

# GORDURA CORPORAL, CIRCUNFERÊNCIAS CORPORAIS E PRESSÃO ARTERIAL SÃO PREDITORES DE RESTRIÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO PARA TREINAMENTO FÍSICO COM OCLUSÃO VASCULAR EM IDOSOS

*BODY FAT, BODY CIRCUMFERENCES AND BLOOD PRESSURE ARE PREDICTORS OF BLOOD FLOW RESTRICTION FOR PHYSICAL TRAINING WITH VASCULAR OCCLUSION IN THE ELDERLY*

Leandro Moraes-Pinto<sup>I</sup> 

Carlos Magno Sousa Junior<sup>II</sup> 

Nilviane Pires Silva Sousa<sup>III</sup> 

Allan Kardec Duailibe Barros Filho<sup>IV</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil. Doutor em Biotecnologia em Saúde. E-mail: leandromoraes.edf@gmail.com

<sup>II</sup> Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, Brasil. Doutor em Engenharia Elétrica. E-mail: magno.jr@gmail.com

<sup>III</sup> Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil. Pós-Doutoranda em Engenharia Biomédica. E-mail: nilvipires@gmail.com

<sup>IV</sup> Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil. Doutorado em Information Engineering. E-mail: allan.kardec@ufma.br

**Resumo:** O método de oclusão vascular tem sido eficaz na melhora de diferentes sistemas afetados pelo envelhecimento. É necessário cautela na aplicação prática para reduzir os riscos do uso indevido. Nesse sentido, objetivamos prever o percentual de restrição do fluxo sanguíneo para treinamento físico com oclusão vascular em idosos. Trata-se de um estudo transversal quantitativo, com 250 participantes (idade  $65,7 \pm 5,1$  anos), sendo 45,6% (n=114) sexo masculino e 54,4% (n=136) sexo feminino. Avaliamos a composição corporal, antropometria, circunferências corporais, pressão de oclusão total com doppler vascular, pressão arterial de repouso. Após testar o modelo de regressão de árvore de decisão, as variáveis com melhores resultados para prever a pressão de oclusão total dos sujeitos foram divididas em membros superiores e inferiores, com valores de  $R = 0.900$  e  $R^2 = 0.81$  e de  $R = 0.843$  e  $R^2 = 0.71$ , respectivamente. Sugerimos a partir deste estudo, que para prever a pressão de oclusão total em idosos, as variáveis que devem ser levadas em consideração para membros superiores são o percentual de gordura, dobra cutânea do bíceps braquial, circunferência da coxa e a pressão diastólica, enquanto, que para os membros inferiores são o percentual de gordura, circunferência da coxa e a pressão diastólica.

**Palavras-chave:** Treinamento físico; Oclusão Vascular; Idoso.

DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v20i41.1094>

Submissão: 02-06-2023

Aceite: 31-07-2023

**Abstract: Original article:** Body fat, body circumferences and blood pressure are predictors of blood flow restriction for physical training with vascular occlusion in the elderly. The vascular occlusion method has been effective in improving different systems



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

affected by aging. Caution is needed in practical application to reduce the risks of misuse. We aimed to predict the percentage of blood flow restriction for physical training with vascular occlusion in the elderly. This is a quantitative cross-sectional study, with 250 participants (age  $65.7 \pm 5.1$  years), 45.6% ( $n=114$ ) male and 54.4% ( $n=136$ ) female. We evaluated body composition, anthropometry, body circumferences, total occlusion pressure with vascular Doppler, blood pressure at rest. After testing the decision tree regression model, the variables with the best results for predicting the subjects' total occlusion pressure were divided into upper and lower limbs, with values of  $R = 0.900$  and  $R^2 = 0.81$  and  $R = 0.843$  and  $R^2 = 0.71$ , respectively. Based on this study, we suggest that to predict the total occlusion pressure in the elderly, the variables that must be taken into account for the upper limbs are the percentage of fat, biceps brachii skinfold, thigh circumference and diastolic pressure, while, which for the lower limbs are the percentage of fat, thigh circumference and diastolic pressure.

**Keywords:** Physical training; Vascular Occlusion; Elderly.

## Introdução

O envelhecimento é um processo complexo que afeta os indivíduos e as sociedades de diferentes formas. No Brasil, o envelhecimento da população é uma preocupação crescente, prevendo-se que o número de idosos aumente significativamente nos próximos anos. Essa tendência se deve a vários fatores, incluindo a melhoria da saúde e o aumento da longevidade. Neste sentido, o exercício físico desempenha um papel importante na promoção do envelhecimento saudável, proporcionando inúmeros benefícios para a saúde física e mental (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020; BIAZUS-SEHN et al., 2020; XU et al., 2023).

Algumas das principais maneiras pelas quais o exercício físico contribui para o envelhecimento saudável incluem a melhora do condicionamento físico, como resistência cardiovascular, força muscular e flexibilidade (BARBIERI et al., 2015). Isso pode ajudar a reduzir o risco de problemas de saúde relacionados à idade e melhorar a função física geral. Além disso, o exercício físico demonstrou ter efeitos positivos na função cognitiva, como memória e raciocínio, e pode até ajudar a reduzir o risco de declínio cognitivo relacionado à idade (LIANG et al., 2021).

O exercício físico regular demonstrou ainda reduzir o risco de doenças crônicas, como doenças cardíacas, derrame, diabetes e algumas formas de câncer (STEFANI; GALANTI, 2017; AL-MALLAH; SAKR; AL-QUNAIBET, 2018), demonstrou também ter um impacto positivo na saúde mental, reduzindo os sintomas de depressão, ansiedade e estresse e melhorando o humor e o bem-estar geral, além de ajudar a manter a independência e a mobilidade à medida que envelhecemos, reduzindo o risco de quedas e outras deficiências físicas relacionadas com a idade (HEARING et al., 2016; KANDOLA; STUBBS, 2020). E por fim, o exercício físico pode

oferecer oportunidades de interação social, ajudando a manter e melhorar as conexões sociais à medida que envelhecemos (ECKSTROM et al., 2020).

Desta forma, existe a preocupação de se buscar estratégias para oferecer a esta população uma velhice saudável e com qualidade de vida. Com isso, programas de exercícios físicos vêm sendo conduzidos com o intuito de atenuar os efeitos deletérios do envelhecimento e propiciar tanto respostas agudas quanto benefícios crônicos (REBELO-MARQUES et al., 2018). Um programa de exercícios bem equilibrado inclui componentes aeróbicos diários, força, equilíbrio e flexibilidade (ECKSTROM et al., 2020), melhorando ao máximo a sua capacidade funcional, independência e qualidade de vida que é a atual recomendação do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2014).

Ao longo dos últimos anos, o treinamento de força tem sido recomendado como importante componente em programas de exercícios físicos para indivíduos idosos. Além de ser considerado também um elemento integrante de um programa de aptidão física relacionada com a saúde (DUTRA et al., 2013; NETO et al., 2015).

O treinamento de força tradicional tem por finalidade promover melhorias no sistema musculoesquelético, aumentando a força, a potência e a resistência muscular, além de aumentar a densidade óssea, porém, este tipo de treinamento representa estímulos diferentes ao organismo e dependem diretamente de fatores como a intensidade, volume, densidade, dentre outros, e, portanto, resultam em adaptações musculares e cardiovasculares distintas (BRUM et al., 2004; DUTRA et al., 2013; FERNANDES, 2014; GARATACHEA et al., 2015).

Sabe-se ainda que para ganhos de força e aumento da massa muscular, a recomendação do ACSM (2014) é que cargas mais intensas precisam ser utilizadas (70 – 85%) da força máxima (1 RM) para gerar adaptações metabólicas e hormonais que facilitem o aumento da síntese de proteínas musculares. Porém, algumas populações, como os idosos, por exemplo, possuem restrições e contraindicações para a realização do treinamento de força de alta intensidade, como condições de saúde ou lesões musculoesqueléticas, e são limitadas ao treinamento de força de baixa intensidade (LOENNEKE et al., 2012, YASUDA et al., 2013). O que para esta população não seria tão indicado para modificar ou retardar as alterações provenientes do processo de envelhecimento, como o declínio da força muscular, a sarcopenia e a osteoporose, muito presentes neste processo (TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012).

Nesse contexto, diversos métodos de treinamento têm sido desenvolvidos, investigados e aplicados, com o intuito de garantir os benefícios do treinamento de força, sem, contudo, afetar a saúde da população idosa. Assim, o método de oclusão vascular, também conhecido como *Kaatsu Training*, tem sido utilizado no treinamento de força para proporcionar os benefícios semelhantes àqueles trabalhados em alta intensidade (KIM et al., 2016) que consiste em realizar diversos tipos de exercícios físicos com um manguito pressurizado relativamente leve e flexível colocado na parte proximal dos membros inferiores ou superiores, causando a restrição do fluxo sanguíneo arterial para o membro, enquanto que restringe totalmente o fluxo venoso nos músculos durante a prática de exercício físico (SATO, 2005; POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013; POTON; POLITO, 2014; CUFFE et al., 2022).

Estudos sugerem que o treinamento de força em baixa intensidade combinado com a oclusão vascular, pode ser usado por populações incapazes de realizar altos níveis de esforço durante o treinamento de força (TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012; ANDERSON;

LECLERE, 2017). Para os idosos, o treinamento de força com oclusão vascular pode trazer vários benefícios, incluindo aumento da força muscular, pois a restrição do fluxo sanguíneo durante o exercício cria um estímulo de treinamento de alta intensidade que pode levar a aumentos significativos na força e tamanho muscular (NASCIMENTO; SCHOENFELD; PRESTES, 2019), função física aprimorada, com o aumento da força e resistência musculares que auxiliam a reduzir o risco de quedas e lesões, melhora da saúde cardiovascular, pois o treinamento de oclusão vascular demonstrou ser benéfico na redução a pressão arterial e melhorando o fluxo sanguíneo. Além disso, tem se demonstrado o aumento da densidade óssea e redução do risco de osteoporose (AMORIM et al.; 2019).

A maioria dos estudos na literatura científica que avaliaram o treinamento físico utilizando a metodologia de oclusão vascular, o fizeram com diferentes recursos materiais para a identificação da pressão total de oclusão para a correta e segura prescrição do treinamento físico com oclusão vascular (LOENNEKE et al. 2014; NETO et al., 2015; LAURENTINO et al.; 2016). Outros utilizam valores absolutos da pressão arterial de repouso, principalmente a sistólica (THIEBAUD et al., 2013). Porém, poucos estudos são encontrados na literatura científica que utilizaram as características dos sujeitos avaliados, a partir da árvore de regressão por decisão, para prever a pressão total de oclusão para a prescrição do treinamento com oclusão vascular e nenhum estudo foi encontrado até o momento desenvolvido para a população idosa, sendo este, portanto, um trabalho pioneiro em que se utiliza de algoritmos para proporcionar segurança na aplicabilidade prática do treinamento com oclusão vascular em idosos.

Neste sentido, este estudo teve como finalidade prever o percentual de restrição do fluxo sanguíneo para o treinamento físico com oclusão vascular para a população idosa, a criação de um aplicativo que calcule a pressão total de oclusão e que auxilie profissionais de saúde na aplicabilidade prática do método com segurança e baixo custo.

## **Materiais e métodos**

Todos os participantes desta pesquisa foram informados sobre os objetivos, o protocolo e os procedimentos a serem realizados, bem como os riscos e benefícios do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) contendo todas estas informações. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão (CEP/UFMA) sob o parecer de número 2.076.159, atendendo as determinações contidas na resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) nº 466 de 12 de dezembro de 2012 e na resolução do CNS nº 441, de 12 de maio de 2011.

A pesquisa trata-se de um estudo quantitativo transversal, realizado entre o período de janeiro de 2022 a setembro de 2022. Foram incluídos no estudo 250 participantes com idade superior a 60 anos selecionados a partir de um banco de dados pertencente ao departamento de Educação Física da Universidade Federal do Maranhão por terem participado anteriormente em outros projetos de pesquisa e do banco de dados pertencente ao Centro de Atenção Integral ao Idoso (CAISI), órgão vinculado à Prefeitura Municipal de São Luís, Maranhão.

A participação na pesquisa atendeu aos seguintes critérios: pessoas com idade igual ou superior a 60 anos, que não apresentaram qualquer tipo de doença crônico-degenerativa

descontrolada e sem práticas regulares de exercícios físicos por pelo menos seis meses que antecederam o estudo.

As medições antropométricas foram realizadas segundo as diretrizes da Sociedade Internacional para o avanço da Cineantropometria (STEWART et al., 2011). Foram determinadas as seguintes variáveis antropométricas: peso corporal, estatura, dez dobras cutâneas (peitoral, axilar medial, suprailíaca, supraespinhal, abdominal, subescapular, tricípital, bicipital, coxa medial e panturrilha medial) e oito perímetros corporais (ombro, tórax, cintura, abdominal, braço relaxado, antebraço relaxado, coxa medial e panturrilha). Todas as medidas foram realizadas no mesmo período e pelo mesmo avaliador. O avaliado permaneceu em posição ortostática, com roupa apropriada para a avaliação, enquanto o avaliador realizava as medidas de circunferência e de dobras cutâneas.

Para a identificação do Índice de Massa Corporal (IMC), realizou-se a medida de peso corporal por meio de uma balança digital da marca Balmak®, com capacidade de 150 quilogramas e precisão de 100 gramas; a estatura, por meio de um estadiômetro vertical, compacto, tipo trena EST 23, na escala milimétrica da marca Sanny®, assim como a medida de circunferência, utilizou-se uma fita métrica com precisão de 1 milímetro da mesma marca.

O IMC foi calculado considerando-se a razão entre o peso corporal (em Kg) e a estatura (em metros) ao quadrado ( $\text{Kg/m}^2$ ) (ABESO, 2016) e classificado segundo as referências da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2004). A medida das dobras cutâneas foi aferida do lado direito do indivíduo, utilizando um compasso científico da marca Sanny® com precisão de 1 milímetro.

Para a determinação do percentual de gordura, foi aplicada a equação de predição de Densidade Corporal (DC) proposta por Petroski (1995) com a utilização de quatro dobras cutâneas, descrita a seguir:  $(DC = 1,02902361 - 0,00067159 * (Dobra\ cutânea\ subescapular + Dobra\ cutânea\ tricípital + Dobra\ cutânea\ suprailíaca + Dobra\ cutânea\ da\ panturrilha) + 0,00000242 * (Dobra\ cutânea\ subescapular + Dobra\ cutânea\ tricípital + Dobra\ cutânea\ suprailíaca + Dobra\ cutânea\ da\ panturrilha)^2 - 0,0002073 * (Idade) - 0,00056009 * (Massa\ corporal) + 0,00054649 * (Estatura))$ . Posteriormente, para conversão da DC em percentual de gordura corporal (%G), foi utilizada a equação de Siri (1961):  $(\%G = [(4,95 / DC) - 4,50] * 100)$  (PETROSKI; PIRES-NETO; NETO, 1995).

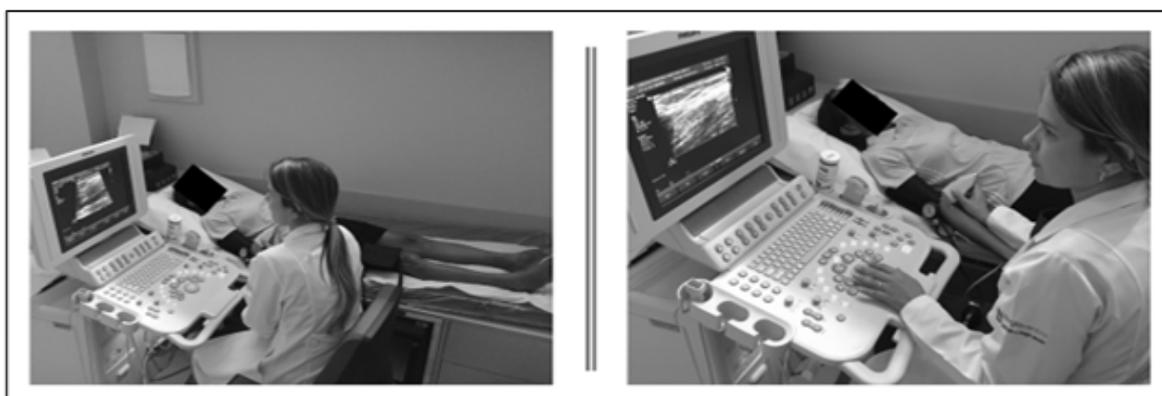
Para a avaliação das variáveis hemodinâmicas, os sujeitos permaneceram sentados em repouso por um período de 10 minutos. A avaliação da pressão arterial sistólica, diastólica e frequência cardíaca, foi realizada por três vezes com um minuto de intervalo entre as medições usando um monitor digital (Microlife® São Paulo, SP, Brasil), de acordo com as recomendações da 7ª Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (MALACHIAS et al., 2016). A média dos três valores foi utilizada para determinar a pontuação final.

Para determinar a Pressão Total de Oclusão (PTO), utilizou-se um aparelho de Ecocolor Doppler vascular (HD11 XE Revision 2.0.8, Philips Ultrasound, Andover, MA, USA) e um transdutor de matriz linear de 5-12 MHz para otimizar a resolução na profundidade da artéria braquial, técnica esta considerada padrão ouro em diversos estudos, e foi realizado por uma médica angiologista experiente neste tipo de procedimento, reduzindo os possíveis erros e garantindo fidedignidade e confiança ao estudo.

As orientações para a realização do exame foram descritas em outros estudos, no qual os sujeitos foram orientados a não praticar nenhum tipo de esforço físico por pelo menos 8 horas que antecede o exame, bem como evitar a cafeína ou a nicotina por pelo menos 4 horas, realizado em uma sala silenciosa e com temperatura controlada (ALLEY et al., 2014; STORCH et al., 2017).

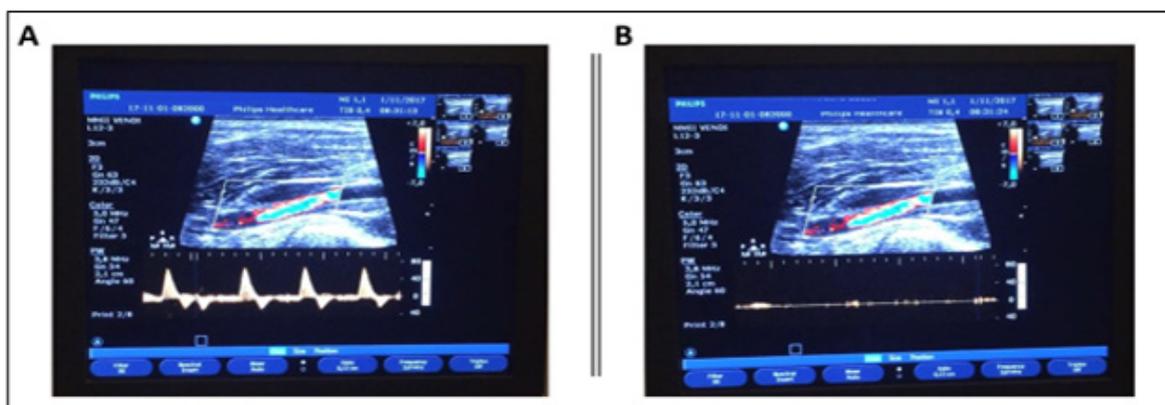
Os sujeitos foram colocados em decúbito dorsal e com o auxílio de um manguito pneumático (7 cm de largura x 80 cm de comprimento) da marca WCS® (Cardiomed), foi colocado no braço direito a uma distância de cinco centímetros acima da fossa cubital, foi inflado, causando a oclusão total da artéria braquial para a identificação da PTO de membros superiores. Já para a identificação da PTO de membros inferiores, o manguito pneumático (13 cm de largura x 80 cm de comprimento) foi colocado na região inguinal da coxa direita, inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria poplítea, fosse interrompido e a onda de pulso gerada pela imagem de ultrassom desaparecesse (THIJSSSEN et al., 2009; KIZHAKEKUTTU et al., 2010; STORCH et al., 2017).

**Figura 01.** Posição do avaliado durante a avaliação da pressão total de oclusão.



Fonte: Imagem capturada pelo próprio autor.

**Figura 02.** Imagem da tela do ultrassom antes (A) e após (B) a oclusão arterial total.



Fonte: Imagem capturada pelo próprio autor.

## Análise estatística

Os dados foram analisados usando o pacote estatístico GraphPad Prism 6.01 (GraphPad, San Diego, Califórnia, EUA). Os resultados do estudo são apresentados de acordo com a estatística descritiva (média e desvio padrão, mínimo, máximo) para as características dos sujeitos, dados antropométricos, composição corporal e variáveis hemodinâmicas.

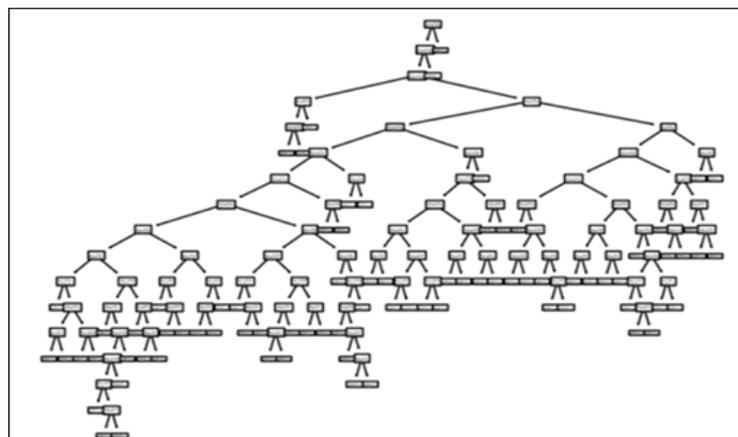
## Algoritmo de aprendizado de máquina

As variáveis independentes utilizadas (entradas do modelo) foram o percentual de gordura corporal, as circunferências corporais de braço e coxa medial e a pressão arterial sistólica e diastólica de repouso. A variável dependente (saída) foi a pressão total de oclusão identificada pelo ecocolor Doppler vascular. O banco de dados formado por 250 amostras, foi dividido em um conjunto de treinamento e um conjunto de teste. Assim, o conjunto de treinamento dará origem ao modelo matemático para estimação da pressão total de oclusão dos sujeitos usando a técnica de regressão de árvore de decisão. O conjunto de teste foi utilizado para avaliar os resultados. Para garantir a robustez e evitar overfitting foi utilizado no modelo a validação cruzada *K-Fold* ( $k=5$ ) (SOUSA et al., 2019).

A técnica utilizada para implementação do modelo foi a técnica de aprendizado de máquina denominada regressão por árvore de decisão. A regressão por árvore de decisão tende a ser menos disseminada que a árvore de decisão para resolução de problemas de classificação. Entretanto, quando comparado a outras técnicas de regressão, também possui um bom poder de predição e geralmente é utilizada para resolução de reais (MONARD; BARANAUSKAS, 2003; HINDRAYANI et al., 2020).

A Regressão por Árvores de Decisão é constituída pela Raiz, Nó e Folha semelhante às árvores de classificação. A diferença entre as árvores de regressão e as árvores de classificação está na saída. A saída da árvore de regressão é um valor contínuo ou valor de número real em vez de uma classe. As vantagens em sua utilização é a facilidade em entender, interpretar, além de permitir menor ações no pré-processamento dos dados (HINDRAYANI et al., 2020).

**Figura 03.** Representação do modelo da árvore de decisão por regressão gerada pelo algoritmo na identificação da pressão total de oclusão para membros superiores.



Fonte: Imagem capturada pelo próprio autor a partir do algoritmo.

## Resultados

Foram avaliados 250 idosos com idade média de  $65.7 \pm 5.1$  anos, sendo 45.6% (n=114) do sexo masculino e 54.4% (n=136) do sexo feminino. As características dos sujeitos e os dados antropométricos e hemodinâmicos utilizados para criar o modelo de árvore de decisão pela regressão são apresentados na tabela 01.

**Tabela 01.** Características dos sujeitos, dados antropométricos e hemodinâmicos.

| <i>DADOS ANTROPOMÉTRICOS</i> |              |        |        |
|------------------------------|--------------|--------|--------|
| Variável                     | Média ± DP   | Mínimo | Máximo |
| Idade (anos)                 | 65.7 ± 5.1   | 59.0   | 81.0   |
| Peso (kg)                    | 66.6 ± 11.7  | 48.0   | 110.0  |
| Estatura (cm)                | 151.8 ± 6.5  | 137.0  | 171.0  |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> )     | 28.8 ± 4.5   | 20.2   | 47.8   |
| Gordura Corporal (%)         | 48.2 ± 12.0  | 24.4   | 78.2   |
| Circunf. Braço (cm)          | 30.1 ± 3.6   | 22.9   | 41.7   |
| Circunf. Coxa (cm)           | 53.2 ± 6.1   | 43.0   | 72.2   |
| <i>DADOS HEMODINÂMICOS</i>   |              |        |        |
| PAS (mmHg)                   | 125.1 ± 12.3 | 98.0   | 156.0  |
| PAD (mmHg)                   | 71.2 ± 7.2   | 56.0   | 91.0   |
| FC (bpm)                     | 74.7 ± 8.5   | 54.0   | 94.0   |
| PTO MS (mmHg)                | 175.1 ± 36.7 | 120.0  | 300.0  |
| PTO MI (mmHg)                | 213.0 ± 43.0 | 100.0  | 300.0  |

Kg = quilograma; cm = centímetros; IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; PTO = pressão de oclusão total. Estatísticas de dados descritivos foram usadas. Valores apresentados pela média ± desvio padrão.

Vários modelos foram testados para identificar as melhores variáveis para identificar a pressão de oclusão total dos sujeitos e o modelo mais adequado e com melhores resultados foi a árvore de decisão por regressão, que cria critérios para dividir os algoritmos pertencentes à Indução Top Down de Árvores de Decisão — TDIDT (34).

A partir do teste do modelo de árvore de decisão por regressão, as variáveis com melhores resultados para prever e identificar a pressão de oclusão total dos sujeitos foram divididas em membros superiores e inferiores, tabela 02, na qual podemos destacar o percentual de gordura, circunferência do braço, bíceps dobra cutânea e pressão arterial diastólica para estimar membros superiores com valores de  $R = 0.900$  e  $R^2 = 0.81$ , e também o percentual de gordura, circunferência medial da coxa e pressão arterial diastólica para membros inferiores com valores de  $R = 0.843$  e  $R^2 = 0.71$ .

**Tabela 02.** Variáveis de entrada em nosso modelo e os respectivos resultados para a predição da pressão total de oclusão para os membros superiores e inferiores.

| ATRIBUTO                    | ABREVIACÃO | UNIDADE | RESULTADOS                                       |
|-----------------------------|------------|---------|--|
| <b>MMSS</b>                 |            |         |  |
| Circunferência do Braço     | CB         | cm      | R <sup>2</sup> = 0.81<br>SEE = 6.4      R = 0.90 |
| Dobra Cutânea do Bíceps     | DCB        | mm      |  |
| Percentual de Gordura       | %G         | %       |  |
| Pressão Arterial Diastólica | PAD        | mmHg    |  |
| <b>MMII</b>                 |            |         |  |
| Circunferência da Coxa      | CC         | cm      | R <sup>2</sup> = 0.71<br>SEE = 6.7      R = 0.84 |
| Percentual de Gordura       | %G         | %       |  |
| Pressão Arterial Diastólica | PAD        | mmHg    |  |

MMSS = Membros Superiores; MMII = Membros Inferiores; cm = centímetro; mm = milímetro; mmHg = milímetro de mercúrio; SEE = Erro padrão médio.

## Discussão

Este estudo teve como objetivo estimar o percentual de restrição do fluxo sanguíneo para o treinamento físico com oclusão vascular para a população idosa. Foi utilizado o método de árvore de decisão por regressão para prever a pressão total de oclusão para membros superiores e inferiores em idosos, baseado em estudos anteriores que utilizaram as características antropométricas e hemodinâmicas dos sujeitos envolvidos (LOENNEKE et al., 2014; JESSEE et al., 2016; CIRILO-SOUSA et al., 2019), como a circunferência dos membros superiores e inferiores, pressão arterial sistólica e diastólica de repouso, além do percentual de gordura e dobras cutâneas selecionados a partir do nosso banco de dados pelo método utilizado.

Com o passar dos anos, as técnicas para a aplicação da pressão nos manguitos durante o treinamento físico com oclusão vascular vêm evoluindo significativamente. Estudos mais antigos, por muitas vezes, somente a pressão arterial de repouso como base de referência para a aplicação do método (TAKARADA, TAKAZAWA E ISHII, 2000a; TAKARADA et al., 2000b; TAKARADA et al., 2000 c; TAKARADA, SATO E ISHII, 2002d; MOORE et al., 2004; THIEBAUD et al., 2013).

Adiante, é possível perceber que o uso do doppler vascular se tornou frequente na identificação da pressão total de oclusão, sendo por diversas vezes, utilizados valores relativos (%) a esta pressão (NETO et al., 2015; LAURENTINO et al., 2016; WANG et al., 2022; FRANZ et al., 2022), proporcionando maior segurança e menores riscos e efeitos adversos.

Atualmente, porém, já existem estudos que utilizaram modelos matemáticos para a criação de equações que predizem a pressão total de oclusão a partir das características dos sujeitos e tendo como referência a pressão total de oclusão identificadas pelo doppler vascular. Cabe ressaltar, que todos os estudos que criaram as referidas equações preditivas foram desenvolvidas

em indivíduos jovens adultos (LOENNEKE et al., 2014; JESSEE et al., 2016; CIRILO-SOUSA et al., 2019).

A maioria dos estudos na literatura científica que avaliaram o treinamento físico utilizando a metodologia de oclusão vascular, utilizam de diferentes recursos materiais para a identificação da pressão total de oclusão para a correta e segura prescrição do treinamento físico com oclusão vascular (LOENNEKE et al. 2014). Outros utilizam valores absolutos da pressão arterial de repouso, principalmente a sistólica (THIEBAUD et al., 2013). Porém, poucos estudos são encontrados na literatura científica que utilizaram as características dos sujeitos avaliados, a partir de modelos matemáticos, para a prever a pressão total de oclusão para a prescrição do treinamento com oclusão vascular e nenhum estudo foi encontrado até o momento desenvolvido para a população idosa, sendo este o primeiro estudo a identificar a pressão total de oclusão por modelo matemático a partir das características dos sujeitos.

Em um estudo realizado por Cirilo-Sousa e colaboradores (2019) desenvolveram uma equação preditiva dos níveis de pressão do manguito para uso no treinamento com oclusão vascular somente para os membros inferiores a partir da coleta de dados de 51 adultos com média de idade de  $23.23 \pm 5.24$  anos de ambos os sexos (homens,  $n = 32$ ; mulheres,  $n = 19$ ) (CIRILO-SOUSA *et al.*, 2019). Um número de sujeitos avaliados bem inferior ao utilizado em nosso estudo que foi de uma amostra 4,9 vezes maior (250 indivíduos), proporcionando uma robustez maior de dados e resultados comparado ao publicado no referido estudo.

Os autores submeteram os participantes a uma série de testes e medidas antropométricas (massa corporal, altura, índice de massa corporal – IMC e circunferência da coxa – CC) e hemodinâmicas (pressão sistólica e diastólica). A pressão de oclusão arterial usada como referência para a elaboração da equação preditiva dos membros inferiores foi obtida a partir da utilização de uma sonda doppler (CIRILO-SOUSA et al., 2019), enquanto que em nosso estudo foi utilizado um aparelho de Ecocolor Doppler vascular, considerado na literatura científica, como padrão ouro para a identificação da pressão total de oclusão por obter 3 dados que confirmam de fato a existência de total oclusão arterial, que são a imagem da artéria emitida pelo equipamento, a onda de fluxo sanguíneo e o som cessado no bloqueio sanguíneo no local da oclusão (KIZHAKEKUTTU et al., 2010; STORCH et al., 2017).

O mesmo estudo utilizou um modelo hierárquico de regressão linear composto por blocos, que teve como entrada a circunferência da coxa, pressão arterial sistólica, idade e sexo, para a criação da equação preditiva para a aplicação do treinamento com oclusão vascular para membros inferiores.

Os autores concluíram que a pressão do manguito para o treinamento com oclusão vascular para membros inferiores pode ser selecionada com base nas medidas de circunferência da coxa, pressão arterial sistólica, idade e sexo, sendo que, a circunferência da coxa é considerada a principal preditora (CIRILO-SOUSA et al., 2019). Os nossos dados correspondentes a pressão total de oclusão para membros inferiores, corroboram com estes resultados, visto que, a única variável em comum com o referido estudo, é a circunferência da coxa, sendo portanto, base fundamental para a identificação da predição da pressão total de oclusão para membros inferiores, porém apresentamos valores de  $R^2 = 0.71$ , resultado altamente relevante e superior ao referido estudo.

Outro estudo que também buscou elaborar uma equação preditiva para a identificação da pressão total de oclusão foi o de Loenneke et al. (2014) que objetivou determinar quais fatores deveriam ser levados em consideração para definir a pressão do manguito de oclusão vascular para os membros superiores e inferiores. 171 sujeitos participaram do estudo e foram avaliados a circunferência do braço, espessura do músculo e a espessura da gordura por meio de aparelho de ultrassom, além da pressão arterial sistólica e diastólica tomadas na posição supina. Para a determinação da pressão total de oclusão utilizada como referência, os autores também utilizaram uma sonda Doppler. Tal estudo, também utilizou um modelo hierárquico de regressão linear para determinar o maior preditor para membros superiores e inferiores, sendo empregado dois modelos para os braços e um modelo para as pernas.

Os autores concluem que a circunferência do braço e a pressão arterial sistólica, devem ser levadas em consideração ao determinar as pressões dos manguitos de oclusão vascular. Além disso, a circunferência da coxa também é apresentada como maior preditor da pressão total de oclusão para membros inferiores.

Outro estudo, conduzido por Jesse e colaboradores (2016), buscou examinar diferenças na pressão total de oclusão do braço a partir de três larguras diferentes (5, 10 e 12 cm) de manguito e utilizou ainda as variáveis de sexo e raça para criar equações a partir do modelo de regressão linear que estimam a pressão total de oclusão para cada largura do manguito. Para isso, 249 (homens  $n = 102$ ; mulheres  $n = 147$ ) foram ao laboratório e as variáveis coletadas foram do comprimento e circunferência do braço, pressão arterial sistólica e diastólica de repouso. Uma quantidade de sujeitos bem próxima ao número de participantes avaliados em nosso estudo que foi de 250 sujeitos.

Os autores utilizaram os três manguitos de larguras diferentes para identificar a pressão total de oclusão a partir de um doppler vascular e os resultados demonstram uma diferença significativa entre os manguitos ( $p > 0.001$ ).

Os valores de  $R^2$  do referido estudo é de 0.651, 0.570 e 0.557, para os manguitos de 5, 10 e 12 cm respectivamente, apresentando também um valor inferior ao nosso estudo.

Assim, os autores concluíram que a pressão total de oclusão é influenciada pela largura do manguito além das características dos participantes, especialmente a circunferência do braço (JESSEE et al., 2016). As equações preditivas dos estudos acima citados estão dispostas na tabela 04 a seguir:

**Tabela 04** – Equações preditivas publicadas na literatura científica utilizando as características dos sujeitos a partir de um modelo matemático.

|  |
|--|
| <p><b>Cirilo-Sousa e colaboradores (2019)</b><br/> <math>PTO \text{ (mmHg)} = 65.290 + 1.110 \text{ (Circunferência da coxa em cm)} + 0.178 \text{ (PAS em mmHg)} + 1.153 \text{ (idade em anos)} - 7.984 \text{ (sexo, 1 - masculino e 2 - feminino)}</math>, com valores de <math>R = 0.630</math>, <math>R^2 = 0.39</math></p>  |
| <p><b>Loenneke et al. (2014)</b><br/> <u>Membros superiores</u><br/> <math>PTO \text{ (mmHg)} = 0.514 \text{ (PAS)} + 0.339 \text{ (PAD)} + 1.461 \text{ (Circunferência do braço)} + 17.236</math><br/><br/> <math>PTO \text{ (mmHg)} = 0.667 \text{ (PAS)} + 0.210 \text{ (PAD)} + 0.331 \text{ (Espessura muscular)} + 0.446 \text{ (Espessura de gordura)} + 26.275</math><br/><br/> <u>Membros inferiores</u><br/> <math>PTO \text{ (mmHg)} = 5.893 + \text{ (Circunferência da coxa)} + 0.735 \text{ (PAD)} + 0.912 \text{ (PAS)} - 220.046</math></p>   |
| <p><b>Jessee et al. (2016)</b><br/> <b>5 cm</b> <math>PTO \text{ braço (mmHg)} = 2.926 \text{ (circunferência do braço)} + 1.002 \text{ (PAS)} - 0.428 \text{ (comprimento do braço)} + 0.213 \text{ (PAD)} + 12.668 \text{ (sexo)} - 68.493</math><br/><br/> <b>10 cm</b> <math>PTO \text{ braço (mmHg)} = 1.545 \text{ (circunferência do braço)} + 0.722 \text{ (PAS)} - 0.235 \text{ (comprimento do braço)} + 0.205 \text{ (PAD)} + 6.378 \text{ (sexo)} - 15.918</math><br/><br/> <b>12 cm</b> <math>PTO \text{ (mmHg)} = 1.393 \text{ (circunferência do braço)} + 0.710 \text{ (PAS)} - 0.294 \text{ (comprimento do braço)} + 0.164 \text{ (PAD)} + 6.419 \text{ (sexo)} - 8.752</math></p> |

As circunferências dos membros superiores e inferiores é notadamente importante como ferramenta para a identificação da pressão total de oclusão, visto que a massa muscular de idosos é comprovadamente menor quando comparado a indivíduos mais jovens (GOTO et al., 2018), podendo interferir diretamente na aplicação da pressão a ser exercida durante o método de oclusão vascular e por isso requer um estudo mais aprofundado com as características específicas da população.

Com relação as variáveis escolhidas como atributos de entrada do modelo, foram utilizados o percentual de gordura, a dobra cutânea do bíceps, a circunferência do braço, pressão arterial diastólica para a identificação da pressão total de oclusão para os membros superiores, visto que há uma diferença já reportado na literatura sobre a pressão exercida nos braços comparado com as pernas, devido as massas corporais evolvidas, como músculo e gordura. Enquanto, que para a identificação da pressão total de oclusão para os membros inferiores, as variáveis utilizadas foram o percentual de gordura, circunferência da coxa, tendo como base o estudo Cirilo-Sousa et al. (2019) e pressão arterial diastólica da forma que Loenneke et al. (2014) utilizaram em seu estudo.

Cabe ressaltar que todos os estudos citados foram desenvolvidos com características de indivíduos adultos, diferentemente do nosso estudo, que foi desenvolvido com as características referentes a pessoa idosa, pois os fatores a serem considerados, é o fato do idoso acumular mais gordura corporal do que indivíduos mais jovens, ou seja, mudanças clinicamente significativas que ocorrem durante o envelhecimento, destacam-se aquelas que alteram a composição corporal, levando à diminuição da massa muscular e densidade óssea e também ao aumento da massa gorda, com modificações no padrão de distribuição da gordura corporal (FALSARELLA et

al., 2015; NASCIMENTO, 2019), por isso, justifica-se incluir os dados correspondentes ao percentual de gordura do idosos, além da medida de dobra cutânea do bíceps para a identificação da pressão total de oclusão.

Alterações decorrentes do processo de envelhecimento acontecem nas paredes dos vasos, mais precisamente no endotélio, onde os compostos que induzem a vasodilatação, como o óxido nítrico, são reduzidos e por sua vez, os compostos que induzem a vasoconstrição, aumentados, havendo um desequilíbrio desses componentes ocasionando uma disfunção endotelial nesses indivíduos (BATLOUNI, 2001; ALLEY et al., 2014; STORCH et al., 2017; DELOREY et al., 2021) aumentando a rigidez arterial, com consequente aumento da resistência do vaso.

Devido a estas modificações, estudos tem demonstrado que durante o envelhecimento, a pressão arterial sofre grandes alterações, onde a pressão sistólica aumenta continuamente ao longo do tempo, enquanto a pressão diastólica primeiro aumenta e depois diminui ligeiramente após a meia-idade (MAKSUTI et al., 2016), por isso faz-se necessário incluir esta variável para prever a pressão total em idosos, visto que, principalmente a pressão arterial diastólica está relacionada diretamente com a resistência periférica do vaso.

## **Conclusão**

Este estudo sugere que para a predição da pressão total de oclusão em indivíduos idosos, as variáveis que devem ser levadas em consideração para a identificação da PTO para os membros superiores são: o percentual de gordura corporal, dobra cutânea do bíceps braquial, a circunferência da coxa e a pressão arterial diastólica, enquanto que para a identificação da PTO para os membros inferiores, as variáveis que devem ser levadas em consideração são: o percentual de gordura corporal, a circunferência da coxa e a pressão arterial diastólica, com boa reprodutibilidade, relevância e baixo custo. Vale ressaltar que estas variáveis só podem ser aplicadas na população em questão e que a utilização dessas variáveis não pode ser aplicada em outro público, que, para isto, novos estudos teriam que ser desenvolvidos para este fim.

## **Aplicações práticas**

Levando-se em considerações essas evidências e tendo em vista uma abordagem prática, pode-se inferir que os achados no presente estudo podem auxiliar profissionais da área da saúde na utilização segura do método de oclusão vascular em idosos, minimizando os riscos ou efeitos adversos. No entanto, um número maior de estudos referentes ao assunto deve ser realizado, de modo que a aplicabilidade prática do método de oclusão vascular em idosos possa ser melhor elucidado.

## **Conflito de interesses**

Os autores declaram não haver conflitos de interesse neste trabalho.

## Referências

ABESO. **Diretrizes brasileiras de obesidade 2016**/ABESO. 4.ed. - São Paulo, SP, p. 1–188, 2016.

AL-MALLAH, Mouaz H.; SAKR, Sherif; AL-QUNAIBET, Ada. Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Disease Prevention: an update. **Current Atherosclerosis Reports**, v. 20, n. 1, jan. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11883-018-0711-4>.

ALLEY, H. et al. Ultrasound Assessment of Endothelial-Dependent Flow-Mediated Vasodilation of the Brachial Artery in Clinical Research. **Journal of Visualized Experiments**, n. 92, p. 1–11, 2014.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. P. 268

AMORIM, Samuel et al. The Effects of Resistance Exercise With Blood Flow Restriction on Flow-Mediated Dilation and Arterial Stiffness in Elderly People With Low Gait Speed: protocol for a randomized controlled trial. **Jmir Research Protocols**, v. 8, n. 11, p. 73-81, 1 nov. 2019. JMIR Publications Inc.. <http://dx.doi.org/10.2196/14691>.

ANDERSON, A.; LECLERE, L. Blood Flow Restriction Therapy: Theories, Science, and Current Clinical Results. **Spring**, v. 1, n. 01, p. 2–6, 2017.

BARBIERI, Elena et al. The Pleiotropic Effect of Physical Exercise on Mitochondrial Dynamics in Aging Skeletal Muscle. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2015, n. 01, p. 1-15, 2015. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/917085>.

BATLOUNI, M. Endotélio e hipertensão arterial. **Revista Brasileira de Hipertensão**. v. 8, n. 3, p. 328-338, 2001.

BIAZUS-SEHN, Luiz Fernando et al. Effects of physical exercise on cognitive function of older adults with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. **Archives Of Gerontology And Geriatrics**, v. 89, n. 1, p. 104048, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2020.104048>.

BRUM, P.C. et al. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**. v. 18, n. esp., p. 21-31, 2004.

CIRILO-SOUSA, Maria do Socorro et al. PREDICTIVE EQUATION FOR BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, n. 6, p. 494-497, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220192506186803>.

CUFFE, Molly et al. Current Trends in Blood Flow Restriction. **Frontiers In Physiology**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 6 jul. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2022.882472>.

DELOREY, Darren S. et al. Sympathetic vasoconstriction in skeletal muscle: modulatory effects of aging, exercise training, and sex. **Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism**, v. 46, n. 12, p. 1437-1447, dez. 2021. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2021-0399>.

DUTRA, M. T. et al. Hipotensão pós-exercício resistido: Uma revisão da literatura. **Revista da Educação Física**, v. 24, n. 1, p. 145–157, 2013.

ECKSTROM, Elizabeth; NEUKAM, Suvi; KALIN, Leah; WRIGHT, Jessica. Physical Activity and Healthy Aging. **Clinics In Geriatric Medicine**, v. 36, n. 4, p. 671-683, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cger.2020.06.009>.

FALSARELLA, Gláucia et al. Body composition as a frailty marker for the elderly community. **Clinical Interventions In Aging**, p. 1661, out. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.2147/cia.s84632>.

FERNANDES, B. L. V. Atividade Física no processo de envelhecimento. **Revista portal de divulgação**, n. 40, p. 43–48, 2014.

FRANZ, Alexander et al. Impact of a Six-Week Prehabilitation With Blood-Flow Restriction Training on Pre- and Postoperative Skeletal Muscle Mass and Strength in Patients Receiving Primary Total Knee Arthroplasty. **Frontiers In Physiology**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 14 jun. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2022.881484>.

GARATACHEA, N. et al. Exercise Attenuates the Major Hallmarks of Aging. **Rejuvenation Research**, v. 18, n. 1, p. 57–89, 2015.

GOTO, Kazuya et al. Longitudinal changes and body composition assessment using bioelectrical impedance in elderly patients with mild disequilibrium and different care needs. **Journal Of Physical Therapy Science**, v. 30, n. 12, p. 1473-1476, 2018. Society of Physical Therapy Science. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.30.1473>.

HEARING, C. M. et al. Physical Exercise for Treatment of Mood Disorders: a critical review. **Current Behavioral Neuroscience Reports**, v. 3, n. 4, p. 350-359, 14 out. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40473-016-0089-y>.

HINDRAYANI, Kartika Maulida *et al.* Indonesian Stock Price Prediction including Covid19 Era Using Decision Tree Regression. **2020 3Rd International Seminar On Research Of Information Technology And Intelligent Systems (Isriti)**, p. 344-347, 10 dez. 2020. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/isriti51436.2020.9315484>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções Populacionais para o Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade: 2010-2060**. 2020. Disponível em: <https://www.>

[ibge.gov.br/en/statistics/social/population/18176-population-projection.html](http://ibge.gov.br/en/statistics/social/population/18176-population-projection.html). Acesso em: 14 mar. 2023.

JESSEE, Matthew 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, p. 913-921, 28 jan. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-016-0473-5>.

KANDOLA, Aaron; STUBBS, Brendon. Exercise and Anxiety. **Physical Exercise For Human Health**, p. 345-352, 2020. Springer Singapore. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1_23).

KIM, Daeyeol et al. Comparative Effects of Vigorous-Intensity and Low-Intensity Blood Flow Restricted Cycle Training and Detraining on Muscle Mass, Strength, and Aerobic Capacity. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1453-1461, maio 2016. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000001218>.

KIZHAKEKUTTU, T. J. et al. Measuring FMD in the brachial artery: how important is QRS gating? **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 959–965, 2010.

LAURENTINO, Gilberto Candido et al. Strength Training with Blood Flow Restriction Diminishes Myostatin Gene Expression. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, v. 44, n. 3, p. 406-412, mar. 2016. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e318233b4bc>.

LIANG, Juan et al. Physical exercise promotes brain remodeling by regulating epigenetics, neuroplasticity and neurotrophins. **Reviews In The Neurosciences**, v. 32, n. 6, p. 615-629, 15 fev. 2021. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/revneuro-2020-0099>.

LOENNEKE, Jeremy P. et al. Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure. **European Journal Of Applied Physiology**, v. 115, n. 2, p. 397-405, 22 out. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-014-3030-7>.

LOENNEKE, J. P. et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, p. 2903–2912, 2012.

MAKSUTI, Elira et al. Contribution of the Arterial System and the Heart to Blood Pressure during Normal Aging – A Simulation Study. **Plos One**, v. 11, n. 6, p. 1-12, 24 jun. 2016. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0157493>.

Malachias, Marcos Vinícius B. et al. 7<sup>a</sup> **Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial**. Arq Bras Cardiol 2016; 107(3Supl.3):1-83

MONARD, Maria Carolina; BARANAUSKAS, José Augusto. Indução de regras e árvores de decisão. **Sistemas Inteligentes-fundamentos e aplicações**, v. 1, p. 115-139, 2003.

MOORE, Danielr. 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, 17 jun. 2004. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-004-1072-y>.

NASCIMENTO, Dahan da Cunha. **Exercício Físico com Oclusão Vascular**: métodos para a prescrição segura na prática clínica. São Paulo: Blucher, 2018. 76 p.

NASCIMENTO, Dahan da Cunha; SCHOENFELD, Brad J.; PRESTES, Jonato. Potential Implications of Blood Flow Restriction Exercise on Vascular Health: a brief review. **Sports Medicine**, v. 50, n. 1, p. 73-81, 26 set. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-019-01196-5>.

NETO, G. R. et al. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1064–70, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a World Health Organization Consultation. Geneva: World Health Organization, 2004. p. 256. **WHO Obesity Technical Report Series**, n. 284.

PETROSKI, E. E. L.; PIRES-NETO, C. S.; NETO, C. P. Validação de Equações Antropométricas para estimativa da densidade Corporal em Mulheres. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, 1995.

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J. M.; SCHOENFELD, B. J. A brief review: Exercise and blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, s.n., v. 27, 2013.

POTON, Roberto; POLITO, Marcos Doederlein. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. **Clinical Physiology And Functional Imaging**, v. 36, n. 3, p. 231-236, 27 nov. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/cpf.12218>.

POTON, R.; POLITO, M. D. Respostas Cardiovasculares durante Exercício Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo. **Revista Brasileira de Cardiologia**, v. 27, n. 2, p. 600–606, 2014a.

REBELO-MARQUES, A. et al. Aging Hallmarks: the benefits of physical exercise. **Frontiers In Endocrinology**, v. 9, n. 258, p. 1-15, 25 maio 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fendo.2018.00258>.

SATO, Y. The history and future of KAATSU Training. **International Journal of KAATSU Training Research**, n. 26, p. 1–5, 2005.

SOUSA, Carlos Magno et al. Development of a Computational Model to Predict Excess Body Fat in Adolescents through Low Cost Variables. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, v. 16, n. 16, p. 2962, 17 ago. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16162962>.

STEFANI, Laura; GALANTI, Giorgio. Physical Exercise Prescription in Metabolic Chronic Disease. **Advances In Experimental Medicine And Biology**, p. 123-141, 2017. Springer Singapore. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-5717-5\\_6](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-5717-5_6).

STEWART, A. A. et al. International standards for anthropometric assessment. **Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry**, p. 125f, 2011.

STORCH, A. S. et al. Methods of Endothelial Function Assessment: Description and Applications. **International Journal Of Cardiovascular Sciences**, v. 30, n. 3, p.262-273, mar. 2017. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2359-4802.20170034>.

TAKARADA, Yudai 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, 1 jan. 2000. American Physiological Society. <http://dx.doi.org/10.1152/jappl.2000.88.1.61>. (c)

TAKARADA, Yudai et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. **Journal Of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 2097-2106, 1 jun. 2000. American Physiological Society. <http://dx.doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>. (b)

TAKARADA, Yudai; SATO, Yoshiaki; ISHII, Naokata. 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, fev. 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-001-0561-5>. (d)

TAKARADA, Yudai; TAKAZAWA, Haruo; ISHII, Naokata. 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, dez. 2000. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200012000-00011>. (a)

TEIXEIRA, E. L.; HESPANHOL, K. C.; MARQUEZ, T. B.; FILHO, E. M. et al. Efeito do treinamento de força com oclusão vascular na capacidade funcional de idosas. **Ensaio e Ciência**, v. 16, n. 4, p. 77-86, 2012a.

TEIXEIRA, E. L.; HESPANHOL, K. C.; MARQUEZ, T. B. Efeito do treinamento resistido com oclusão vascular em idosas. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 6, n. 36, p.560-568, nov. 2012b.

THIEBAUD, Robert S. et al. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in

---

postmenopausal women. **Clinical Physiology And Functional Imaging**, v. 33, n. 5, p. 344-352, 3 abr. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/cpf.12033>.

THIJSSSEN, D. H. J. et al. Retrograde Flow and Shear Rate Acutely Impair Endothelial Function in Humans. **Hypertension**, v. 53, n. 6, p. 986–992, 2009.

WANG, Jiaoqin et al. Effect of Leg Half-Squat Training With Blood Flow Restriction Under Different External Loads on Strength and Vertical Jumping Performance in Well-Trained Volleyball Players. **Dose-Response**, v. 20, n. 3, p. 155932582211236, jul. 2022. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/15593258221123673>.

XU, Liya et al. The Effects of Exercise for Cognitive Function in Older Adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, v. 20, n. 2, p. 1088, 7 jan. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph20021088>.

YASUDA, T. et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. **Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports**, v. 24, n. 5, p. 799-806, 3 jun. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12087>.