, H. *et al.* GRADE handbook for grading quality of evidence and strength of recommendations. Updated October 2013. **The GRADE Working Group**, 2013. Available from: guidelinedevelopment.org/handbook.
- SHAW, J. A.; MURRAY, D. G. The relationship between tourniquet pressure and underlying soft-tissue pressure in the thigh. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v.

64, p. 1148–1152, 1982.

SHIMIZU, R. *et al.* Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, p. 749-757, 2016

SLYSZ, J.; STULTZ, J.; BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 8, p. 669–675, 2016.

SMART, N. A. *et al.* Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. **International Journal of Evidence-Based Healthcare**, v. 13, n. 1, p. 9–18, Mar 2015.

SOLIGON, S. D. *et al.* Lower occlusion pressure during resistance exercise with blood-flow restriction promotes lower pain and perception of exercise compared to higher occlusion pressure when the total training volume is equalized. **Physiology International**, v. 105, n. 3, p. 276–284, 1 Set 2018.

SOUSA, J. B. C. *et al.* 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.

SPIERING, B. A. *et al.* Resistance Exercise Biology : Manipulation of Resistance Exercise Programme Variables Determines the Responses of Cellular and Molecular Signalling Pathways. **Sports Medicine**, v. 38, n. 7, p. 527–540, 2008.

SUGIARTO, D. *et al.* Comparison of the increase of both muscle strength and hypertrophy of biceps brachii muscle in strengthening exercise with low-intensity resistance training with and without the application of blood flow restriction and high-intensity resistance training. **Bali Medical Journal**, v. 6, n. 2, p. 255–261, 2017

TAKARADA, Y. *et al.* Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 2097–2106, 2000a.

TAKARADA, Y. *et al.* Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 1, p. 61–65, 2000b.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; ISHII, N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2035–2039, 2000.

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.; TSURUTA, T.; ISHII, N. Cooperative Effects of Exercise and Occlusive Stimuli on Muscular Function in Low-Intensity Resistance Exercise with Moderate Vascular Occlusion. **Japanese Journal of Physiology**, v. 54, n. 6, p. 585–592, 2004.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 6, p. 643–663, 2006.

VECHIN, F. C. *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. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n.4, p. 1071–1076, 2015.

WEATHERHOLT, A. *et al.* Modified Kaatsu training: Adaptations and subject perceptions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 5, p. 952–961, 2013.

WESTCOTT, W. L. Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. **Current Sports Medicine Reports**, v. 11, n. 4, p. 209–216, 2012.

YAMANAKA, T. *et al.* Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2523–2529, 2012.

YASUDA, T. *et al.* Effects of short-term detraining following blood flow restricted low-intensity training on muscle size and strength. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 1, p. 71–75, 2015.

ANEXO A - Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados (primeira busca)

Quadro 1. Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados

Base de dados	Descritores	Equação de busca	Artigos	Data	Hora
Pubmed (Medline)	<p>#8: (((("blood flow restrict*") OR ("restricted venous blood flow")) OR ("vascular occlusion")) OR ("partial occlusion")) OR ("kaatsu")) OR ("kaatsu train*") "blood flow restrict*[All Fields] OR "restricted venous blood flow"[All Fields] OR "vascular occlusion"[All Fields] OR "partial occlusion"[All Fields] OR "kaatsu"[All Fields] OR "kaatsu train*"[All Fields]</p> <p>(9.893 artigos)</p> <p>#2: (((((((("strength") OR ("hypertrophy")) OR ("muscle tissue")) OR ("muscle mass")) OR ("muscle size")) OR ("muscular adaptation")) OR ("hypertrophic response")) OR ("muscle force")) OR ("muscle growth")) "strength"[All Fields] OR "hypertrophy"[All Fields] OR "muscle tissue"[All Fields] OR "muscle mass"[All Fields] OR "muscle size"[All Fields] OR "muscular adaptation"[All Fields] OR "hypertrophic response"[All Fields] OR "muscle force"[All Fields] OR "muscle growth"[All Fields]</p> <p>(465.524 artigos)</p>	<p>#12: #8 AND #2 ((((((("blood flow restrict*[All Fields]) OR ("blood flow restrict*[All Fields] OR "restricted venous blood flow"[All Fields] OR "vascular occlusion"[All Fields] OR "partial occlusion"[All Fields] OR "kaatsu"[All Fields] OR "kaatsu train*"[All Fields]) AND ("strength"[All Fields] OR "hypertrophy"[All Fields] OR "muscle tissue"[All Fields] OR "muscle mass"[All Fields] OR "muscle size"[All Fields] OR "muscular adaptation"[All Fields] OR "hypertrophic response"[All Fields] OR "muscle force"[All Fields] OR "muscle growth"[All Fields])</p>	551	14/07/2020	13:27h
Web of	#2: TÓPICO: (KAATSU) OR TÓPICO: ("blood flow	#2 AND #3	672	01/07/2020	00:02h

Science	<p>restrict*") OR TÓPICO: ("vascular occlusion") OR TÓPICO: ("restrict* venous blood flow") OR TÓPICO: ("ischemia training")</p> <p>(4.769 articles)</p> <p>#3: TÓPICO: ("muscle strength") OR TÓPICO: ("muscle mass") OR TÓPICO: ("muscle size") OR TÓPICO: (strength) OR TÓPICO: (hypertrophy) OR TÓPICO: ("muscular architecture")</p> <p>(1.283.952 artigos)</p>				
Scopus	<p>"blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR "vascular occlusion" OR "restricted venous blood flow" OR "KAATSU" OR "Kaatsu training" OR "blood flow occlusion" AND strength OR hypertrophy OR "muscle size" OR "muscle mass" OR "muscle tissue" OR "muscular adaptation" OR "hypertrophic response" OR "muscle force"</p>	<p>(TITLE-ABS-KEY ("blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR "vascular occlusion" OR "restricted venous blood flow" OR "KAATSU" OR "Kaatsu training" OR "blood flow occlusion") AND TITLE-ABS-KEY (strength OR hypertrophy OR "muscle size" OR "muscle mass" OR "muscle tissue" OR "muscular adaptation" OR "hypertrophic response" OR "muscle force"))</p>	652	13/07/2020	21:30h
Science Direct	<p>("blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR "vascular occlusion" OR "restricted venous blood flow" OR Kaatsu) AND (strength OR hypertrophy OR "muscle size" OR "muscle mass")</p>	<p>("blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR "vascular occlusion" OR "restricted venous blood flow" OR Kaatsu) AND (strength OR hypertrophy OR "muscle size" OR "muscle mass")</p>	45	13/07/2020	22:48h
SportDiscu	<p>"blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR</p>	<p>("blood flow restriction" OR "blood flow</p>	217	14/07/2020	01:04h

s	"restricted venous blood flow" OR "partial occlusion" OR kaatsu OR "vascular occlusion" AND strength OR hypertrophy OR "muscle tissue" OR "muscle mass" OR "muscle size" OR "muscular adaptation" OR "hypertrophic response" OR "muscle force" OR "muscle growth"	restricted" OR "restricted venous blood flow" OR "partial occlusion" OR kaatsu OR "vascular occlusion") AND (strength OR hypertrophy OR "muscle tissue" OR "muscle mass" OR "muscle size" OR "muscular adaptation" OR "hypertrophic response" OR "muscle force" OR "muscle growth")			
---	---	---	--	--	--

Fonte: O autor, 2022

ANEXO B - Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados (segunda busca)

Quadro 2- Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados

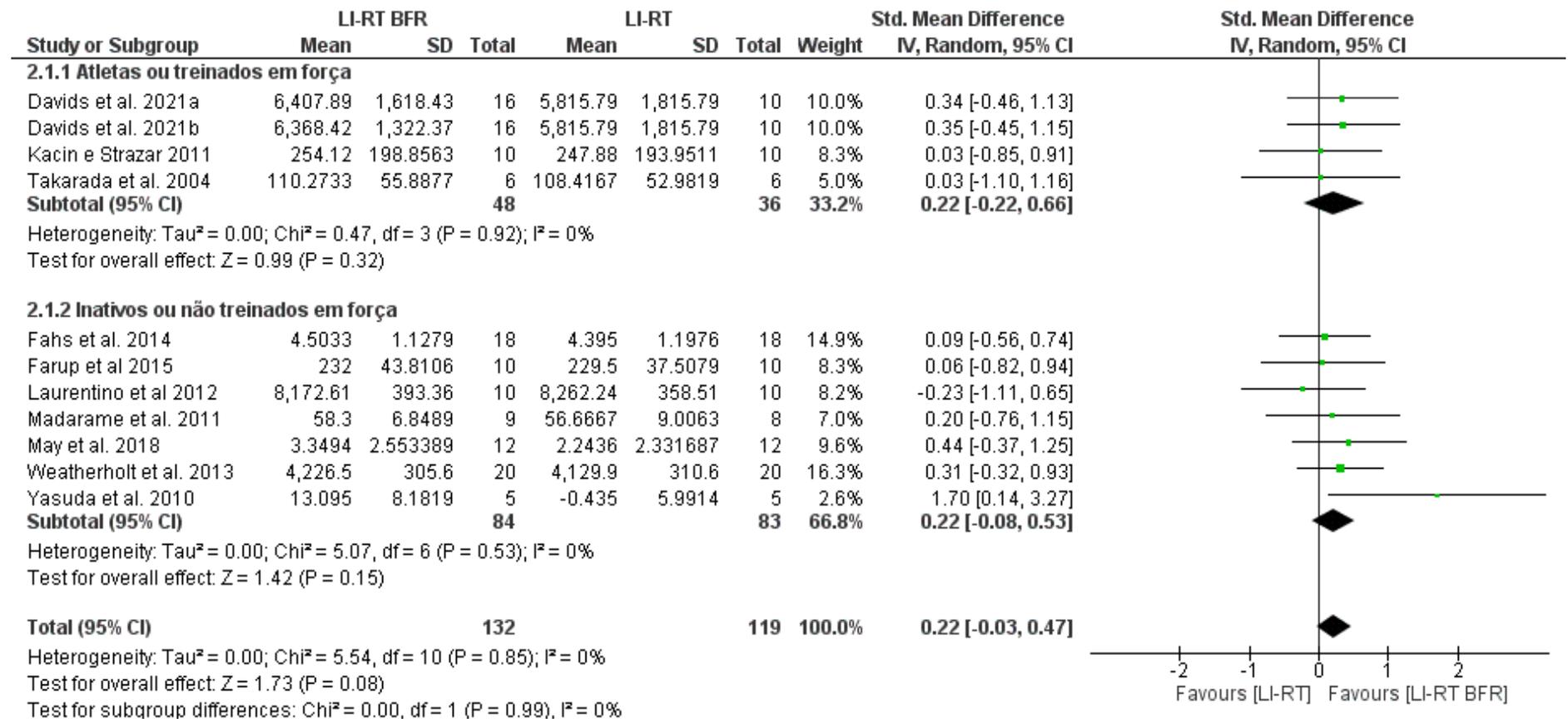
Base de dados	Equação de busca	Período de procura	Artigos	Data	Hora
Pubmed (Medline)	(((((("blood flow restrict*[All Fields]) OR ("blood flow restrict*[All Fields] OR "restricted venous blood flow"[All Fields] OR "vascular occlusion"[All Fields] OR "partial occlusion"[All Fields] OR "kaatsu"[All Fields] OR "kaatsu train*[All Fields]) AND ("strength"[All Fields] OR "hypertrophy"[All Fields] OR "muscle tissue"[All Fields] OR "muscle mass"[All Fields] OR "muscle size"[All Fields] OR "muscular adaptation"[All Fields] OR "hypertrophic response"[All Fields] OR "muscle force"[All Fields] OR "muscle growth"[All Fields])	14/07/2020 a 07/11/2021	19	07/11/2021	11:12h
Web of Science	#1: TÓPICO: (KAATSU) OR TÓPICO: ("blood flow restrict*") OR TÓPICO: ("vascular occlusion") OR TÓPICO: ("restrict* venous blood flow") OR TÓPICO: ("ischemia training") #2: TÓPICO: ("muscle strength") OR TÓPICO: ("muscle mass") OR TÓPICO: ("muscle size") OR TÓPICO: (strength) OR TÓPICO: (hypertrophy) OR TÓPICO: ("muscular architecture") #1 AND #2	14/07/2020 a 07/11/2021	128	08/11/2021	22:11h
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR "vascular occlusion" OR "restricted venous blood flow" OR "KAATSU" OR "Kaatsu training" OR "blood flow occlusion") AND TITLE-ABS-KEY (strength OR hypertrophy OR "muscle size" OR "muscle mass" OR "muscle tissue" OR "muscular adaptation" OR "hypertrophic response" OR "muscle force"))	Anos 2020 e 2021	147	08/11/2021	22:27h
Science Direct	("blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR "vascular occlusion" OR "restricted venous blood flow" OR Kaatsu) AND (strength OR	Anos 2020 e 2021	19	08/11/2021	22:51h

	hypertrophy OR "muscle size" OR "muscle mass")				
SportDiscu s	("blood flow restriction" OR "blood flow restricted" OR "restricted venous blood flow" OR "partial occlusion" OR kaatsu OR "vascular occlusion") AND (strength OR hypertrophy OR "muscle tissue" OR "muscle mass" OR "muscle size" OR "muscular adaptation" OR "hypertrophic response" OR "muscle force" OR "muscle growth")	14/07/2020 a 07/11/2021	25	08/11/2021	22:43h

Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE A - Forest plot ECR-RFS vs ECR baixa intensidade para hipertrofia de acordo com nível de treinamento

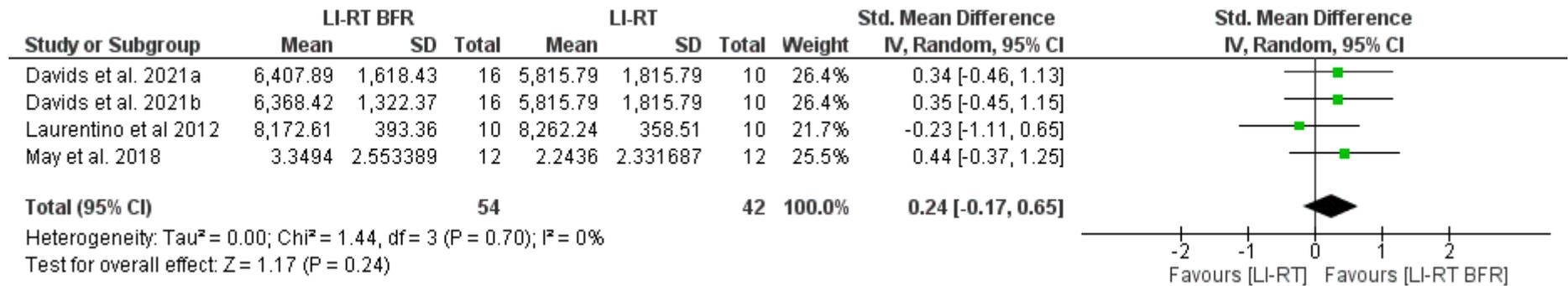
Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular na comparação com o treinamento com exercício contrarresistência de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com o nível de treinamento.



Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE B - Forest plot ECR-RFS vs ECR baixa intensidade para hipertrofia de acordo com carga submáxima de pressão do manguido

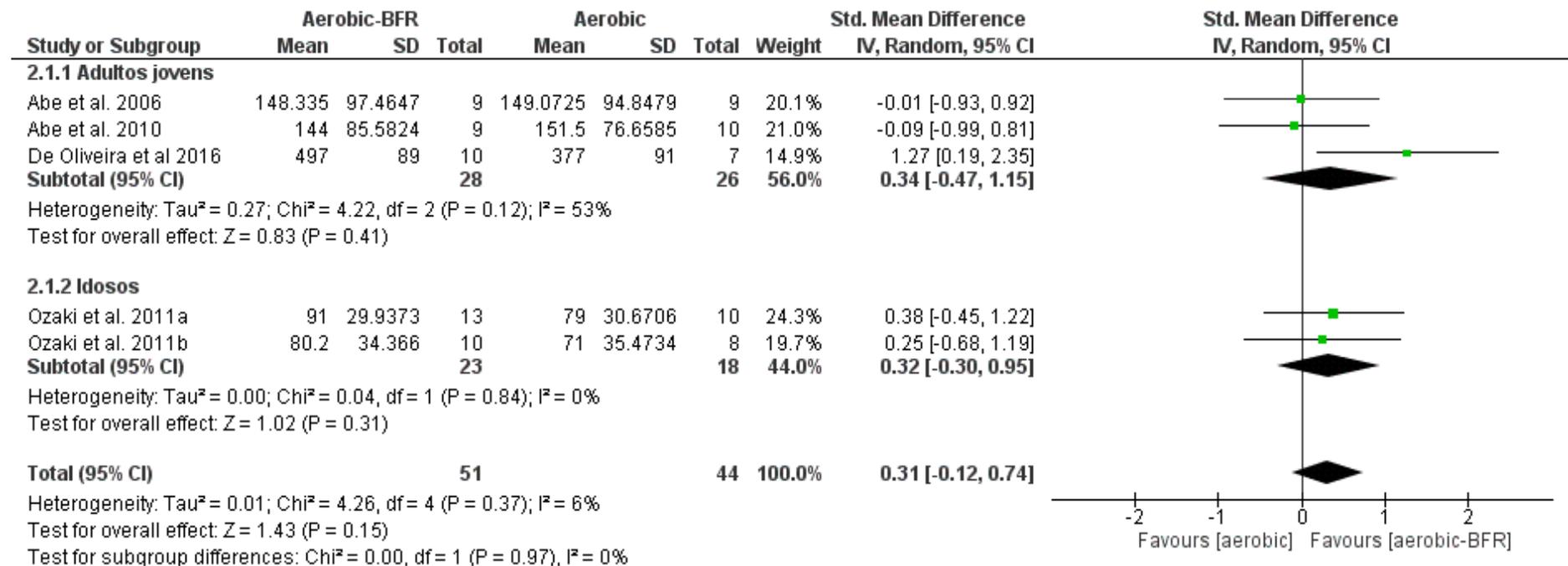
Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular na comparação com o treinamento com exercício contrarresistência de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e com pressão submáxima do manguito (abaixo do ponto de oclusão do fluxo sanguíneo arterial).



Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE C - Forest plot exercício aeróbico com vs sem RFS para força de acordo com faixa etária

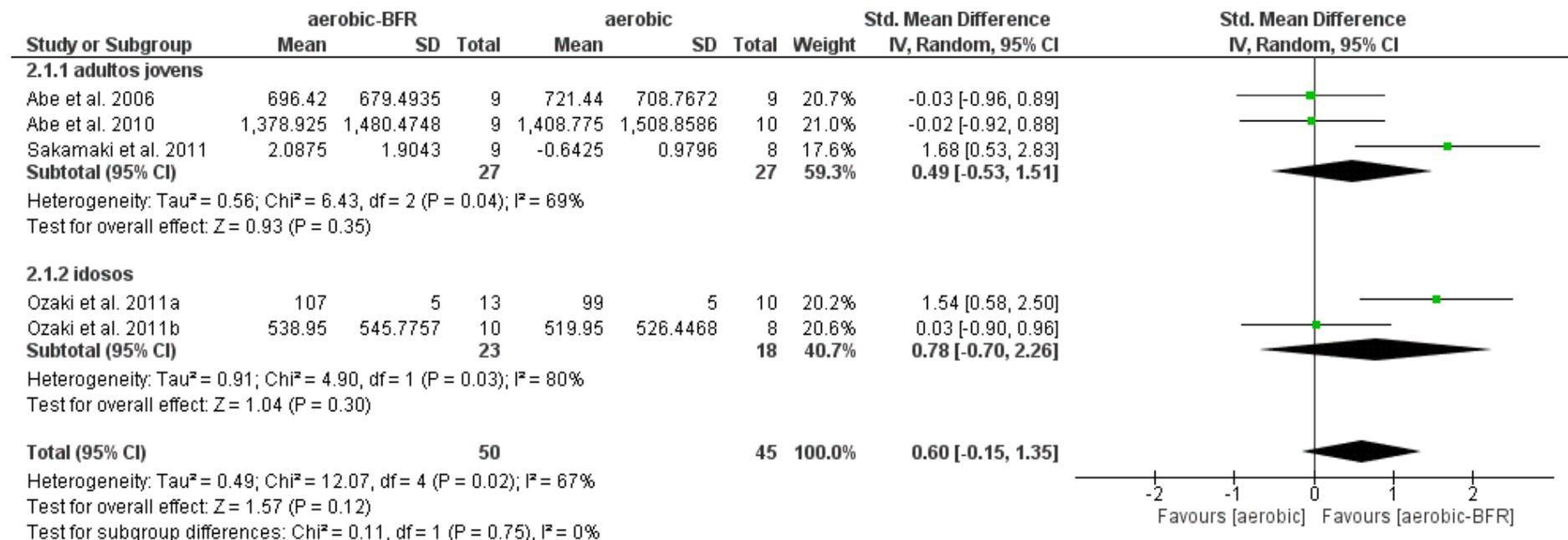
Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a força muscular na comparação com o treinamento aeróbico em baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao treinamento aeróbico de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, considerando a faixa etária dos participantes.



Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE D - Forest plot exercício aeróbico com vs sem RFS para hipertrofia de acordo com faixa etária

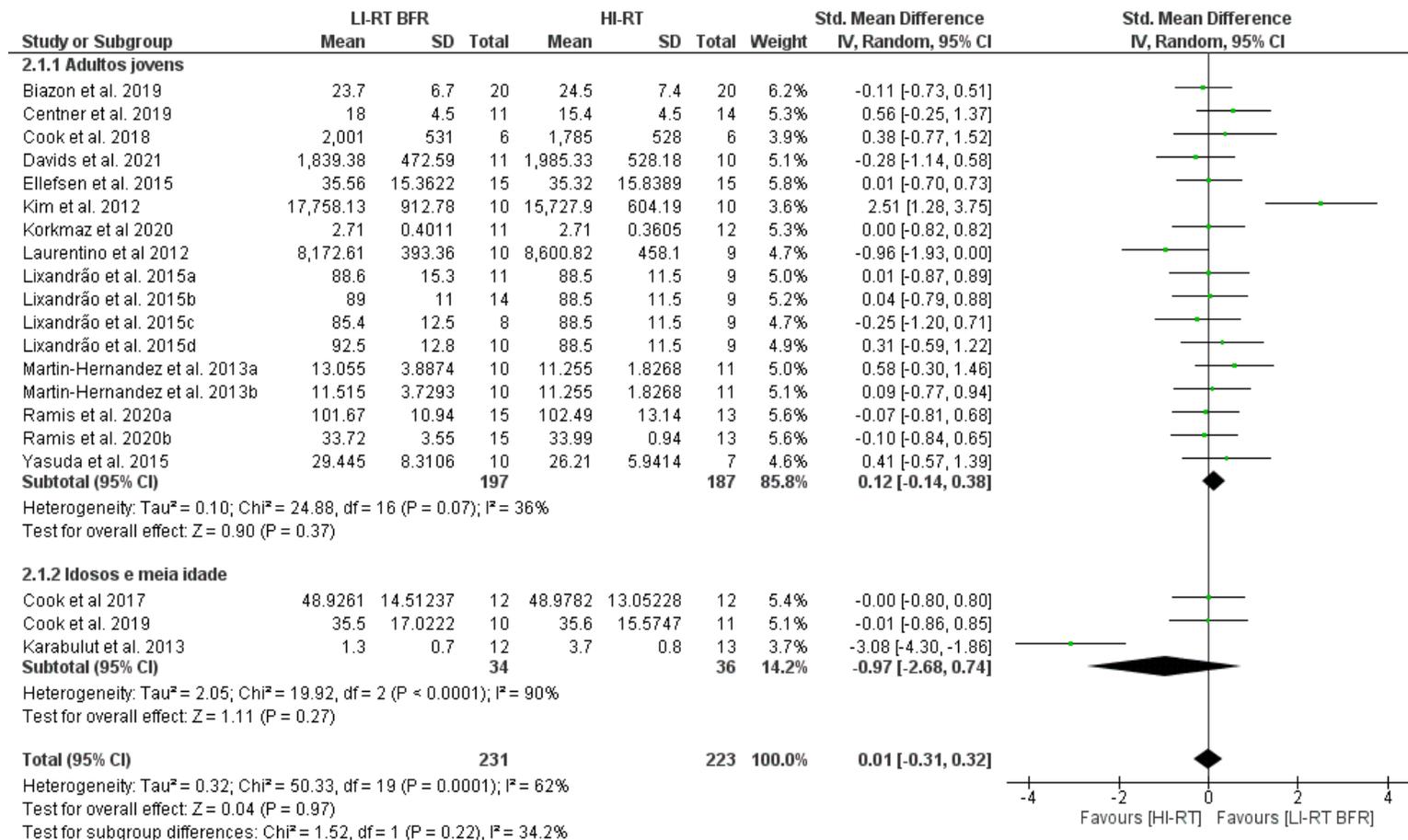
Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular na comparação com o treinamento aeróbico em baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo em comparação ao treinamento aeróbico de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, considerando a faixa etária dos participantes



Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE E - Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com faixa etária

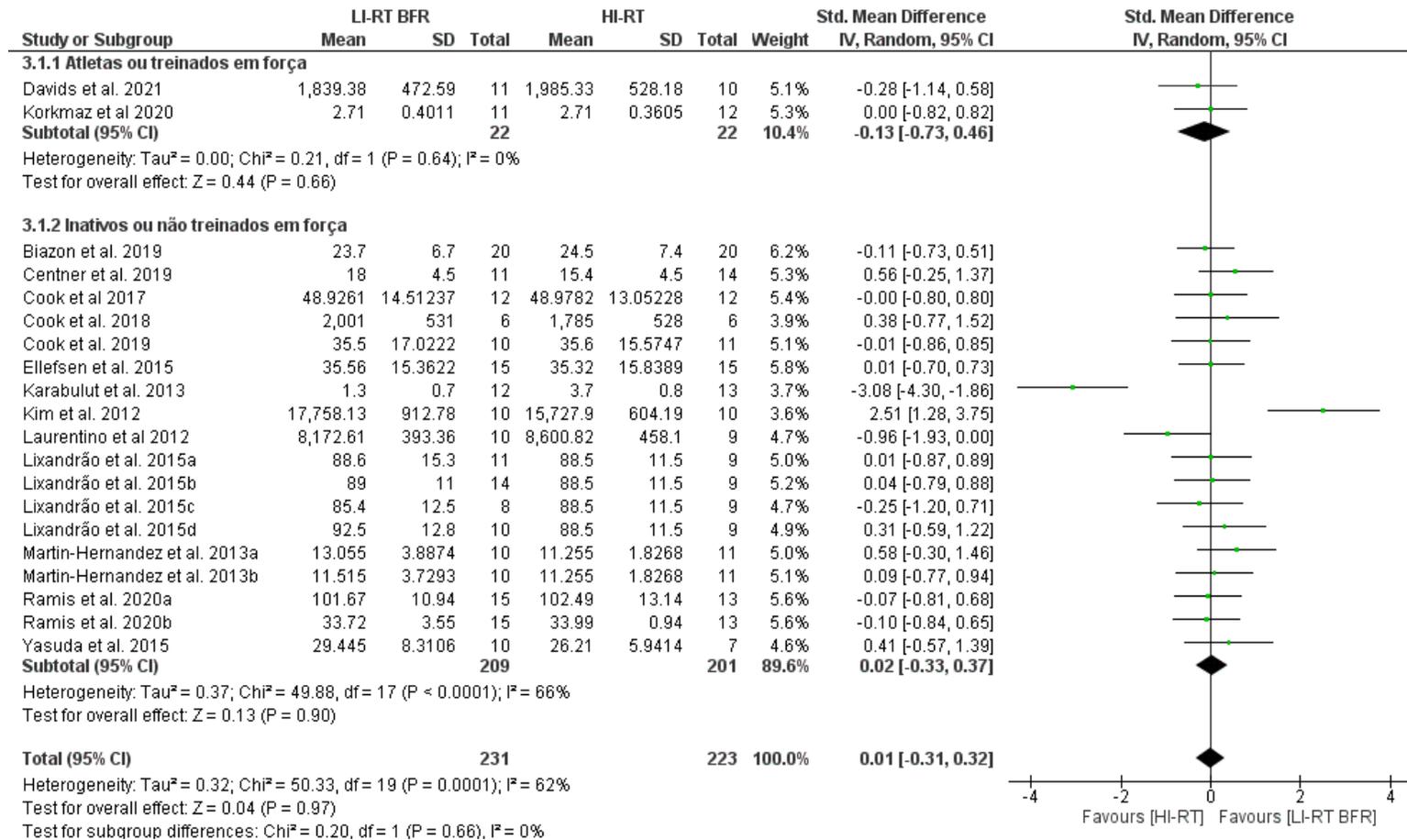
Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular na comparação com o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade em comparação ao exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com a faixa etária.



Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE F - Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com nível de treinamento

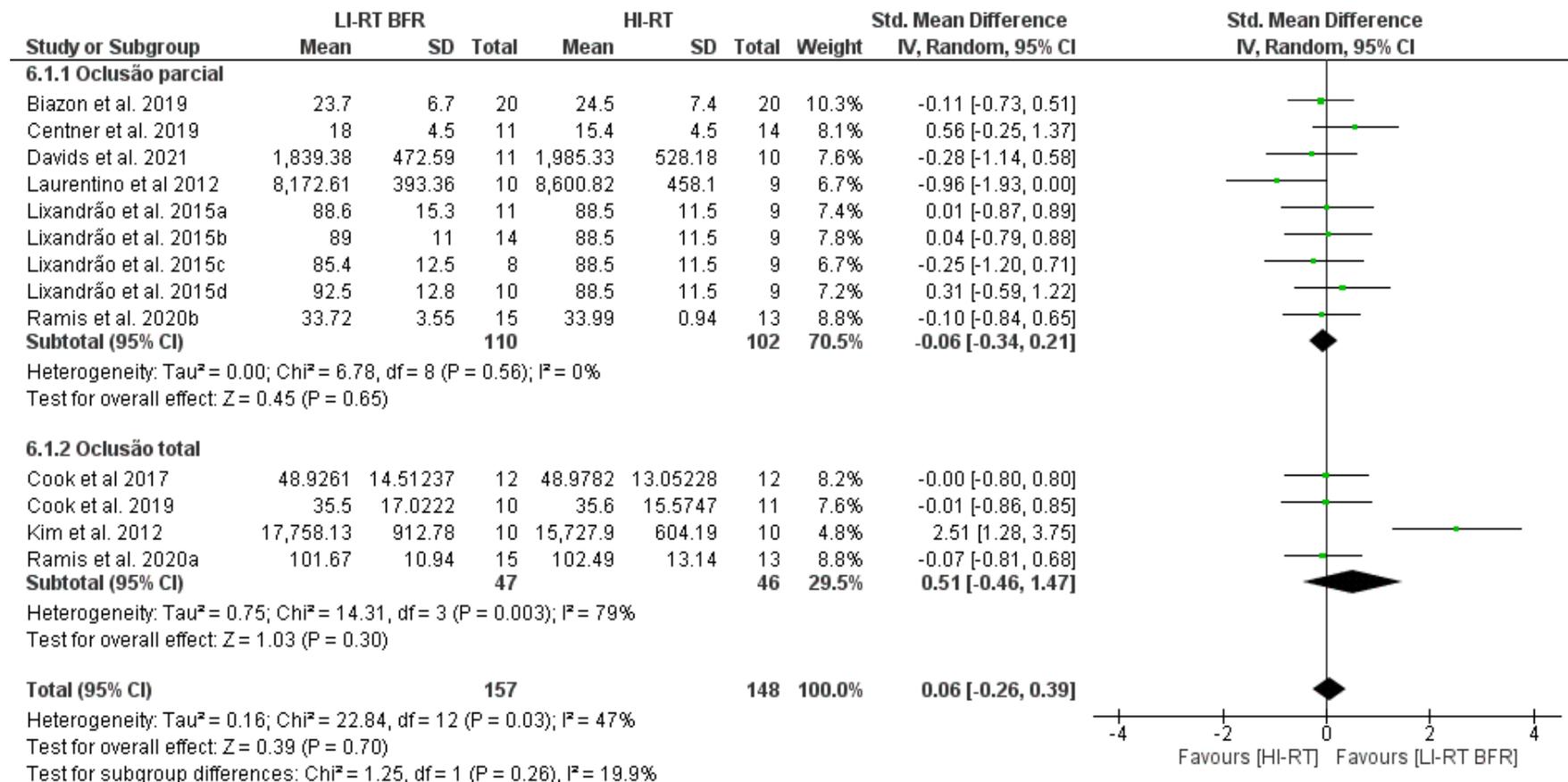
Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular na comparação com o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade em comparação ao exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com o nível de treinamento.



Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE G - Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com carga de pressão do manguito

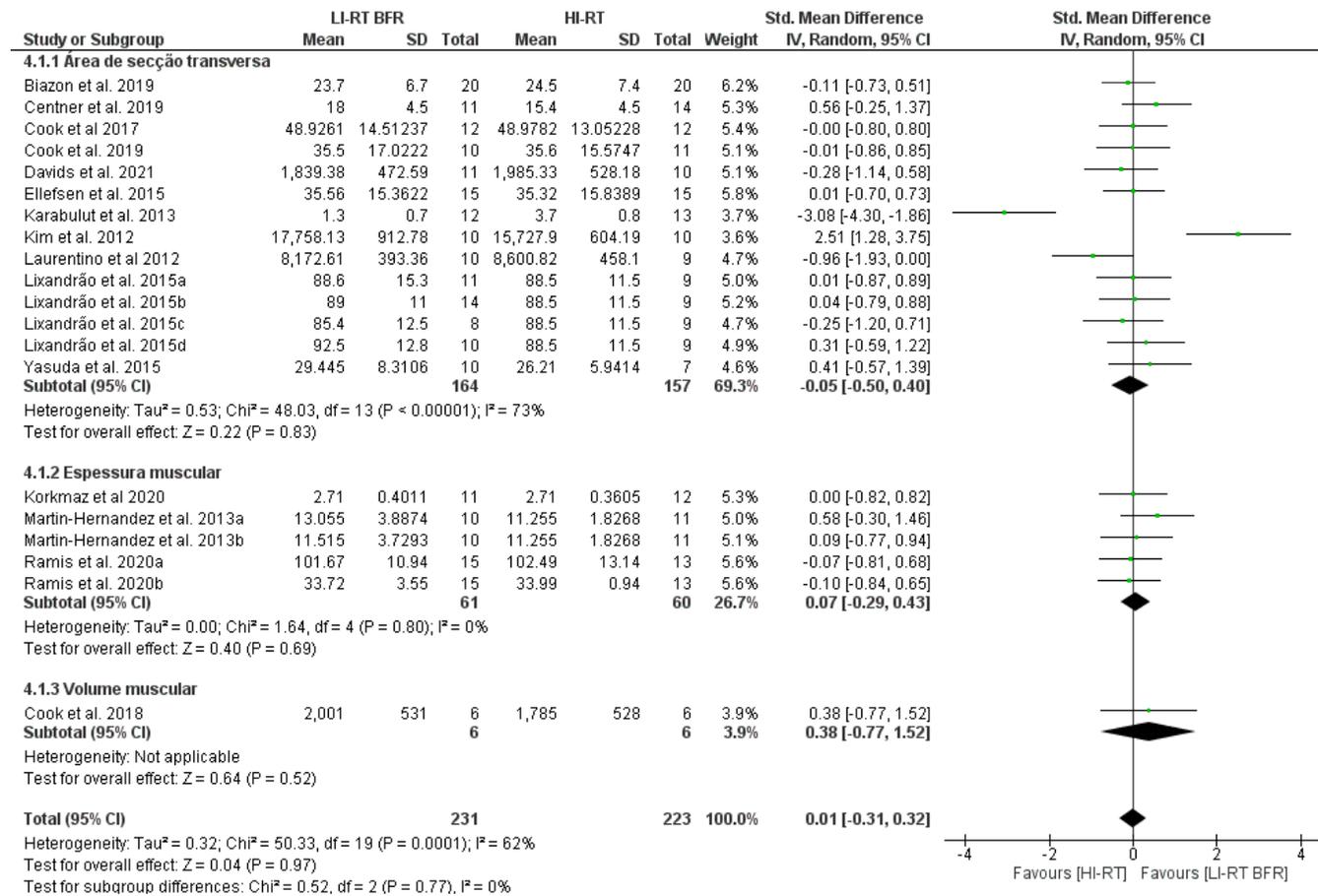
Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular na comparação com o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade em comparação ao exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo a pressão exercida pelo manguito.



Fonte: O autor, 2022

APÊNDICE H - Forest plot ECR-RFS vs ECR alta intensidade para hipertrofia de acordo com o tipo de medida

Figura. Forest Plot demonstrando a diferença média padronizada para a hipertrofia muscular na comparação com o treinamento com exercício contrarresistência de alta intensidade em comparação ao exercício contrarresistência de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, de acordo com o tipo de medida.



Fonte: O autor, 2022