

Respostas hemodinâmicas agudas durante exercícios resistidos associados à restrição do fluxo sanguíneo: uma revisão sistemática

Acute hemodynamic responses during resistance exercises associated with blood flow restriction: a systematic review

Respuestas hemodinámicas agudas durante los ejercicios de resistencia asociados con la restricción del flujo sanguíneo: una revisión sistemática

Recebido: 23/05/2022 | Revisado: 12/06/2022 | Aceito: 14/06/2022 | Publicado: 15/06/2022

João Victor Souza Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8196-9179>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: joaovictorsouzagomes@gmail.com

Maria Tereza de Oliveira Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2038-6663>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: mterezaoliveiraalmeida@gmail.com

Fernanda Kelly de Melo Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1503-0459>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: melo.fernandakelly@hotmail.com

Luana Rocha Paulo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2486-7958>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: luana.paulo@uemg.br

Bárbara Marques de Castro Lara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5054-3551>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: luana.paulo@uemg.br

Helton Oliveira Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5720-8054>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: helton.campos@uemg.br

Resumo

O exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo tem se mostrado eficaz para hipertrofia e ganho de força muscular. Analisar as respostas hemodinâmicas agudas após exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo. MÉTODOS: Para isso, foi realizada uma revisão sistemática de acordo com as diretrizes PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*). As bases de dados utilizadas para a busca na literatura foram PubMed e Web of Science, utilizando os seguintes descritores: *blood flow restriction AND hemodynamic responses OR hemodynamic monitoring OR blood pressure OR cardiac output OR heart rate OR vascular resistance*. Estudos que analisaram as respostas hemodinâmicas agudas após uma sessão de exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo foram incluídos nesta revisão sistemática. Onze estudos que avaliaram variáveis hemodinâmicas foram incluídos. A análise sistemática dos resultados indica que o exercício físico resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo resulta em aumento imediato dos níveis pressóricos e da frequência cardíaca. Nos estudos analisados, dez desenhos experimentais avaliaram a pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM). Destes, sete, oito e nove delineamentos experimentais apresentaram aumentos significativos nessas variáveis, respectivamente. Com base na escala PEDro, cinco estudos foram classificados como artigos com baixo risco de viés, enquanto os outros seis foram classificados como médio risco de viés. Com base nos resultados encontrados, conclui-se que o exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo tende a promover aumentos significativos nas variáveis hemodinâmicas, como PAS, PAD, PAM e FC.

Palavras-chave: Exercício resistido; Monitorização hemodinâmica; Monitorização ambulatorial da pressão arterial.

Abstract

Resistance exercise associated with blood flow restriction has been shown to be an effective method for hypertrophy and muscle strength gain. Analyse the acute hemodynamic responses after resistance exercise associated with the blood flow restriction method. For this, a systematic review was conducted according to the PRISMA guidelines (*Preferred*

Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis). The databases used for the literature search were PubMed and Web of Science, using the following descriptors: blood flow restriction AND hemodynamic responses OR hemodynamic monitoring OR blood pressure OR cardiac output OR heart rate OR vascular resistance. Studies that analysed acute hemodynamic responses after a resistance exercise session associated with blood flow restriction were included in this systematic review. Eleven studies that evaluated hemodynamic variables were included. The systematic analysis of the results indicates that resistance physical exercise associated with blood flow restriction results in an immediate increase in blood pressure levels and heart rate (HR). In the analysed studies, ten experimental designs assessed systolic (SBP), diastolic (DBP) and mean blood pressure (MBP). Of these, seven, eight and nine experimental designs showed significant increases in these variables, respectively. Based on the PEDro scale, five studies were classified as articles with low risk of bias, while the other six were classified as medium risk of bias. Based on the results found, it is concluded that resistance exercise associated with blood flow restriction tends to promote significant increases in hemodynamic variables, such as SBP, DBP, MAP and HR.

Keywords: Resistance exercise; Hemodynamic monitoring; Blood pressure monitoring ambulatory.

Resumen

Se ha demostrado que el ejercicio de fuerza asociado con la restricción del flujo sanguíneo es un método eficaz para la hipertrofia y la ganancia de fuerza muscular. Analizar las respuestas hemodinámicas agudas después del ejercicio de resistencia asociado al método de restricción del flujo sanguíneo. MÉTODOS: Para ello se realizó una revisión sistemática de acuerdo a las guías PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis). Las bases de datos utilizadas para la búsqueda bibliográfica fueron PubMed y Web of Science, utilizando los siguientes descriptores: restricción del flujo sanguíneo Y respuestas hemodinámicas O monitoreo hemodinámico O presión arterial O gasto cardíaco O frecuencia cardíaca O resistencia vascular. En esta revisión sistemática se incluyeron los estudios que analizaron las respuestas hemodinámicas agudas después de una sesión de ejercicios de resistencia asociada con la restricción del flujo sanguíneo. Se incluyeron once estudios que evaluaron variables hemodinámicas. El análisis sistemático de los resultados indica que el ejercicio físico de resistencia asociado a la restricción del flujo sanguíneo produce un aumento inmediato de los niveles de presión arterial y de la frecuencia cardíaca (FC). En los estudios analizados, diez diseños experimentales evaluaron la presión arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) y media (PAM). De estos, siete, ocho y nueve diseños experimentales mostraron aumentos significativos en estas variables, respectivamente. Con base en la escala PEDro, cinco estudios fueron clasificados como artículos con bajo riesgo de sesgo, mientras que los otros seis fueron clasificados como de medio riesgo de sesgo. Con base en los resultados encontrados, se concluye que el ejercicio de resistencia asociado a la restricción del flujo sanguíneo tiende a promover aumentos significativos en las variables hemodinámicas, como PAS, PAD, PAM y FC.

Palabras clave: Ejercicio de resistencia; Monitorización hemodinámica; Monitorización ambulatoria de la presión arterial.

1. Introdução

Sabe-se que o exercício físico é uma ferramenta que visa à promoção de saúde, prevenção de patologias e também a reabilitação de um indivíduo (Bjarnason-Wehrens et al., 2004). Dentre os tipos de exercício físico, o exercício resistido caracteriza-se pelo uso de equipamentos ou da própria massa corporal para aplicar sobrecarga externa ao movimento. Esta modalidade de exercício quando prescrita e realizada de forma adequada e supervisionada, necessita de uma sobrecarga mínima de 65% de uma repetição máxima (1RM) para atingir benefícios como ganho de força muscular, hipertrofia muscular, melhora da capacidade física e do bem estar (Terjung et al., 2000; ACSM 2009).

O exercício resistido promove o recrutamento de fibras musculares do tipo II, que utilizam como fonte energética principal a via glicolítica (Schranner et al., 2020). Durante a contração muscular, ocorre uma compressão mecânica sobre a musculatura e conseqüentemente nos vasos periféricos, gerando uma hipóxia fisiológica, com isso há um recrutamento maior desse tipo de fibra muscular. Esse mecanismo de restrição resulta em redução da perfusão sanguínea muscular e elevação da resistência periférica total (RPT). De forma compensatória, o sistema nervoso simpático aumenta sua atividade juntamente com o débito cardíaco (DC) e a pressão arterial média (PAM). Logo, a resposta hemodinâmica de elevação dos níveis pressóricos é observada no indivíduo, fazendo-se necessário o acompanhamento destas variáveis durante o exercício físico (Fecchio et al., 2021).

Sabendo que o treinamento resistido necessita de uma sobrecarga muscular de alta intensidade durante a atividade e que o recrutamento de fibras musculares do tipo II ocorre devido a um quadro de hipóxia, o método de restrição do fluxo sanguíneo surge como alternativa para diversas populações como idosos, paciente com lesões osteomioarticulares ou doenças crônicas que poderiam se beneficiar com exercícios resistidos de baixa intensidade (Sato et al., 2005). Este método se baseia na restrição parcial ou total do fluxo sanguíneo do membro durante a execução do exercício resistido de baixa intensidade (20 - 30% 1RM), induzindo uma resposta de hipóxia não fisiológica através do uso de correias adaptadas e manguitos pressurizados. Em longo prazo, o mecanismo de hipóxia induzida pela técnica irá promover alterações nas respostas fisiológicas musculares, além de apresentar benefícios semelhantes quanto ao ganho de força, hipertrofia muscular, ativação e transição de fibras musculares e aumento na produção do hormônio do crescimento que ocorre em um treinamento resistido de alta intensidade (> 60 % 1RM) (Centner et al., 2009; Leonneke et al., 2010).

Diante disso, o exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo tem se mostrado um método eficaz e alternativo para indivíduos que preferem realizar exercícios físico de baixa intensidade com resultados semelhantes ao exercício resistido de alta intensidade (Kilgas et al., 2019). Desta forma, o objetivo desta revisão sistemática foi analisar as respostas hemodinâmicas agudas ao exercício físico resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo.

2. Metodologia

Estratégia de pesquisa

O estudo consiste em uma revisão sistemática da literatura, que utilizou como protocolo a recomendação PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) (Page et al., 2021). A pesquisa bibliográfica eletrônica foi realizada usando as seguintes bases de dados PubMed e Web of Science. A estratégia de pesquisa baseou-se na combinação dos seguintes descritores retirados das plataformas DeCS (Descritores em Ciência da Saúde) e MeSH (Medical Subject Headings): *blood flow restriction AND hemodynamic responses OR hemodynamic monitoring OR blood pressure OR cardiac output OR heart rate OR vascular resistance*.

Critério de elegibilidade

Foram incluídos nesta revisão sistemática estudos que avaliaram as respostas hemodinâmicas agudas após uma única sessão de exercício físico resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo. As amostras incluíam apenas adultos saudáveis, sem patologias associadas. Não houve restrição quanto ao idioma, data de publicação e a pesquisa bibliográfica foi realizada em julho de 2020. Foram excluídas revisões de literatura, estudos de caso, experimentos com animais e protocolos de treinamento físico.

Seleção dos estudos

Um pesquisador, definido antes do início da revisão sistemática, conduziu o processo de pesquisa bibliográfica. Os resultados desta pesquisa foram incluídos no Endnote X7 (Thompson Reuters, Filadélfia, Pensilvânia, EUA), um software que auxilia no gerenciamento das referências bibliografias, onde foi realizada a exclusão das duplicatas. Três pesquisadores, realizaram o processo de seleção de forma independente seguindo as seguintes etapas: leitura de títulos, leitura dos resumos e leitura dos artigos na íntegra. Avaliações discrepantes foram solucionadas por meio de discussão entre todos os pesquisadores.

Síntese dos dados

Primeiramente, foi realizada uma síntese descritiva. Para resumir as características dos estudos incluídos, foram extraídos os seguintes dados: grupos de intervenção, quantidade e características da amostra (ou seja, número amostral, idade

média e sexo dos participantes), protocolo de exercício, protocolo de restrição do fluxo sanguíneo, variáveis analisadas e resultados. Os resultados foram extraídos e categorizados com base nas variáveis de interesse. Os desfechos encontrados relacionados às respostas hemodinâmicas nos estudos foram: pressão arterial média (PAM), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), volume sistólico (VS), débito cardíaco (DC), resistência vascular periférica (RVP), resistência vascular total (RPT) e duplo produto (DP).

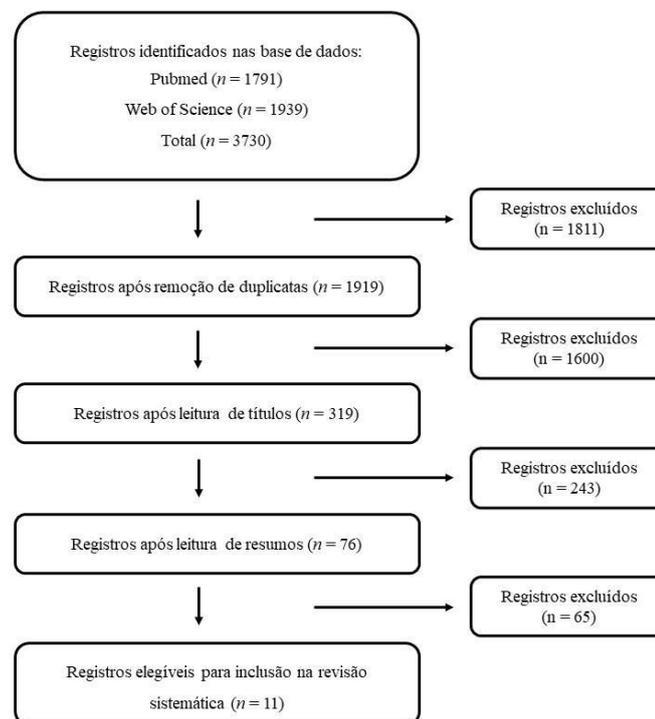
Avaliação do risco de viés

A avaliação do risco de viés dos estudos individuais foi realizada conforme recomendado pela escala PEDro. Esta escala possui 11 itens usados para avaliar a qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão sistemática. Os estudos foram categorizados em alto (pontuação 3/10 ou inferior), moderado (pontuação 4/10 ou 5/10) ou baixo (pontuação 6/10 ou superior) risco de viés (Sanchis-Sánchez et al., 2021).

3. Resultados

Na pesquisa bibliográfica foram encontrados 3.730 estudos, sendo 1791 na PubMed e 1.939 no Web of Science. Destes, 11 estudos preencheram os critérios de elegibilidade e foram incluídos na revisão sistemática. As etapas do processo de seleção de artigos para esta revisão sistemática são mostradas detalhadamente no fluxograma (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma com a seleção dos estudos para a revisão sistemática. Fonte: autores.



Fonte: Autores.

A Tabela 1 apresenta as características dos estudos incluídos. A população total foi de 262 participantes adultos saudáveis, em que todos receberam a intervenção da restrição do fluxo sanguíneo associada ao exercício resistido sendo 221 homens e 41 mulheres. A idade dos participantes variou entre 19 anos a 69 anos.

De forma geral, a restrição do fluxo sanguíneo foi aplicada na parte proximal do membro avaliado de cada um dos participantes. Cinco estudos realizaram a intervenção em membros inferiores (MMII) (Hughes et al., 2018; Illet et al., 2019; May, et al. 2017; Picon et al., 2018; Stauton et al., 2015) e cinco em membros superiores (MMSS) (Brandner et al., 2015; Credeur et al., 2019; Moriggi et al., 2015; Mouser et al., 2019; Neto et al., 2016), sendo que um estudo utilizou MMSS e MMII (Neto et al., 2015). Seis estudos realizaram o protocolo em apenas um membro (Brandner et al., 2015; Credeur et al., 2019; Hughes et al., 2018; Illett et al., 2019; Mouser et al., 2019. Picon et al., 2018), enquanto cinco realizaram bilateralmente (May et al., 2017; Moriggi et al., 2015; Neto et al., 2015; Neto et al., 2016; Stauton et al., 2015). A intensidade dos exercícios resistidos foi controlada pelo percentual da 1 RM, sendo: um estudo utilizou 15% 1 RM (Mouser et al., 2019), seis estudos 20% 1 RM (Brandner et al., 2015; May et al., 2017; Moriggi et al., 2015; Neto et al., 2015; Neto et al., 2016; Stauton et al., 2015), dois estudos 30% 1 RM (Hughes et al., 2018; Picon et al., 2018) e um estudo 40% 1RM (Credeur et al., 2019). Um estudo utilizou 20% da contração voluntária máxima (CVM) (Illett et al., 2019). O protocolo de exercício de nove estudos foi realizado utilizando 1 série de 30 repetições seguido por 3 séries de 15 repetições (Brandner et al., 2015; Hughes et al., 2018; Illett et al., 2019; May et al., 2017; Mouser et al., 2019; Neto et al., 2015; Neto et al., 2016; Picon et al., 2018 Stauton et al., 2015) e um estudo realizou 3 séries de 15 repetições (Moriggi et al., 2015). Relacionado ao protocolo de pressão exercida pelo instrumento para a restrição do fluxo sanguíneo parcial, sete foram baseados na pressão de oclusão arterial (Hughes et al., 2018; Illett et al., 2019; Moriggi et al., 2015; Mouser et al., 2019; Neto et al., 2015. Picon et al., 2018; Stauton et al., 2015) utilizando pressões de 30% (Picon et al., 2018), 40% (Illett et al., 2019; Mouser et al., 2019), 50% (Moriggi et al., 2015), 60% (Illett et al., 2019; Stauton et al., 2015) e 80% (Hughes et al., 2018; Illett et al., 2019; Mouser et al., 2019; Neto et al., 2015). Três estudos foram baseados na pressão arterial, sendo que dois utilizaram 130% de PAS (Brandner et al., 2015; Neto et al., 2016) e o outro 80% de PAS (May et al., 2017). Nos estudos analisados, dez desenhos experimentais avaliaram a PAS, a PAD e a PAM. Destes, sete, oito e nove desenhos experimentais demonstraram aumentos significativos destas variáveis, respectivamente.

A avaliação da qualidade metodológica dos 11 estudos incluídos foi realizada de acordo com a Escala PEDro. Cinco deles foram definidos como artigos com baixo risco de viés (PEDro \geq 6) (Illett et al., 2019; May et al., 2017; Neto et al., 2015; Neto et al., 2016; Statuton et al., 2015). Os outros seis foram classificados como médio risco de viés (PEDro = 4 ou 5) (Brandner et al., 2015; Credeur et al., 2019; Hughes et al., 2018; Moriggi et al., 2015; Mouser et al., 2019; Picon et al., 2018) (Tabela 2).

Tabela 1. Síntese dos resultados dos estudos que avaliaram o efeito agudo do exercício resistido com oclusão vascular sobre as respostas hemodinâmicas.

Referência	n (♂/♀)	Idade (anos)	Instrumento de Oclusão	Protocolo de Oclusão	Protocolo de exercício	Variáveis	Resultados
Brandner et al., 2014 (1)	12 (12/0)	23 ± 3	Sistema de torniquete automático	Restrição de fluxo sanguíneo contínuo. Pressão arterial de occlusão: 80% da PAS repouso (91 ± 2 mmHg)	Flexão/extensão de cotovelo unilateral. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições. 20% 1-RM. Repouso: 30s.	RPT (% baseline)	Pré: 100 Pós: 117 ± 1
						FC (bpm)	Pré: 80 ± 12 Pós: 106 ± 14*
						PAS (mmHg)	Pré: 112 ± 11 Pós: 155 ± 22*
						PAD (mmHg)	Pré: 74 ± 11 Pós: 106 ± 17*
						PAM (mmHg)	Pré: 88 ± 9 Pós: 127 ± 19*
						DC (l/min)	Pré: 4.6 ± 1.0 Pós: 6.2 ± 1.1*
						VS (ml)	Pré: 57.7 ± 11.7 Pós: 58.6 ± 10.6
Brandner et al., 2014 (2)	12 (12/0)	23 ± 3	Sistema de torniquete automático	Restrição de fluxo sanguíneo intermitente. Pressão arterial de oclusão: 130% da PAS repouso (151 ± 4 mmHg)	Flexão/extensão de cotovelo unilateral a 20% 1 RM. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições. Repouso: 30s.	RPT (% baseline)	Pré: 100 Pós: 124 ± 4*
						FC (bpm)	Pré: 81 ± 14 Pós: 115 ± 20*
						PAS (mmHg)	Pré: 115 ± 7 Pós: 167 ± 19*
						PAD (mmHg)	Pré: 73 ± 15 Pós: 114 ± 18*
						PAM (mmHg)	Pré: 88 ± 12 Pós: 139 ± 19*
						DC (l/min)	Pré: 4.8 ± 0.8 Pós: 6.3 ± 1.2*
						VS (ml)	Pré: 59.0 ± 17.4 Pós: 56.0 ± 16.6
Credeur et al., 2019 (1)	15 (15/0)	25 ± 2	Esfigmomanômetro	O manguito foi posicionado ao redor da parte inferior do braço a 80-100 mmHg.	Sessões de 5 minutos de preensão manual unilateral realizada com 40% contração voluntária máxima. Movimento rítmico com 1s de contração e 2s de relaxamento.	FC (bpm)	Pré: 64 ± 2 Pós: 69 ± 3
						PAS (mmHg)	Pré: 113 ± 4 Pós: 121 ± 4*
						PAD (mmHg)	Pré: 79 ± 3

							Pós: 88 ± 3*
						PAM (mmHg)	Pré: 92 ± 3 Pós: 101 ± 3*
Credeur et al., 2019 (2)	15 (15/0)	25 ± 2	Esfigmomanômetro	O manguito foi posicionado ao redor da parte inferior do braço a 80-100 mmHg.	Sessões de 5 minutos de preensão manual unilateral realizada com 60% contração voluntária máxima. Movimento rítmico com 1s de contração e 2s de relaxamento.	FC (bpm)	Pré: 64 ± 2 Pós: 72 ± 3*
						PAS (mmHg)	Pré: 113 ± 4 Pós: 128 ± 3*
						PAD (mmHg)	Pré: 79 ± 3 Pós: 92 ± 3*
						PAM (mmHg)	Pré: 92 ± 3 Pós: 107 ± 3*
Hughes et al., 2018 (1)	18 (18/0)	27 ± 5	Sistema de inflação rápida automática	80% da pressão arterial de oclusão.	Leg press unilateral a 30% 1RM 4 x 75 repetições.	PAM (mmHg)	Pré: 102 ± 9 Pós: 116 ± 10*
Hughes et al., 2018 (2)	18 (18/0)	27 ± 5	Torniquete automático	80% da pressão arterial de oclusão.	Leg press unilateral a 30% 1RM 4 x 75 repetições.	PAM (mmHg)	Pré: 100 ± 9 Pós: 105 ± 9
Hughes et al., 2018 (3)	18 (18/0)	27 ± 5	Esfigmomanômetro	80% da pressão arterial de oclusão.	Leg press unilateral a 30% 1RM 4 x 75 repetições.	PAM (mmHg)	Pré: 104 ± 7 Pós: 116 ± 9*
Illet et al. 2019 (1)	10 (10/0)	25 ± 6	Torniquete automático	40% da pressão arterial de oclusão: 91 ± 2 mmHg	Extensão isométrica unilateral do joelho. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições. Repouso: 30s.	FC (bpm)	Pré: 76 ± 13 Pós: 93 ± 14*
Illet et al. 2019 (2)	10 (10/0)	25 ± 6	Torniquete automático	60% da pressão arterial de oclusão: 136 ± 5 mmHg	Extensão isométrica unilateral do joelho. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições. Repouso: 30s.	FC (bpm)	Pré: 80 ± 9 Pós: 107 ± 13*
Illet et al. 2019 (3)	10 (10/0)	25 ± 6	Torniquete automático	80% da pressão arterial de oclusão: 178 ± 6 mmHg	Extensão isométrica unilateral do joelho. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições. Repouso: 30s.	FC (bpm)	Pré: 84 ± 17 Pós: 106 ± 10*
May et al., 2017	14 (14/0)	22 ± 1	Torniquete automático	80% da pressão arterial sistólica em repouso.	Leg press a 20% de 1 RM. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições	PAS (mmHg)	Pré: 127 ± 2 Pós: 152 ± 3*
						PAD (mmHg)	Pré: 68 ± 2 Pós: 85 ± 2*
						PAM (mmHg)	Pré: 87 ± 1 Pós: 107 ± 2*
						FC (bpm)	Pré: 71 ± 4 Pós: 116 ± 4*

						VS (ml)	Pré: 120 ± 8 Pós: 102 ± 5*
Moriggi et al., 2015	8 (8/0)	23,8 ± 4	Esfigmomanômetro	50% da pressão arterial de oclusão: 61,0 ± 5,0 mmHg.	Bíceps com halter, supino fechado, bíceps scott e extensão do tríceps a 20% 1RM. 3 x 15 repetições. Repouso: 1min.	PAS (mmHg)	Pré: 121,0 ± 7,8 Pós: 133,2 ± 8,3*
						PAD (mmHg)	Pré: 76,5 ± 5,8 Pós: 91,2 ± 16,5
Mouser et al., 2019 (1)	79 (38/41)	22,1 ± 3,2	Equipamento de insuflação rápida	40% da pressão arterial de oclusão.	Bíceps rosca unilateral a 15% 1RM. 4 x 90 repetições ou até a fadiga. Repouso: 30s.	PAS (mmHg)	Pré: 121 ± 13 Pós: 134 ± 18
						PAD (mmHg)	Pré: 82 ± 8 Pós: 91 ± 11*
Mouser et al., 2019 (2)	20 (-/-)	22,1 ± 3,2	Equipamento de insuflação rápida	80% da pressão arterial de oclusão.	Bíceps rosca unilateral a 15% 1RM. 4 x 90 repetições ou até a fadiga. Repouso: 30s.	PAS (mmHg)	Pré: 119 ± 9 Pós: 126 ± 17
						PAD (mmHg)	Pré: 81 ± 8 Pós: 85 ± 12*
Neto et al., 2015	24 (24/0)	21,8 ± 3,2		A pressão de oclusão média utilizada foi de 93,75 ± 12,09 mmHg nos braços e 108,75 ± 11,53 mmHg nas pernas.	Flexão e extensão de cotovelo, flexão e extensão de joelho a 20% 1RM a 20% 1RM. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições, Repouso: 30s entre as séries e 1 min entre os exercícios.	PAM (mmHg)	Pré: 88.9 ± 8.7 Pós: 91.7 ± 11.7*
Neto et al., 2016 (1)	10 (10/0)	19 ± 0,8	Esfigmomanômetro	Pressão arterial de oclusão intermitente: 130% de PAS (163,8 ± 10,5).	Supino, flexão lateral, rosca direta tríceps, rosca direta bíceps a 20% 1 RM. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições. Repouso: 30s.	FC (bpm) Supino	Pré: 71.0 ± 9.4 Pós: 111.3 ± 13.4*
						FC (bpm) Flexão Lateral	Pré: 71.0 ± 9.4 Pós: 117.1 ± 14.3*
						FC (bpm) Rosca direta tríceps	Pré: 71.0 ± 9.4 Pós: 118.7 ± 20.4*
						FC (bpm) Rosca direta bíceps	Pré: 71.0 ± 9.4 Pós: 152.2 ± 19.1*
Neto et al., 2016 (2)	10 (10/0)	19 ± 0,8	Esfigmomanômetro	Pressão arterial de oclusão constante: 130% de PAS (160,9 ± 12.9).	Supino, flexão lateral, rosca direta tríceps, rosca direta bíceps a 20% 1 RM. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições. Repouso: 30s.	FC (bpm) Supino	Pré: 74.5 ± 13.2 Pós: 109.9 ± 14.4*
						FC (bpm) Flexão Lateral	Pré: 74.5 ± 13.2 Pós: 123.7 ± 18.4*
						FC (bpm) Rosca direta tríceps	Pré: 74.5 ± 13.2 Pós: 129.9 ± 21.7*
						FC (bpm) Rosca direta bíceps	Pré: 74.5 ± 13.2 Pós: 155.5 ± 20.4*

Picon et al., 2018	24 (24/0)	24,4 ± 3,9	Esfigmomanômetro	Pressão de oclusão arterial de 30% intermitente PAO: 47,6 mmHg	Leg press unilateral a 30% 1RM. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições.	PAS (mmHg)	Pré: 123,6 ± 15,7 Pós: 123,3 ± 18,8
						PAD (mmHg)	Pré: 74,5 ± 11,0 Pós: 71,3 ± 12,3
						FC (bpm)	Pré: 66,2 ± 12,9 Pós: 73,7 ± 16,2
						DP	Pré: 8202 ± 2026 Pós: 9216 ± 2482
Staunton et al., 2015 (1)	11 (11/0)	22 ± 1	Torniquete automático	60% da pressão de oclusão.	Leg press a 20% 1 RM. 1 x 30 repetições + 3 x 15 repetições.	FC (bpm)	Pré: 69 ± 4 Pós: 113 ± 7*
						DC (l/min)	Pré: 7,9 ± 04 Pós: 12,1 ± 0,5*
						VS (ml)	Pré: 118,1 ± 8,1 Pós: 111,2 ± 8,2
						PAS (mmHg)	Pré: 113,3 ± 2 Pós: 156 ± 6*
						PAD (mmHg)	Pré: 67 ± 3 Pós: 91 ± 6*
						PAM (mmHg)	Pré: 96 ± 3 Pós: 131 ± 6*
						RVP	Pré: 12,4 ± 0,7 Pós: 11,1 ± 0,7
						DP (×10 ³ beats min ⁻¹ mmHg)	Pré: 7,8 ± 0,6 Pós: 15,2 ± 0,8*

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; FC: frequência cardíaca; DC: débito cardíaco; RVP: resistência vascular periférica; DP: duplo produto; VS: volume sistólico; RPT: resistência periférica total; *: Diferença significativa entre os resultados pré e pós-exercício. Fonte: Autores.

Tabela 2. Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos através da Escala PEDro.

Referências	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Brandner et al., 2014	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	5
Credeur et al., 2019	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Hughes et al., 2018	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	5
Illet et al., 2019	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6
May et al., 2015	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Moriggi et al., 2015	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	5
Mouser et al., 2019	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	5
Neto et al., 2015	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Neto et al., 2016	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	6
Picon et al., 2018	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5
Staunton et al., 2015	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6

Fonte: Autores.

4. Discussão

O presente estudo analisou as respostas hemodinâmicas agudas durante uma sessão de exercício físico resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo em indivíduos adultos e saudáveis. A análise sistemática dos resultados indica que o exercício físico resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo resulta em elevação imediata dos níveis pressóricos (PAS, PAD e PAM) e da frequência cardíaca. Esta resposta hemodinâmica ao exercício físico resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo encontra-se em valores esperados para o exercício físico e são seguros para os praticantes.

A resposta dos níveis pressóricos durante o exercício resistido caracteriza-se pelo aumento da PAS e da PAD. Evidências indicam que os possíveis mecanismos para esta resposta são a pressão mecânica gerada pelos músculos em contração sobre o leito vascular e elevação da pressão intratorácica. No entanto, a magnitude desta resposta pressórica irá depender de fatores relacionados ao exercício físico, tais como, intensidade, volume, número de repetições e massa muscular envolvida (McDougall et al., 1992; Clinksales et al., 2001). Em nossa revisão sistemática onde foi analisada as respostas pressóricas do exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo foi observado elevação significativa dos níveis da PAS (70% dos estudos incluídos indicam elevação desta variável), PAD (80% dos estudos incluídos indicam elevação desta variável), e PAM (90% dos estudos incluídos indicam elevação desta variável).

A PAM é resultado de uma equação baseada em duas variáveis hemodinâmicas, PAS e PAD. Consequentemente as variações das mesmas influenciam de forma direta e proporcional no produto dessa equação. Três estudos (Credeur et al., 2019; May et al., 2017; Stauton et al., 2015) apresentaram diferença significativa após relatarem um aumento de todas as variáveis que se relacionam com a PAM, o que confirma essa regra. Hughes et al., 2018, demonstraram um aumento significativo desta variável, nas duas condições experimentais do seu estudo, exceto naquela que utilizou um torniquete personalizado automático como instrumento de oclusão (Hughes et al., 2018). Os autores sugeriram então que este instrumento de restrição ao fluxo sanguíneo interfira nas respostas hemodinâmicas, uma vez que o protocolo de restrição ao fluxo sanguíneo e de exercício resistido foram similares.

O aumento da FC foi evidenciado em aproximadamente 89% (16/18) das condições experimentais, independente do membro de oclusão e em trabalhos que apresentam protocolos de exercícios semelhantes com 30 repetições seguidas de 3 séries de 15 repetições. Evidências prévias demonstraram que a FC aumenta independente se o exercício resistido é contínuo ou intermitente, no entanto, a realização do exercício ou não até a falha iria alterar esta resposta (Kacin & Strazar, 2011; Loenneke et al., 2012). Em contrapartida a essa conclusão, estudos incluídos nessa revisão, demonstram que não é necessário que o exercício seja realizado até a falha, para que haja aumento dessa variável, mostrando que pode ocorrer elevação em

protocolos específicos (Credeur et al., 2019; Illett et al., 2019; May et al., 2017; Neto et al., 2016; Picon et al., 2018; Stauton et al., 2015).

O DP é o produto de duas variáveis hemodinâmicas, FC e PAS, onde as modificações de ambas influenciam imediatamente e diretamente no seu aumento ou diminuição. Este mecanismo de resposta pode ser visualizado em Stauton et al., 2015, pois, se verifica um aumento significativo tanto em PAS e FC, resultando em um aumento significativo do DP (Stauton et al., 2015). No segundo estudo que analisou essa variável, pôde-se encontrar um aumento significativo de FC e uma não alteração de PAS (Picon et al., 2018). Algo que também pode ser visto e que influenciaria nestas respostas, é a diferença de pressão utilizada para realizar a restrição do fluxo sanguíneo, uma vez que o primeiro estudo utiliza o dobro de pressão de oclusão arterial.

Brandner et al., (2014), em um desenho experimental do seu estudo verificou um aumento significativo da resistência vascular. As respostas desta variável durante o exercício estão diretamente relacionadas ao comprimento do vaso, viscosidade do sangue e principalmente ao raio do vaso, sendo este inversamente proporcional. A contração muscular durante o exercício físico resistido promove uma constrição dos capilares intramusculares, resultando em uma diminuição do raio, e conseqüentemente um aumento dessa variável. O mecanismo de restrição do fluxo sanguíneo tende a contribuir para a diminuição do diâmetro do vaso, pois exerce uma pressão externa e concomitante ao da ação muscular. Isso sugere que a resposta encontrada no estudo pode estar relacionada à alta pressão aplicada pela oclusão (130% PAS de repouso) durante o protocolo de exercício (McDougall et al., 1992).

O VS durante o exercício físico resistido tende a apresentar um aumento por mecanismos como a vasodilatação periférica, o aumento da FC e do inotropismo. Porém durante a realização do exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo, a resposta encontrada é uma vasoconstrição periférica, que se dá devido ao mecanismo de torniquete. Isto pode explicar a redução do VS após a realização desse protocolo no estudo de May et al. 2017. Além disto, outros estudos verificaram um aumento significativo de DC após o exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo (Brandner et al., 2015; Stauton et al., 2015).

O exercício resistido independente da intensidade irá interferir nas variáveis hemodinâmicas do indivíduo durante e após o treino. Sabe-se que quanto maior for a intensidade, maiores serão as alterações e que os valores são mais elevados nas últimas repetições de cada série (McDougall et al., 1992). Ao realizar contrações musculares isométricas no exercício resistido, ocorrerá uma obstrução do fluxo sanguíneo muscular e um posterior acúmulo de metabólicos. Assim os quimiorreceptores estimularão o sistema nervoso central para o aumento da atividade simpática gerando um aumento da PAS, FC e DC. Um protocolo de exercício resistido que promove a fadiga muscular pode levar a aumentos mais expressivos dos valores de PA e FC ao final das repetições (Umpierre et al., 2007).

A utilização do método de exercício resistido associado à restrição do fluxo sanguíneo já está sendo inserida nos protocolos de reabilitação fisioterápica, auxiliando o paciente no ganho de força e hipertrofia muscular sem gerar uma sobrecarga articular pelo uso de baixas cargas, como em populações pós-reconstrução de ligamento cruzado anterior, demonstrando efeitos benéficos e similares ao protocolo convencional. Entretanto, devido a redução do fluxo sanguíneo no sistema vascular, a oclusão em excesso e sem monitoramento e padronização, pode desencadear efeitos adversos, como diminuição do DC e aumento exacerbado da PA (Costa et al., 2012).

Podemos citar como limitações nesta revisão sistemática o número restrito de estudos incluídos que avaliaram as seguintes variáveis: VS, DP, DC e RVP, indicando que para estas variáveis são necessários mais estudos objetivando análises mais consistentes, com maior poder amostral e também estudos com mulheres. Além disso a nossa análise foi pautada entre os momentos pré e pós exercício resistido. Sendo indicadas análises com grupos controles para próximos estudos.

5. Conclusão

Baseando-se nos resultados encontrados, conclui-se que o exercício resistido de baixa intensidade associado à restrição do fluxo sanguíneo tende a promover aumentos significativos das variáveis hemodinâmicas, tais como PAS, PAD, PAM e FC. No entanto, diversas evidências indicam que estas respostas hemodinâmicas são seguras aos pacientes, por se apresentarem próximas ao treinamento convencional, se mostrando assim ser um método seguro e benéfico para populações saudáveis. Sugerimos então, que estudos futuros analisem outras populações amostrais, principalmente aquelas que apresentam patologias, para verificar a eficiência e a influência do método no sistema cardiovascular. Além disso, se faz necessária a definição metodológica de um protocolo padrão da técnica de restrição do fluxo sanguíneo para que seu uso seja feito de forma segura e assertiva, sendo assim mais difundida e beneficiando todas as populações.

Referências

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708.
- Bjarnason-Wehrens, B., Mayer-Berger, W., Meister, E R., Baum, K., Hambrecht, R., & Gielen, S. (2004). Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 11(4), 352-61.
- Brandner, C. R., Kidgell, D. J., & Warmington, S. A. (2015). Unilateral biceps curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports*, 25(6), 770-777.
- Centner, C., Wiegel, P., Gollhofer, A., & König, D. (2009). Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 49(1), 95-108.
- Clinkscales, T. B., Reyes, R., Wood, R. H., & Welsch, M. A. (2001). Influence of intensity and repetition number on hemodynamic responses to resistance exercise in older adults. *Med Sci Sport Exerc*, 33, S14-S14.
- Costa, G. P. N., Moreira, V. P., Reis, A. C., Leite, S. N., & Lodovichi, S. S. (2012). Efeitos da oclusão vascular parcial no ganho de força muscular. *Acta Fisiátrica*, 19(3), 192-192.
- Credeur, D., Jones, R., Stanford, D., Stoner, L., McCoy, S., & Jessee, M. (2019). Central cardiovascular hemodynamic response to unilateral handgrip exercise with blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol*, 119(10), 2255-63.
- Fecchio, R. Y., Brito, L. C., Peçanha, T., & Moraes-Forjaz, C. L. (2021). Potential Mechanisms Behind the Blood Pressure-Lowering Effect of Dynamic Resistance Training. *Curr Hypertens Rep*, 23(6), 35.
- Hughes, L., Rosenblatt, B., Gissane, C., Paton, B., & Patterson, S. D. (2018). Interface pressure, perceptual, and mean arterial pressure responses to different blood flow restriction systems. *Scand J Med Sci Sports*, 28(7), 1757-65.
- Ilett, M. J., Rantalainen, T., Keske, M. A., May, A. K., & Warmington, S. A. (2019). The Effects of Restriction Pressures on the Acute Responses to Blood Flow Restriction Exercise. *Front Physiol*, 10, 1018.
- Kacin, A., & Strazar, K. (2011). Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports*, 21(6), e231-41.
- Kilgas, M. A., McDaniel, J., Stavres, J., Pollock, B. S., Singer, T. J., & Elmer, S. J. Limb blood flow and tissue perfusion during exercise with blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol*, 119(2), 377-87.
- Loenneke, J., Wilson, G., & Wilson, J. (2010). A Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion. *Sports Med*, 31(1), 1-4.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Balapur, A., Thrower, A. D., Barnes, J.T., & Pujol, T.J. (2012). Time under tension decreased with blood flow-restricted exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*, 32(4), 268-73.
- May, A. K., Brandner, C. R., & Warmington, S. A. (2017). Hemodynamic responses are reduced with aerobic compared with resistance blood flow restriction exercise. *Physiol Rep*, 5(3), 13142.
- McDougall, J. D., McKelvie, R. S., Moroz, D. E., Sale, D. G., McCartney, N., & Buick, F. (1992). Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol*, 73(4), 1590-7.
- Moriggi, R. J., Mauro, H. D., Dias, S. C., Matos, J. M., Urtado, M. B., Camarço, N. F., Neto, I. V. S., Nascimento, D. C., Tibana, R. A., Assumpcao, C. O., Prestes, J., & Urtado, C. B. (2015). Similar hypotensive responses to resistance exercise with and without blood flow restriction. *Biol sport*, 32(4), 289-294.
- Mouser, J. G., Mattocks, K. T., Dankel, S. J., Buckner, S. L., Jessee, M. B., & Bell, Z. W. (2019). Very-low-load resistance exercise in the upper body with and without blood flow restriction: cardiovascular outcomes. *Appl Physiol Nut Metabol*, 44(3), 288-92.
- Neto, G. R., Sousa, M. S., Costa, P. B., Salles, B. F., Novaes, G. S., & Novaes, J. S. (2015). Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. *J Strength Cond Res*, 29(4), 1064-1070.

- Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Piaza, B. K. L., Rodrigues, T., & Cirilo-Sousa, M.S. (2016). Acute Effects of Resistance Exercise With Continuous and Intermittent Blood Flow Restriction on Hemodynamic Measurements and Perceived Exertion. *Percept Mot Skills*, 124(1), 277-292.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Syst Rev*, 10(1), 89.
- Picon, M. M., Chulvi, I. M., Cortell, J. M. T., Tortosa, J., Alkhadar, Y., Sanchís, J., & Laurentino, G. (2018). Acute Cardiovascular Responses after a Single Bout of Blood Flow Restriction Training. *Int J Exer Sci*, 11(2), 20-31.
- Sanchis-Sánchez, E., Lluch-Girbés, E., Guillart-Castells, P., Georgieva, S., García-Molina, P., & Blasco, J. M. (2021). Effectiveness of mechanical diagnosis and therapy in patients with non-specific chronic low back pain: a literature review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther*, 25(2), 117-34.
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU Training. *Int J KAATSU Train Res*, 1(1), 1-5.
- Schranner, D., Kastenmüller, G., Schönfelder, M., Römisch-Margl, W., & Wackerhage, H. (2000). Metabolite Concentration Changes in Humans After a Bout of Exercise: a Systematic Review of Exercise Metabolomics Studies. *Sports Med Open*, 6(1), 11.
- Staunton, C. A., May, A. K., Brandner, C. R., & Warmington, S. A. (2015). Haemodynamics of aerobic and resistance blood flow restriction exercise in young and older adults. *Eur J Appl Physiol*, 115(11), 2293-2302.
- Terjung, R. L., Clarkson, P., Eichner, E. R., Greenhaff, P. L., Hespel, P. J., Israel, R. G., Kraemer, W. J., Meyer, R. A., Spriet, L. L., Tarnopolsky, M. A., Wagenmakers, A. J., & Williams, M. H. (2000). American College of Sports Medicine. Round table: The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc*, 32(3), 706-17.
- Umpierre, D., & Stein, R. (2007). Efeitos hemodinâmicos e vasculares do treinamento resistido: implicações na doença cardiovascular. *Arq Bras Cardiol*, 89(4), 256-262.