





## Efeitos dos exercícios resistidos nas respostas hemodinâmicas: uma revisão sistemática de revisões com meta-análise

### Effects of resistance exercises on hemodynamic responses: a systematic review with meta-analysis

Ramon Martins Barbosa<sup>1,2</sup> , Alan Carlos Nery dos Santos<sup>2</sup> , Marvyn de Santana do Sacramento<sup>1,3,4</sup> ,  
Tailma Costa de Jesus<sup>5</sup> , Jefferson Petto<sup>1,3</sup> 

1. Escola Bahiana de Medicina e Saúde Humana – EBMS, Salvador, BA, Brasil
2. Faculdade da Região Sisaleira – FARESI, Conceição do Coité, BA, Brasil
3. Actus Cordios Reabilitação Cardiovascular, Salvador, BA, Brasil
4. Faculdade Adventista da Bahia, Capoeiruçu, BA, Brasil
5. Centro Universitário Social da Bahia, Salvador, BA, Brasil

#### RESUMO

**Objetivos:** Analisar os efeitos do Exercício Resistido (ER) nas respostas hemodinâmicas relacionadas a pressão arterial. **Métodos:** Revisão sistemática, Prospero CRD42023422584, realizada nas bases de dados: PubMed/Medline, PEDro, Cochrane e Portal Regional da BVS, entre junho e dezembro de 2023. **Descritores:** “Resistance Training”, “Blood Pressure” e, “Systematic Reviews. **Incluídos:** Revisões sistemáticas, composta por ensaios clínicos randomizados e/ou estudos de intervenção controlados, que testaram intervenções de exercício resistido estático ou dinâmico, em indivíduos adultos, para desfechos associados as respostas hemodinâmicas como: pressão arterial, frequência cardíaca e  $VO_{2max}$ . Não foram realizadas restrições quanto ao tempo de publicação dos estudos. O risco de viés foi avaliado pela escala AMSTAR-2. **Resultados:** Identificamos 174 artigos, contudo, após análise, 7 foram incluídos. Esses foram publicados entre 2005 e 2020, totalizando amostra de 7.818 indivíduos de ambos os sexos. Os principais resultados indicam que o ER promove uma melhora estatisticamente significativa e clinicamente relevante na pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e Pressão arterial média (PAM). Houve melhoras do  $VO_{2max}$  e no  $VO_2$  de Pico. **Conclusão:** Nós concluímos que o ER foi estatisticamente significativo e clinicamente relevante para redução da PAS, PAD e PAM. Também foi observada uma melhora no  $VO_{2max}$  e o  $VO_2$  de Pico. Além disso, o Exercício Resistido Isométrico promoveu uma redução pressórica maior quando comparado ao Exercício de Resistência Aeróbica e o Exercício Resistido Dinâmico. Esses resultados são apoiados pela alta/moderada qualidade metodológica das revisões incluídas.

**Palavras-chave:** treinamento resistido; pressão arterial; hipertensão

#### ABSTRACT

**Objectives:** To analyze the effects of Resistance Exercise (RE) on hemodynamic responses related to blood pressure. **Methods:** Systematic review, Prospero CRD42023422584, carried out on the following databases: PubMed/Medline, PEDro, Cochrane and VHL Regional Portal, between June and December 2023. **Descriptors:** “Resistance Training”, “Blood Pressure” and, “Systematic Reviews. **Included:** Systematic reviews, composed of randomized clinical trials and/or controlled intervention studies, which tested static or dynamic resistance exercise interventions, in adult individuals, for outcomes associated with hemodynamic responses such as: blood pressure, heart rate and  $VO_{2max}$ . There were no restrictions on the time of publication of the studies. The risk of bias was assessed using the AMSTAR-2 scale. **Results:** 174 articles were identified, but after analysis 7 were included. These were published between 2005 and 2020, totaling a sample of 7,818 individuals of both sexes. The main results indicate that RE promotes a statistically significant and clinically relevant improvement in systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and mean arterial pressure (MAP). There were improvements in  $VO_{2max}$  and  $VO_{2peak}$ . **Conclusion:** We concluded that RE was statistically significant and clinically relevant for reducing SBP, DBP and MAP. An improvement in  $VO_{2max}$  and  $VO_{2peak}$  was also observed. Furthermore, Isometric Resistance Exercise promoted a greater blood pressure reduction when compared to Aerobic Resistance Exercise and Dynamic Resistance Exercise. These results are supported by the high/moderate methodological quality of the included reviews.

**Keywords:** resistance training; blood pressure; hypertension

Recebido 15 de novembro de 2023; aceito 3 de fevereiro de 2024

Correspondência: Ramon Martins Barbosa, ramonmartinsbarbosa@hotmail.com

## Introdução

As doenças cardiovasculares são um problema de saúde pública mundial. Elas resultam de forma direta ou indireta em altos custos para os órgãos de saúde, cabendo ainda mencionar seus impactos negativos sobre a morbimortalidade, aspectos funcionais e biopsicossociais da população acometida por tal condição clínica [1]. Anualmente, cerca de 17 milhões de pessoas vão a óbito por doenças cardiovasculares, sendo que a Hipertensão Arterial (HA) é a responsável por 9,4 milhões dos óbitos e, uma carga de doenças de 7% [2]. Somado a isso, a HA é responsável por 49% dos óbitos por doenças cardíacas e, 51% por acidente vascular cerebral, contudo esses dados podem estar subestimados, uma vez que, a prevalência de HA é maior em países de média e baixa renda, e o número de pacientes não diagnosticados e, não tratados é grande, podendo refletir as deficiências dos serviços de saúde e, tornando a HA uma importante condição de saúde de ordem global [3,4].

Interessante notar que, um estudo populacional sugeriu que a prevalência de HA quase dobrou nas últimas três décadas. Assim, na década de 80, cerca de 600 milhões de indivíduos acima dos 25 anos tinham pressão arterial elevada e, em meados de 2008, esse número já havia crescido para cerca de 1 bilhão de pessoas [5]. Outro ponto também é que, a inatividade física, sobrepeso e obesidade, tabagismo, excesso de sal na dieta e, consumo de álcool vem sendo descritos como fatores de risco que, uma vez modificados, podem alterar a pressão arterial [6]. Além disso, embora boa parte da população faça o uso de medicamentos anti-hipertensivos, que são eficazes e que na maioria das vezes possuem efeitos colaterais mínimos, os custos acabam sendo elevados e, podem não ser a melhor estratégia para o controle pressórico, uma vez que cerca de 50 % dos pacientes não se beneficiam de tal estratégia medicamentosa [7].

Pensando nisso, as principais recomendações nacionais e internacionais sugerem que estratégias não farmacológicas do estilo de vida baseadas em evidências, são terapias de primeira linha para a atenuação da PA. Desta forma, níveis de atividade física moderada semanalmente próximos aos 150 minutos, redução de peso e tabagismo, são estratégias eficazes que expressam uma redução estatisticamente significativa e, clinicamente relevante na PA [8]. Além disso, estudos sugerem que o exercício aeróbico é a modalidade mais prescrita para controle da PA, contudo a sua aderência é reduzida, principalmente devido ao tempo despendido e ao gasto energético considerável para a obtenção de tais ganhos [9,10].

Somado a isso, embora anteriormente associada a respostas hipertensivas exageradas, estudos recentes sugerem que, o exercício resistido (ER) é uma intervenção segura e eficaz para promover redução da PA, sendo mais expressa em estudos envolvendo o exercício resistido isométrico. Desta forma, podendo se configurar como uma estratégia potencial, uma vez que devidamente prescrita, pode acarretar em menor custo individual, bem como aos órgãos de saúde e, talvez menor tempo de execução [11-13]. Assim, o presente estudo tem por objetivo analisar os efeitos do exercício resistido nas respostas hemodinâmicas relacionadas a pressão arterial.

## Métodos

### *Tipo de estudo*

Trata-se de uma revisão sistemática composta por revisões sistemáticas com meta-análise, estruturada com base nos critérios estabelecidos pelo guideline Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) [14], e o guia metodológico proposto por Smith *et al.* [15], para responder a seguinte pergunta clínica: Quais os efeitos crônicos do ER estático e dinâmico sobre as respostas hemodinâmicas associadas a pressão arterial? Estudo registrado prospectivamente na Prospero sob parecer: CRD42023422584.

### *Critérios de elegibilidade*

Para o estudo foram incluídas: 1) Revisões sistemáticas; 2) composta por ensaios clínicos randomizados e/ou estudos de intervenção controlados; 3) que testaram intervenções de ER estático ou dinâmico; 4) em indivíduos adultos; 5) para desfechos associados as respostas hemodinâmicas como: pressão arterial, frequência cardíaca e  $VO_{2máx}$ . 6) Tais estudos deveriam estar disponíveis na integra. Não foram realizadas restrições quanto ao idioma e tempo de publicação dos estudos. Por outro lado, foram excluídos: 8) revisões sistemáticas sobre o ER que realizaram protocolos mistos com outras modalidades de treinamento (treinamento aeróbio e treinamento com exercícios de respiração e, treinamento com restrição do fluxo sanguíneo), 9) revisões sistemáticas sobre o ER e/ou que não descreveram os grupos de comparação dos estudos incluídos; 10) revisões sistemáticas que tiveram por fim analisar apenas os princípios relacionados a prescrição do ER e, 11) revisões sistemáticas que analisaram apenas indivíduos pré-hipertensos e hipertensos, ou, com outras comorbidades associadas.

### *Desfecho de interesse*

Para o estudo, as “Respostas Hemodinâmicas” são relacionadas aos movimentos e forças envolvidas no deslocamento do sangue através do sistema cardiovascular. A “Pressão Arterial” está relacionada a pressão que o sangue exerce na parede das artérias durante uma sístole ventricular, sendo definida com base nos “Medical Subject Readings”.

### *Estratégia de busca*

As buscas foram realizadas nas bases de dados: PubMed/Medline, PEDro, Cochrane e Portal Regional da BVS, por dois autores independentes [R.M.B e A.C.N.S], entre junho e dezembro de 2023. Os descritores foram selecionados através dos “Medical Subject Headings” - (MESH) e “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCS), sendo selecionado os seguintes descritores: “Resistance Training”, “Blood Pressure” e, “Systematic Reviews”, utilizando os operadores booleanos [AND], [OR] e [NOT] para os respectivos cruzamentos, sendo descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Estratégias de buscas para as bases de dados.	
PubMed / MEDLINE	("Resistance Training"[Title/Abstract] AND "Blood Pressure"[Title/Abstract]) AND (meta-analysis[Filter] OR systematicreview[Filter])
	((("Resistance Training"[Title/Abstract] AND "Strength Training"[Title/Abstract] AND "Weight-Lifting Strengthening Program"[Title/Abstract] AND "Strengthening Programs, Weight-Lifting"[Title/Abstract] AND "Weight-Lifting Strengthening Programs"[Title/Abstract] AND "Exercise Programs, Weight-Lifting"[Title/Abstract] AND "Strengthening Program, Weight-Bearing"[Title/Abstract] AND "Strengthening Programs, Weight-Bearing"[Title/Abstract] AND "Weight-Bearing Strengthening Programs"[Title/Abstract] AND "Weight-Bearing Exercise Program"[Title/Abstract] AND "Exercise Program, Weight-Bearing"[Title/Abstract]) AND ("Pressure, Blood"[Title/Abstract] AND "Diastolic Pressure"[Title/Abstract] AND "Pressure, Diastolic"[Title/Abstract] AND "Pulse Pressure"[Title/Abstract] AND "Pressure, Pulse"[Title/Abstract] AND "Systolic Pressure"[Title/Abstract] AND "Pressure, Systolic"[Title/Abstract] AND "Pressures, Systolic"[Title/Abstract])) AND (meta-analysis[Filter] OR systematicreview[Filter]))
	("Breathing Exercises"[Title/Abstract] AND "Blood Pressure"[Title/Abstract]) AND (meta-analysis[Filter] OR systematicreview[Filter])
	("Breathing Exercises"[Title/Abstract] AND "exercise breathing"[Title/Abstract] AND "Respiratory Muscle Training"[Title/Abstract] AND "muscle training respiratory"[Title/Abstract] AND "training respiratory muscle"[Title/Abstract] AND ("pressure blood"[Title/Abstract] AND "Diastolic Pressure"[Title/Abstract] AND "pressure diastolic"[Title/Abstract] AND "Pulse Pressure"[Title/Abstract] AND "pressure pulse"[Title/Abstract] AND "Systolic Pressure"[Title/Abstract] AND "pressure systolic"[Title/Abstract] AND "pressures systolic"[Title/Abstract])) AND (meta-analysis[Filter] OR systematicreview[Filter]))
	((("Resistance Training"[Title/Abstract]) AND ("Breathing Exercises"[Title/Abstract])) AND ("Blood Pressure"[Title/Abstract]))
Portal Regional da BVS / LILACS	(strength training OR weight training OR bodybuilding OR weightlifting strengthening program OR weightlifting strengthening program OR weightlifting strengthening program) AND (hemodynamics OR hemodynamic phenomena OR hemodynamic processes) AND (type_of_study:(("systematic_reviews")))
	(Strength Training OR Weight Training OR Bodybuilding OR Weightlifting Strengthening Program OR Weightlifting Strengthening Program OR Weightlifting Strengthening Program) AND (Breathing Exercise OR Exercises for the Respiratory Muscles AND Hemodynamics OR Hemodynamic Phenomena OR Hemodynamic Processes) AND (Hemodynamics OR Hemodynamic Phenomena OR Hemodynamic Processes)
SciELO	"Resistance Training" AND "Blood Pressure"
EBSCOhost / SPORTDiscus	"Resistance Training" AND "Blood Pressure"
PEDro	Resistance Training* Blood Pressure* Systematic Reviews*
Cochrane Library	"Resistance Training" in Title Abstract Keyword AND "Pressure, Blood" in Title Abstract Keyword - (Variations of the word have been searched)

### *Pesquisando com outros recursos*

Além disso, com o objetivo de identificar outros estudos publicados, não publicados ou em andamento, consultamos a base de dados para registro prospectivo de revisões sistemáticas Prospero e a literatura cinzenta utilizando o Google Scholar. Realizamos rastreamento de citação direta de todos os estudos incluídos (e outros estudos relevantes) usando o Google Scholar ([scholar.google.co.uk/](http://scholar.google.co.uk/)) para referências adicionais a estudos relevantes.

### *Seleção dos estudos e extração dos dados*

A seleção dos estudos foi realizada por dois autores independentes [R.M.B] e [A.C.N.S], sendo que, quando ocorreu eventuais discordâncias, um terceiro revisor foi solicitado [J.P]. Sendo assim, foram realizadas a leitura minuciosa de títulos e resumos, de modo que, foram para a seleção final os que atenderam aos critérios de elegibilidade supracitados. Conforme mostram as Tabelas 1 e 2, os estudos elegíveis foram selecionados para leitura do texto completo, nova avaliação quanto aos critérios de seleção e recuperação dos dados referentes a: 1) Autor e ano de publicação do estudo; 2) Objetivo da revisão sistemática; 3) Tipo de revisão sistemática/quantidade de estudos incluídos na revisão; 4) população (características da população); 5) protocolo de intervenção (tipo de exercício resistido, frequência semanal, intensidade e duração); 6) controle (forma de controle); 7) métodos (mensuração dos desfechos); 8) desfechos (pressão arterial) e 9) principais resultados obtidos pelos estudos.

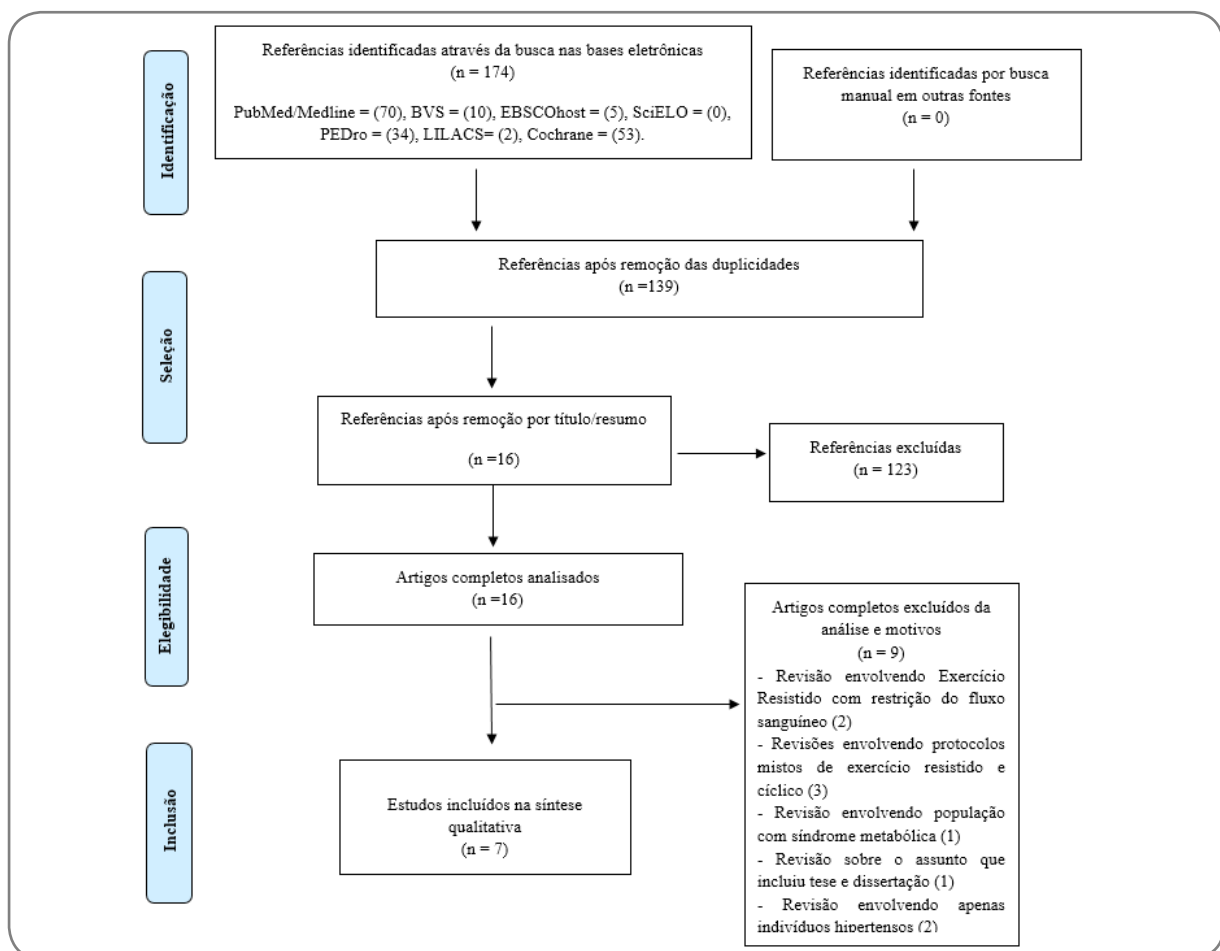
As referências revisadas e incluídas nesta revisão foram analisadas pelo segundo revisor [A.C.N.S], com a finalidade de verificar a existência de potenciais estudos não identificados nas buscas às bases de dados eletrônicas. A Figura 1 sumariza as estratégias de seleção dos estudos que compõe o escopo desta revisão sistemática.

### *Risco de viés*

A qualidade de cada revisão foi avaliada por dois autores independentes [R.M.B e A.C.N.S], utilizando os critérios de avaliação metodológica proposta pela escala AMSTAR – 2. Consiste em uma lista de verificação composta por 16 itens, que podem ser respondidos com “Sim”, “Sim Parcial” ou “Não”, sendo que, não tem por objetivo gerar uma pontuação final. Ela classifica a revisão como de “Alta Qualidade” = Zero ou um ponto fraco não crítico: A revisão sistemática fornece um resumo preciso e abrangente dos resultados. “Moderada Qualidade” = Mais de uma fraqueza não crítica \*: A revisão sistemática tem mais de uma fraqueza, mas nenhuma falha crítica. “Baixa Qualidade” = Uma falha crítica com ou sem fraquezas não críticas: A revisão tem uma falha crítica e pode não fornecer um resumo preciso e abrangente dos estudos disponíveis, e “Qualidade Criticamente Baixa” = Mais de uma falha crítica com ou sem fraquezas não críticas: A revisão tem mais de uma falha crítica e não deve ser considerada para fornecer um resumo preciso e abrangente dos estudos disponíveis. Esta é a revisão da escala AMSTAR validada e frequentemente usada.

## Resultados

As estratégias de buscas elaboradas e as referências analisadas por busca manual retornaram um total de 174 artigos. Contudo, após análise dos revisores [R.M.B e A.C.N.S], 35 foram eliminados por duplicidade, restando 139 estudos. Após remoção por título e resumo, restou 16 estudos. Em outra etapa, após triagem baseada nos critérios de elegibilidade, outros 09 estudos foram excluídos. Os principais motivos de exclusão foram: revisões sistemáticas envolvendo o ER com restrição do fluxo sanguíneo, revisões sobre o ER na síndrome metabólica, revisões contendo protocolos mistos de ER com exercício cíclico, revisões envolvendo teses e dissertações de mestrado e doutorado e, revisões envolvendo apenas indivíduos hipertensos e/o com patologias de base. Por fim, 7 estudos [11,16-21] atenderam aos critérios de seleção estabelecidos, sendo sumarizados na Figura 1.



**Figura 1** - Fluxograma de seleção dos estudos que compõem a revisão

Fonte: Elaboração dos autores

De acordo com os dados apresentados na Tabela I, podemos observar que os estudos incluídos foram publicados entre os anos de 2005 e 2020, sendo que 100% dos estudos eram revisões sistemáticas com meta-análises. Somado a isso, o número de artigos incluídos em cada revisão variou entre 6 e 93 ensaios clínicos randomizados e estudos de intervenção controlado, sendo que mais de 60% dos grupos envolvidos nos ensaios clínicos eram com indivíduos normotensos. No que diz respeito as carac-

terísticas da população, a amostra variou entre 139 e 5.223 indivíduos, totalizando 7.818 indivíduos de ambos os sexos, sendo que a idade relatada variou entre 19 e 84 anos. Além disso, os estudos incluídos tiveram por objetivo analisar os efeitos do ER nas respostas pressóricas em indivíduos normotensos, pré-hipertensos e hipertensos, baseado nos nossos desfechos de interesse: pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, pressão arterial média, frequência cardíaca e  $VO_{2máx}$ .

**Tabela I** - Características dos estudos e população

Autor/ano	Objetivo do estudo	Nº de estudos incluídos	Características da população
Cornelissen <i>et al.</i> , 2005 [16]	Avaliar os efeitos do ER na PA em repouso em indivíduos adultos sedentários	Revisão com meta-análise/ 9 ECR/ 12 GP de estudos normotensos e hipertensos.	341 indivíduos de ambos os sexos, com desistência de 15%, restando 290 indivíduos (200 normotensos). Idade: 20 -72 anos (mediana 69).
Cornelissen <i>et al.</i> , 2011 [17]	Avaliar os impactos do ER na PA e fatores de risco cardiovascular	Revisão com meta-análise/ 28 ECR/ 13 grupos envolveram indivíduos normotensos	1.124 indivíduos de ambos os sexos, com desistência de 3,3%, restando 1.012 indivíduos. Idade 19-84 (mediana 53,6).  A média basal da PA em repouso variou de 103,2 a 154,1 mm Hg (média de 126,0) para PAS e de 59,3 a 95,1 mm Hg (média de 74,5) para PAD.
Cornelissen <i>et al.</i> , 2013 [18]	Quantificar e comparar as mudanças de PA para cada modalidade de treinamento (ERA, ERD, ERI) e identificar os subgrupos de pacientes que exibem as maiores mudanças de PA	Revisão com meta-análise/ 93 ECR/ 47 grupos envolvendo normotensos, sendo 14 do ER	5.223 indivíduos, sendo 3.401 do grupo intervenção.
Carlson <i>et al.</i> , 2014 [19]	Efeitos do ERI sobre a PAS, PAD e PAM em populações subclínicas e, examinar se a magnitude da mudança na PAS	Revisão com meta-análise/ 9 ECR/ 6 envolvendo normotensos	223 participantes, 127 do grupo intervenção
Inder <i>et al.</i> , 2015 [11]	Analisar os efeitos do ERI na PA repouso em adultos	Revisão com meta-análise/ 11 ECR envolvendo normotensos e hipertensos	302 indivíduos de ambos os sexos, idade variando de 16 a 80 anos
Valenciano <i>et al.</i> , 2019 [20]	Efeitos do ERI na PA em indivíduos adultos	Revisão com meta-análise / 9 ECR envolvendo normotensos	492 participantes, 266 GI e 226 GC, média de idade 40,4±5,2 anos, sendo 60% homens
Betancur <i>et al.</i> , 2020 [21]	Efeito do ERI na PA em participantes adultos normotensos	Revisão com meta-análise, 6 ECR	139 indivíduos, 81 GI e 58 GC,

ER = Exercício Resistido; PA = Pressão Arterial; ECR = Ensaio clínico randomizado; ERA = Exercício de Resistência Aeróbica; ERD = Exercício de Resistência dinâmica; ERI = Exercício Resistido Isométrico; PAS = Pressão Arterial Sistólica; PAD = Pressão Arterial Diastólica; PAM = Pressão Arterial Média; GI = Grupo Intervenção; GC = Grupo Controle.

Na Tabela II podemos observar que em 100% dos estudos os participantes do grupo intervenção foram submetidos a ER para membros inferiores, superiores e tronco, sendo prescritos na modalidade estático e/ou dinâmico. O protocolo de intervenção para o Exercício Resistido Dinâmico (ERD) variou entre 1 e 14 exercícios, 1 a 4 séries de 6 a 36 repetições, com intensidade de 30% a 100% de 1RM, sendo que para o Exercício Resistido Isométrico (ERI) a maioria dos protocolos utilizavam 4 séries de 2 a 3 minutos de prensão manual ou exercícios de perna, com intensidade de 10% a 40% da contração voluntária máxima. A frequência de treino variou de 1 a 7 vezes por semana, com duração de 3 a 52 semanas. Além disso, quando observado os métodos de comparação os mais utilizados foram grupo controle sem nenhuma intervenção e, recomendações para seguir um estilo de vida normal, mantendo seus níveis de atividade física, sessões de alongamento três vezes por semana, além de sessões de educação continuada e, ligações para diálogo sobre exercício físico. Onde desfechos como: Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), Pressão Arterial Medial (PAM), Volume Máximo de Oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) e frequência cardíaca foram avaliados por métodos como: medições automatizadas de PA, ausculta, oscilometria braquial e monitorização ambulatorial da pressão arterial (MAPA).

Os principais resultados observados nos estudos incluídos na presente revisão indicam que os ER promovem uma melhora estatisticamente significativa e clinicamente relevante na PAS, PAD e PAM. Além disso, houve melhoras do  $VO_{2máx}$  e no  $VO_2$  de Pico. O ER foi estatisticamente significativo, mas não clinicamente relevante para melhora da Frequência cardíaca repouso (FCR).

No que diz respeito a qualidade metodológica (Tabela III), podemos perceber que um dos estudos possui uma alta qualidade metodológica [21], sendo os outros seis estudos de moderada qualidade metodológica [11,16-20]. O ponto mais crítico foi com relação a fonte de financiamento dos estudos incluídos, onde nenhum dos estudos declarou a informação relacionada.



Tabela II - Síntese do processo de avaliação, intervenção, desfechos e principais resultados dos estudos revisados

Autor / ano	Protocolos de intervenção		Métodos	Principais desfechos	Resultados
	Grupo exercício	Grupo controle			
Cornelissen <i>et al.</i> , 2005 [16]	ER isotônico e isométrico para braços, tronco e pernas. Protocolo: 1-14 exercícios, 1-4 séries, 1-25 rep, 30 – 90 % de 1RM, 3-4x semana, 6-26 semanas.	GCSI e, estilo de vida normal, e rotinas de atividade física, recebendo ligações para consultar estilo de vida e mensurações de PA	Método de mensuração da PA não declarado.	PAS, PAD, FC, $VO_{2máx}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os grupos de exercício mostraram mudanças líquidas médias em PAS de +2 a -16,8 mmHg e de +1,4 a -16,5 mmHg para PAD.</li> <li>- O efeito global combinado do treinamento na PAS e PAD foi de 3,2 mmHg (<math>P = 0,10</math>) e 3,5 mmHg (<math>P &lt; 0,01</math>).</li> <li>- O <math>VO_{2máx}</math> aumentou significativamente em 10,5% [IC de 95% (CL) 1,2–19,4%] após o treinamento.</li> <li>- Não houve alteração significativa na FC.</li> </ul>
Cornelissen <i>et al.</i> , 2011 [17]	ER isotônico e isométrico com aparelhos de musculação e faixa elástica para MMSS e MMII. Protocolo: 6 – 30 repetições, 1-14 exercícios realizados, 1-6 sessões de exercício para cada grupamento muscular, 2 – 3 sessões por semana, de 6 a 52 semanas, de 30% -100% 1RM ou, 30%-40% de CVM.  O ERI 4x2 minutos, bilaterais ou unilaterais, 3 minutos de descanso e, 1minuto entre as contrações.	GCSI ou, alongamento 3x na semana, estilo de vida normal, e rotinas de atividade física, participaram de sessões de educação continuada sobre exercício e PA	Medidas de PA em supino e sedestação, com esfigmomanômetro manual e semiautomático	PA, $VO_{2Pico}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O ER induziu uma diminuição significativa da PA (<math>P = 0,01</math>), com uma redução média de 3,9 na PAS (95% CL, 6,2; 1,5) e 3,6 na PAD (95% CL, 5,0; 2,1) mmHg.</li> <li>- O ERI resultou em uma redução maior na PA [-13.5 (-16.5; -10.5) PAS/-6.1(-8.3; -3.9) PAD mm Hg], quando comparado ao ERD.</li> <li>- O <math>VO_{2Pico}</math> aumentou 10,6% após o ERD (<math>P = 0,01</math>).</li> </ul>
Cornelissen <i>et al.</i> , 2013 [18]	ER isotônico e isométrico  Protocolo: 4-52 semanas, 1-7 vezes semana, 30%-70% de 1RM, 30%-40% para TRI	GCSI e, Estilo de vida normais, e rotinas de atividade física, recebendo ligações para consultar estilo de vida e, participaram de sessões de educação continuada sobre exercício e PA	Medidas de PA em supino e sedestação, com esfigmomanômetro manual, semiautomático e MAPA	PA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduções estatisticamente significativas foram encontradas para PAS após ERA (3,5 mm Hg [4,6 a 2,3], ERD (1,8 mm Hg [3,7 a 0,011], <math>P = 0,049</math>) e ERI (10,9 mm Hg [14,5 a 7,4], <math>P &lt; 0,0001</math>), mas não após o EC (1,4 mm Hg [4,2 a +1,5], <math>P = 0,34</math>).</li> <li>- A PAD foi significativamente reduzida após ERA (2,5 mm Hg [3,2 a 1,7], <math>P &lt; 0,0001</math>), TRD (3,2 mm Hg [4,5 a 2,0], <math>P &lt; 0,0001</math>), ERI (6,2 mm Hg [10,3 a 2,0], <math>P = 0,003</math>) e EC (2,2 mm Hg [3,9 a 0,48], <math>P = 0,012</math>). não houve diferenças significativas entre os efeitos do ERA, ERI e EC na PAS e PAD (<math>P &gt; 0,05</math> para todos).</li> <li>- Não houve diferença significativa entre ERA, ERD, ERI e EC na PAS e PAD.</li> </ul>

Tabela II - Continuação

Autor / ano	Protocolos de intervenção		Métodos	Principais desfechos	Resultados
	Grupo exercício	Grupo controle			
Carlson <i>et al.</i> , 2014 [19]	ERI com preensão manual e, exercícios de perna.  Protocolos acima de 4 semanas com 4x2 minutos de 30-50% da CVM de 1 a 3 minutos de descanso.	Grupo controle com orientações	Medições automatizadas de PA, análises de forma de onda e, usaram ausculta	PAS, PAD, PAM, FCR	- O ERI teve uma diferença média da PAS (MD), 6,77 mm Hg (95% CI, 7,93 a 5,62 mm Hg; P<0,001); e PAD, 3,96 mm Hg (95% CI, 4,80 a 3,12 mm Hg; P<0,001); e PAM, 3,94 mm Hg (95% CI, 4,73 a 3,16 mm Hg; P <0,001). Observou-se também discreta redução da FCR (MD, 0,79 batimentos/min; IC 95%, 1,23 a 0,36 batimentos/min; P¼,003)
Inder <i>et al.</i> , 2015 [11]	ERI com preensão manual e exercícios de perna.  Protocolo: 3-5 dias por semana, 3-10 semanas,	GC sem intervenção	Medições automatizadas de PA, Doppler e Ausculta	PAS, PAD, PAM	- (MD) da PAS - 5,20 mm Hg (IC) de 95% - 6,08 a - 4,33, P<0,00001); PAD: MD - 3,91 mm Hg (95% CI - 5,68 a - 2,14, Po0,0001); PAM: MD - 3,33 mm Hg (95% CI - 4,01 a - 2,66, P<0,00001).  - Indivíduos que realizaram ≥ 8 semanas de ERI demonstraram uma redução maior na PAS: MD - 7,26 mm Hg (95% CI - 8,47 a - 6,04) e PAM: MD - 4,22 mm Hg (95% CI - 5,08 a - 3,37) do que aqueles que realizaram 8 semanas.
Valenciano <i>et al.</i> , 2019 [20]	ERI MMSS e MMII  3-12 semanas, 3-5 dias, intensidade de 5 -35% 1RM	GC Não especificado	Medições automatizadas de PA, doppler e ausculta	PAS, PAD e PAM	- O ERI mostrou efeitos positivos estatisticamente significativos (P < 0,05) e clinicamente relevantes (>2 mmHg) na PAS (5,23 mmHg) e PAM (2,9 mmHg). O ERI mostrou redução estatisticamente significativa, mas não clinicamente relevante na PAD (1,64 mmHg).
Betancur <i>et al.</i> , 2020 [21]	ERI para MMSS e MMII  4 x 2 - 3 minutos, 10% - 34% da CVM	GC Não especificado	Oscilometria braquial, Medições automatizadas de PA, Doppler e Ausculta	PAS, PAD, PAM	- Reduções clinicamente relevantes e estatisticamente significativas na PAS (-2,83 mm Hg; P < 0,00001), PAD (-2,73 mm Hg; P = 0,0003) e PAM (-3,07 mm Hg; P = 0,005) em participantes adultos normotensos. No entanto, heterogeneidade substancial foi relatada para PAM.

ER = Exercício Resistido; 1RM = 1 Repetição máxima; GCSI = Grupo Controle sem Intervenção; PA = Pressão Arterial; PAS = Pressão Arterial Sistólica; PAD = Pressão Arterial Diastólica; PAM = Pressão Arterial Média; FC = Frequência Cardíaca; VO<sub>2máx</sub> = Volume máximo de Oxigênio; CVM = Contração Voluntária Máximo; ERI = Exercício Resistido Isométrico; FRC = Fatores de Risco Cardiovascular; MAPA = Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial; ERA = Exercício de Resistência Aeróbica; ERD = Exercício de Resistência Dinâmica; EC = Exercício Combinado; FCR = Frequência Cardíaca de Repouso

Tabela III - Qualidade metodológica - AMSTAR 2

Artigo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Qualidade Final
Cornelissen et al., 2005 [16]	X		X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	MODERADA
Cornelissen et al., 2011 [17]	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	MODERADA
Cornelissen et al., 2013 [18]	X	/	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X		MODERADA
Carlson et al., 2014 [19]	X		X	/	X	X		X	X		X	X	X		X	X	MODERADA
Valenciano et al., 2019 [20]	X	/	X	/	X	X	X		X		X	/	X	X	X	X	MODERADA
Inder et al., 2015 [11]	X	/	X	/	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	MODERADA
Betancur et al., 2020 [21]	X	/	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	ALTA

X = Sim; / = Sim Parcial.

1. As questões de pesquisa e os critérios de inclusão para a revisão incluíram os componentes do PICO; 2. O relatório da revisão continha uma declaração explícita de que os métodos de revisão foram estabelecidos antes da realização da revisão e o relatório justificou quaisquer desvios significativos do protocolo; 3. Os autores da revisão explicaram sua seleção dos desenhos de estudo para inclusão na revisão; 4. Os autores da revisão usaram uma estratégia abrangente de pesquisa de literatura; 5. Os autores da revisão realizaram a seleção do estudo em duplicata; 6. Os autores da revisão executaram a extração de dados em duplicata; 7. Os autores da revisão forneceram uma lista de estudos excluídos e justificaram as exclusões; 8. Os autores da revisão descreveram os estudos incluídos em detalhes adequados; 9. Os autores da revisão usaram uma técnica satisfatória para avaliar o risco de viés (RoB) em estudos individuais que foram incluídos na revisão; 10. Os autores da revisão relataram as fontes de financiamento para os estudos incluídos na revisão; 11. Se uma meta-análise foi realizada, os autores da revisão usaram métodos apropriados para combinação estatística de resultados; 12. Se uma meta-análise foi realizada, os autores da revisão avaliaram o impacto potencial de RoB em estudos individuais sobre os resultados da meta-análise ou outra síntese de evidência; 13. Os autores da revisão levaram em consideração a RoB em estudos individuais ao interpretar / discutir os resultados da revisão; 14. Os autores da revisão forneceram uma explicação satisfatória para, e discussão de, qualquer heterogeneidade observada nos resultados da revisão; 15. Se eles realizaram uma síntese quantitativa, os autores da revisão realizaram uma investigação adequada do viés de publicação (pequeno viés do estudo) e discutiram seu provável impacto nos resultados da revisão; 16. Os autores da revisão relataram quaisquer fontes potenciais de conflito de interesse, incluindo qualquer financiamento que receberam para conduzir a revisão.

## Discussão

Em resposta aos objetivos desta revisão sistemática, identificamos que o ER foi estatisticamente significativo e clinicamente relevante para redução da PAS, PAD e PAM. Também foi observada uma melhora no  $VO_{2máx}$  e o  $VO_2$  de Pico. Somado a isso, o ERI promove redução pressórica maior quando comparada ao Exercício de resistência Aeróbia (ERA) e o ERD. Esses resultados são apoiados pela alta/moderada qualidade metodológica das revisões incluídas.

No tocante a redução da PAS e PAD, os estudos incluídos sugerem uma redução estatisticamente significativa e clinicamente relevante [11,16-21]. De fato, as

evidências apontam que uma redução clinicamente relevante, permeia por 2 mmHg e 3 mmHg para a PAS e PAD respectivamente [22]. Em adição, esse dado é muito importante, uma vez que os estudos sugerem que, um decréscimo nesse nível pode reduzir o risco do acometimento por doença arterial coronariana em 5%, acidente vascular cerebral em 8% e, mortalidade por todas as causas em 4% [23].

Somado a isso, os estudos sugerem alguns mecanismos fisiológicos que podem justificar a redução da PA após o ER. Assim, pesquisas tem indicado que o ER pode aumentar a liberação de metabólitos do óxido nítrico e substâncias vasodilatadoras que podem implicar em uma redução da resistência vascular periférica e, conseqüentemente do débito cardíaco [11,16,19]. De fato, o ERI pode promover um estímulo agudo ao metaboreflexo com o intuito de reestabelecer o fluxo sanguíneo muscular, e isso pode impactar em menor estresse oxidativo tecidual, melhora da função endotelial vascular e, sensibilidade do barorreflexo bem como equilíbrio autonômico a longo prazo, associado a maior ativação parassimpática [11,19,24-26].

Além disso, quando avaliada outras variáveis relacionadas, houve uma redução do  $VO_{2máx}$  e o  $VO_2$  de pico [16,17]. Assim, o ER pode promover melhoras no condicionamento cardiorrespiratório. De fato, uma revisão recente sugere que boa parte dessa melhora se deva a liberação e ação das miocinas [27]. Elas induzem alterações localmente no músculo regulando o desenvolvimento/função muscular, uma vez que podem potencializar vias metabólicas e atenuar as respostas inflamatórias e, isso potencializaria o consumo máximo de oxigênio pelo tecido muscular [27,28]. Outro ponto também é que, boa parte dos exercícios prescritos foram bi articulares, desta forma sendo utilizado vários grupamentos musculares, fato que pode ter potencializado a demanda metabólica e, conseqüentemente o aumento do  $VO_{2máx}$  e  $VO_2$  de Pico. Assim, a quantidade de massa muscular utilizada durante a prática do exercício parece ser um dos determinantes para o incremento do componente aeróbico durante o ER. A melhora dessa valência tem sido associada a melhora da aptidão física, e isso acaba acarretando em redução de mortes por eventos cardiovasculares e, corriqueiramente associada a maior longevidade [29].

Outro achado interessante é que, o ERI promoveu reduções pressóricas maiores, quando comparado ao ERA e ERD [18]. Assim, estudos sugerem que o ERI é capaz de promover uma oclusão arterial sustentada durante o treinamento, impactando em um efeito rebote, capaz de induzir a uma vasodilatação arterial, relacionada a liberação de substâncias pelo endotélio vascular, melhorando a resistência vascular periférica [30]. Associado a isso, a literatura vem apontando para um protocolo de ERI, composto por 4 séries de 2-3 minutos, com 3 minutos de intervalo entre as repetições, com intensidade de 10-40% da CVM, sendo capaz de promover tais efeitos sistêmicos [17-21].

Além dos aspectos já discutidos, os achados possuem algumas limitações que precisam ser discutidas. Em primeiro lugar a maioria das revisões incluídas não relataram uma média dos níveis pressóricos dos estudos incluídos nas revisões, fato que acaba limitando a análise dos resultados encontrados. Em segundo lugar, houve uma grande heterogeneidade relacionada aos protocolos de intervenção, fato que limita a

extrapolação dos dados, bem como a definição de um protocolo minimamente eficaz, principalmente relacionado ao ERD. Outro ponto também é com relação aos métodos de mensuração dos desfechos, eles variaram entre os estudos, fato que acaba limitando a comparação dos métodos de mensuração. Por fim, a qualidade da evidência da maioria dos estudos incluídos nas revisões era de moderada qualidade, fato que evidencia que o verdadeiro efeito está próximo daquele estimado, mas existe possibilidade de ser substancialmente diferente. Contudo, essas limitações não inviabilizam os dados apresentados, tendo em vista que eles estão em consonância com outros apresentados pela literatura.

## Conclusão

Nós concluímos que o ER foi estatisticamente significativo e clinicamente relevante para redução da PAS, PAD e PAM. Também foi observada uma melhora no  $VO_{2\text{máx}}$  e o  $VO_2$  de Pico. Além disso, o ERI promove uma redução pressórica maior quando comparado ao ERA e o ERD. Esses resultados são apoiados pela alta/moderada qualidade metodológica das revisões incluídas.

### Conflitos de interesses

Os autores declaram não ter nenhum conflito de interesse.

### Fontes de financiamento

Os autores não receberam nenhum financiamento direto ou indireto para a pesquisa.

### Contribuição dos autores

**Concepção e desenho da pesquisa:** Barbosa RM, Santos ACN; **Obtenção de dados:** Barbosa RM, Santos ACN; **Análise e interpretação dos dados:** todos os autores; **Redação do manuscrito:** todos os autores; **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Petto J, Santos ACN.

## Referências

1. Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, Addolorato G, Ammirati E, Baddour LM, *et al.* GBD-NHLBI-JACC Global Burden of Cardiovascular Diseases Writing Group. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update from the GBD 2019 Study. *J Am Coll Cardiol.* 2020 Dec 22;76(25):2982-3021. doi: 10.1016/j.jacc.2020.11.010
2. World Health Organization. Global Status Report on Noncommunicable Diseases 2014. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2014.
3. Mills KT, Stefanescu A, He J. The global epidemiology of hypertension. *Nat Rev Nephrol.* 2020 Apr;16(4):223-37. doi: 10.1038/s41581-019-0244-2
4. Sarki AM, Nduka CU, Stranges S, Kandala NB, Uthman OA. Prevalence of hypertension in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2015 Dec;94(50):e1959. doi: 10.1097/MD.0000000000001959
5. World Health Organization. A Global brief on hypertension: silent killer, global public health crisis. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2013.
6. Ng R, Sutradhar R, Yao Z, Wodchis WP, Rosella LC. Smoking, drinking, diet and physical activity-modifiable lifestyle risk factors and their associations with age to first chronic disease. *Int J Epidemiol.* 2020 Feb 1;49(1):113-30. doi: 10.1093/ije/dyz078
7. Hajjar I, Kotchen TA. Trends in prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in the United States, 1988-2000. *JAMA.* 2003 Jul 9;290(2):199-206. doi: 10.1001/jama.290.2.199

8. Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*. 2006 Mar 14;174(6):801-9. doi: 10.1503/cmaj.051351
9. Kelley GA, Kelley KA, Tran ZV. Aerobic exercise and resting blood pressure: a meta-analytic review of randomized, controlled trials. *Prev Cardiol*. 2001 Spring;4(2):73-80. doi: 10.1111/j.1520-037x.2001.00529.x
10. Igarashi Y, Akazawa N, Maeda S. Regular aerobic exercise and blood pressure in East Asians: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Exp Hypertens*. 2018;40(4):378-89. doi: 10.1080/10641963.2017.1384483
11. Inder JD, Carlson DJ, Dieberg G, McFarlane JR, Hess NC, Smart NA. Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis to optimize benefit. *Hypertens Res*. 2016 Feb;39(2):88-94. doi: 10.1038/hr.2015.111
12. Baffour-Awuah B, Pearson MJ, Dieberg G, Smart NA. Isometric resistance training to manage hypertension: systematic review and meta-analysis. *Curr Hypertens Rep*. 2023 Apr;25(4):35-49. doi: 10.1007/s11906-023-01232-w
13. Smart NA, Way D, Carlson D, Millar P, McGowan C, Swaine I, Baross A, Howden R, Ritti-Dias R, Wiles J, Cornelissen V, Gordon B, Taylor R, Bleile B. Effects of isometric resistance training on resting blood pressure: individual participant data meta-analysis. *J Hypertens*. 2019 Oct;37(10):1927-38. doi: 10.1097/HJH.0000000000002105
14. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097. doi:10.1371/journal.pmed.1000097
15. Smith V, Devane D, Begley CM, Clarke M. Methodology in conducting a systematic review of systematic reviews of healthcare interventions. *BMC Med Res Methodol*. 2011;11(1):1-6. doi:10.1186/1471-2288-11-15
16. Cornelissen VA, Fagard RH. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Hypertens*. 2005 Feb;23(2):251-9. doi: 10.1097/00004872-200502000-00003
17. Cornelissen VA, Fagard RH, Coeckelberghs E, Vanhees L. Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Hypertension*. 2011 Nov;58(5):950-8. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.177071
18. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2013 Feb 1;2(1):e004473. doi: 10.1161/JAHA.112.004473
19. Carlson DJ, Dieberg G, Hess NC, Millar PJ, Smart NA. Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis. *Mayo Clin Proc*. 2014 Mar;89(3):327-34. doi: 10.1016/j.mayocp.2013.10.030
20. López-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Ayala F, Sánchez-Meca J, Vera-García FJ. Updated systematic review and meta-analysis on the role of isometric resistance training for resting blood pressure management in adults. *J Hypertens*. 2019 Jul;37(7):1320-1333. doi: 10.1097/HJH.0000000000002022
21. Loaiza-Betancur AF, Pérez Bedoya E, Montoya Dávila J, Chulvi-Medrano I. Effect of isometric resistance training on blood pressure values in a group of normotensive participants: a systematic review and meta-analysis. *Sports Health*. 2020 May/Jun;12(3):256-262. doi: 10.1177/1941738120908070
22. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Hypertension*. 2018 Jun;71(6):1269-324. Erratum in: *Hypertension*. 2018 Jun;71(6):e136-e139. Erratum in: *Hypertension*. 2018 Sep;72(3):e33. doi: 10.1161/HYP.0000000000000066
23. Tian D, Meng J. Exercise for prevention and relief of cardiovascular disease: prognoses, mechanisms, and approaches. *Oxid Med Cell Longev*. 2019 Apr 9;2019:3756750. doi: 10.1155/2019/3756750
24. Green DJ, Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor R. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. *J Physiol*. 2004;15;561(Pt 1):1-25. doi: 10.1113/jphysiol.2004.068197
25. Lawrence MM, Cooley ID, Huet YM, Arthur ST, Howden R. Factors influencing isometric exercise training-induced reductions in resting blood pressure. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Apr;25(2):131-42. doi: 10.1111/sms.12225
26. Taylor AC, McCartney N, Kamath MV, Wiley RL. Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(2):251-6. doi: 10.1249/01.MSS.0000048725.15026.B5
27. Smart TFF, Doleman B, Hatt J, Paul M, Toft S, Lund JN, Phillips BE. The role of resistance exercise training for improving cardiorespiratory fitness in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2022 Jun 1;51(6):afac143. doi: 10.1093/ageing/afac143
28. Gonzalez-Gil AM, Elizondo-Montemayor L. The Role of exercise in the interplay between myokines, hepatokines, osteokines, adipokines, and modulation of inflammation for energy substrate redistribution and fat mass loss: a review. *Nutrients*. 2020 Jun 26;12(6):1899. doi: 10.3390/nu12061899
29. Kokkinos P, Faselis C, Samuel IBH, Pittaras A, Doumas M, Murphy R, Heimall MS, Sui X, Zhang J, Myers J. Cardiorespiratory fitness and mortality risk across the spectra of age, race, and sex. *J Am Coll Cardiol*. 2022 Aug 9;80(6):598-609. doi: 10.1016/j.jacc.2022.05.031
30. Badrov MB, Bartol CL, DiBartolomeo MA, Millar PJ, McNeven NH, McGowan CL. Effects of isometric handgrip training dose on resting blood pressure and resistance vessel endothelial function in normotensive women. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(8):2091-100. doi: 10.1007/s00421-013-2644-5

