

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**REGIS LUZ PEDRO**

**ANÁLISE DO IMPACTO DO TREINAMENTO AERÓBICO DE RESISTÊNCIA  
VERSUS ANAERÓBICO DE FORÇA NA FISIOLOGIA E MORFOLOGIA  
CARDÍACA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO ATRAVÉS DA  
ECOCARDIOGRAFIA COM SPECKLE TRACKING**

**CURITIBA**

**2022**

**REGIS LUZ PEDRO**

**ANÁLISE DO IMPACTO DO TREINAMENTO AERÓBICO DE RESISTÊNCIA  
VERSUS ANAERÓBICO DE FORÇA NA FISIOLOGIA E MORFOLOGIA  
CARDÍACA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO ATRAVÉS DA  
ECOCARDIOGRAFIA COM SPECKLE TRACKING**

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF AEROBIC ENDURANCE VERSUS ANAEROBIC  
STRENGTH TRAINING ON THE PHYSIOLOGY AND CARDIAC MORPHOLOGY  
OF HIGH PERFORMANCE ATHLETES BY SPECKLE TRACKING  
ECHOCARDIOGRAPHY**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. DSc. Julio Cesar Bassan.

**CURITIBA**

**2022**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es).

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Curitiba



REGIS LUZ PEDRO

**ANÁLISE DO IMPACTO DO TREINAMENTO AERÓBICO DE RESISTÊNCIA VERSUS ANAERÓBICO DE FORÇA NA FISIOLOGIA E MORFOLOGIA CARDÍACA DE ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO ATRAVÉS DA ECOCARDIOGRAFIA COM SPECKLE TRACKING.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Engenharia Biomédica.

Data de aprovação: 30 de Setembro de 2022

Dr. Julio Cesar Bassan, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Elto Legnani, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Marco Stephan Lofrano Alves, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 04/10/2022.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Antoninho (*in memoriam*) e Maria Helena (*in memoriam*), por todos os esforços em suas vidas, que me proporcionaram as melhores condições de educação e crescimento pessoal.

À minha irmã, Rejane, minha fonte de estímulo para o retorno ao meio acadêmico após tantos anos e, com seu apoio, sua ajuda, sua experiência e disposição permitiu que eu atingisse essa fase.

À Natália e à Maria Fernanda, minhas companheiras de casa, minha amorosa família, por estarem sempre ao meu lado, compreensivas pelas minhas ausências e demanda de trabalho e estudo.

Ao Professor Marcelo R. Ribas, pelo apoio incondicional, orientações e ensinamentos.

À Clínica Cisabem, nas pessoas do Dr. José Luiz e Franciyellen, mas também a todas as secretárias e funcionárias da clínica, que ajudaram direta ou indiretamente para o trabalho de coleta da pesquisa. O trabalho de todos é sempre louvável e tenho certeza de que os participantes saíram agradecidos pelo bom atendimento recebido.

Ao orientador Júlio C. Bassan, pela oportunidade, confiança e perseverança de que nosso trabalho seria concluído.

Ao colega Marco S. Lofrano Alves, por toda ajuda e apoio com seu conhecimento científico em ecocardiografia, fornecendo orientações e direcionamento para que o estudo cumprisse o objetivo.

A todos os colaboradores da pesquisa, por sua disposição em participar, educação, resiliência e apoio recebido. Foi gratificante participar ativamente do universo tão diverso que são as rotinas dos atletas em suas específicas modalidades avaliadas.

Aos professores do PPGEB – UTFPR, por compartilhar o conhecimento e suas experiências.

A todos que me apoiaram direta ou indiretamente, minha eterna gratidão!

## RESUMO

PEDRO, Regis L. **Análise do Impacto do Treinamento Aeróbico de Resistência Versus Anaeróbico de Força na Fisiologia e Morfologia Cardíaca de Atletas de Alto Rendimento Através da Ecocardiografia com Speckle Tracking**. 2022. 74 fls. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2022.

As diversas modalidades esportivas determinam diferentes padrões de remodelamento cardíaco. A ecocardiografia bidimensional é o método de imagem mais utilizado para avaliação das adaptações anatômicas e funcionais relacionadas ao exercício físico nas diversas modalidades esportivas. Entretanto, a acurácia dos índices ecocardiográficos tradicionais utilizados para avaliação da função miocárdica pode ser impactada por diferentes fatores, como pré e pós-carga aos ventrículos, geometria do ventrículo esquerdo (VE) e alta variabilidade interobservador. A ecocardiografia com *speckle tracking* é uma tecnologia recentemente incorporada na prática clínica que apresenta vantagens em relação aos índices ecocardiográficos tradicionais e tem demonstrado maior acurácia na detecção precoce das alterações da função miocárdica em diversas doenças cardiovasculares. Entretanto, sua utilidade no diagnóstico e acompanhamento das alterações funcionais do músculo cardíaco em atletas ainda não está bem estabelecida. Realizamos um estudo transversal descritivo com o objetivo de comparar os achados de ecocardiografia bidimensional com *speckle tracking* entre atletas de força e atletas de resistência. Realizou-se um ecocardiograma bidimensional completo, incluindo a determinação do *strain* longitudinal global dos ventrículos esquerdo (SLGVE) e direito (SLGVD) pelo *speckle tracking*. Os dados estão descritos como média±DP ou mediana e intervalo interquartil. Para a comparação das médias entre os dois grupos utilizamos o teste t não pareado para variáveis com distribuição normal e, alternativamente, o teste de Mann-Whitney para variáveis de distribuição não paramétrica. Avaliamos a capacidade de um modelo composto por múltiplas variáveis independentes de prever a variável dependente categórica por regressão logística. Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico MedCalc para Windows (MedCalc Software, Ostend, Belgium, versão 20.0), com o limite de significância estatística definido em 0,05. A amostra foi composta por trinta e sete atletas do sexo masculino, sendo 20 maratonistas e 17 atletas de força. A idade média foi de 37±8 anos no grupo de resistência e 34±12 anos no grupo de força (p=NS), respectivamente. Os atletas do grupo de força tiveram maior peso [91,4 (86 a 103) vs. 71,4 (65 a 75) kg, p<0,0001], maior área de superfície corporal [2,09 (2,0 a 2,2) vs. 1,85 (1,7 a 1,9) m<sup>2</sup>, p<0,001], maior índice de massa corporal [30,1 (26,7 a 32,1) vs. 22,8 (22,1 a 24,2), p<0,001] e maior frequência cardíaca em repouso [72 (66 a 82) vs. 59 (53 a 67) bpm, p<0,001] do que os atletas maratonistas. A massa ventricular esquerda foi maior no grupo de força [196,2 (160 a 213) vs. 167,9 (147 a 163) g, p=0,018], porém com índice de massa ajustado a superfície corpórea [90,4 (74 a 102) vs. 87,0 (81 a 99) g/m<sup>2</sup>, p=NS] e espessura relativa da parede (ERP) ventricular esquerda [0,37 (0,34 a 0,39) vs. 0,33 (0,32 a 0,39), p=NS] não apresentando diferenças estatísticas significativas entre os grupos. Os atletas de resistência apresentaram maiores volumes indexados do átrio esquerdo [34,3 (30 a 43) vs. 29,5 (23 a 31) mL/m<sup>2</sup>, p=0,003] e do átrio direito [26,9 (21 a 37) vs. 21,3 (18 a 25) mL/m<sup>2</sup>, p=0,005], maior diâmetro basal do ventrículo direito [39,7 (38 a 43) vs. 37,7 (35 a 40) mm, p=0,023] e maior fração de ejeção do ventrículo

esquerdo (FEVE) pelo método Simpson [61,4 (57 a 67) vs. 56,8 (53 a 62)%,  $p=0,021$ ]. A análise da função diastólica do VE não apresentou diferenças significativas entre os grupos. Tanto o SLGVD [19,7 (17 a 22) vs 17,6 (15 a 18)%,  $p=0,035$ ] quanto o SLGVE [18,4 (17 a 19) vs 16,8 (15 a 17)%,  $p=0,001$ ] foram significativamente maiores nos atletas de resistência. Utilizando-se um modelo multivariado, o SLGVE, a massa do VE e o volume indexado do AE foram variáveis independentes que se associaram ao fenótipo (força=1 ou resistência=0). O modelo preditivo com estas 3 variáveis apresentou uma AUC = 0,94 (IC95% 0,82 a 0,99,  $p<0,001$ ). O SLGVE associou-se ao fenótipo mesmo quando corrigido pela idade e FEVE [OR=0,48 (0,28-0,81),  $p=0,006$ ]. Conclui-se que atletas apresentam adaptações morfológicas cardíacas diretamente relacionadas com a modalidade de treinamento realizado. Em nosso estudo, o SLGVE foi variável independente e estatisticamente significativa mesmo quando corrigido pela idade e FEVE, o que sugere a sua utilização na avaliação ecocardiográfica de atletas de alto rendimento. Valores do SLGVE menores encontrados para os atletas de resistência necessitam de estudos posteriores para identificar quais fatores, além do treinamento, contribuem para esse achado.

**Palavras-chave:** Ecocardiografia, Speckle-tracking, Strain, atletas de força, atletas de resistência, função ventricular esquerda, deformação miocárdica.

## ABSTRACT

PEDRO, Regis L. **Analysis of the impact of aerobic endurance training versus anaerobic strength training on the physiology and cardiac morphology of high performance athletes through echocardiography with Speckle Tracking.** 2022. 74 ps. Dissertation – Post-Graduation Program in Biomedical Engineering, Federal University of Technology – Paraná. Curitiba, 2022.

The various sports modalities determine different patterns of cardiac remodeling. Two-dimensional echocardiography is the most widely used imaging method to assess exercise-related anatomical and functional adaptations in various sports modalities. However, the accuracy of traditional echocardiographic indices used for the assessment of myocardial function can be impacted by different factors, such as pre- and afterload to the ventricles, left ventricular (LV) geometry, and high interobserver variability. Echocardiography with speckle tracking is a technology recently incorporated into clinical practice that has advantages over traditional echocardiographic indices and has demonstrated greater accuracy in early detecting myocardial function changes in several cardiovascular diseases. However, its utility in the diagnosis and follow-up of functional alterations of the cardiac muscle in athletes is not yet well established. We conducted a descriptive cross-sectional study with the aim of comparing the findings of two-dimensional speckle tracking echocardiography between strength athletes and endurance athletes. A complete two-dimensional echocardiogram was performed, including the determination of the global longitudinal strain of the left ventricle (LV GLS) and right ventricle (RV GLS) by speckle tracking. Data are described as mean $\pm$ SD or median and interquartile range. To compare the means between the two groups we used the unpaired t-test for variables with normal distribution and, alternatively, the Mann-Whitney test for variables with nonparametric distribution. We assessed the ability of a model composed of multiple independent variables to predict the categorical dependent variable by logistic regression. Data were analyzed using MedCalc for Windows statistical software (MedCalc Software, Ostend, Belgium, version 20.0), with the statistical significance threshold set at 0.05. The sample was composed of thirty-seven male athletes, 20 marathon runners and 17 strength athletes. The mean age was 37 $\pm$ 8 years in the endurance group and 34 $\pm$ 12 years in the strength group (p=NS), respectively. The strength group athletes had greater weight [91.4 (86 to 103) vs. 71.4 (65 to 75) kg, p<0.0001], greater body surface area [2.09 (2.0 to 2.2) vs. 1.85 (1.7 to 1.9) m<sup>2</sup>, p<0.001], higher body mass index [30.1 (26.7 to 32.1) vs. 22.8 (22.1 to 24.2), p<0.001] and higher resting heart rate [72 (66 to 82) vs. 59 (53 to 67) bpm, p<0.001] than marathon runners. Left ventricular mass was greater in the strength group [196.2 (160 to 213) vs. 167.9 (147 to 163) g, p=0.018], but with body surface area-adjusted mass index [90.4 (74 to 102) vs. 87.0 (81 to 99) g/m<sup>2</sup>, p=NS] and relative left ventricular wall thickness (RWT) [0.37 (0.34 to 0.39) vs. 0.33 (0.32 to 0.39), p=NS] showing no statistically significant differences between groups. Endurance athletes had higher indexed left atrial volumes [34.3 (30 to 43) vs. 29.5 (23 to 31) mL/m<sup>2</sup>, p=0.003] and right atrial volumes [26.9 (21 to 37) vs. 21.3 (18 to 25) mL/m<sup>2</sup>, p=0.005], larger baseline right ventricular diameter [39.7 (38 to 43) vs.

37.7 (35 to 40) mm,  $p=0.023$ ] and higher left ventricular ejection fraction (LVEF) by Simpson method [61.4 (57 to 67) vs. 56.8 (53 to 62)%,  $p=0.021$ ]. Analysis of LV diastolic function showed no significant differences between the groups. Both RV GLS [19.7 (17 to 22) vs 17.6 (15 to 18)%,  $p=0.035$ ] and LV GLS [18.4 (17 to 19) vs 16.8 (15 to 17)%,  $p=0.001$ ] were significantly higher in endurance athletes. Using a multivariate model, LV GLS, LV mass, and indexed LA volume were independent variables associated with the phenotype (strength=1 or endurance=0). The predictive model with these 3 variables had an AUC = 0.94 (95% CI 0.82 to 0.99,  $p<0.001$ ). LV GLS was associated with the phenotype even when corrected for age and LVEF [OR=0.48 (0.28-0.81),  $p=0.006$ ]. We conclude that athletes present cardiac morphological adaptations directly related to the training modality performed. In our study, LV GLS was an independent variable and statistically significant even when corrected for age and LVEF, suggesting its use in the echocardiographic evaluation of high performance athletes. Lower LV GLS values found for endurance athletes require further studies to identify which factors, in addition to training, contribute to this finding.

**Keywords:** Echocardiography, speckle-tracking, strain, strength athletes, endurance athletes, left ventricular function, myocardial strain.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Aparelho de Ultrassom Vivid T9 .....	28
<b>Figura 2</b> - Atleta monitorizado para a realização do exame .....	29
<b>Figura 3</b> - Relação entre massa corporal e modalidade esportiva praticada .....	32
<b>Figura 4</b> - Relação entre IMC e modalidade esportiva praticada .....	32
<b>Figura 5</b> - Relação entre superfície corpórea e modalidade esportiva praticada....	33
<b>Figura 6</b> - Relação entre a frequência cardíaca em repouso e a modalidade esportiva praticada.....	33
<b>Figura 7</b> - Relação entre o diâmetro do átrio esquerdo e a modalidade esportiva praticada.....	35
<b>Figura 8</b> - Relação entre o volume indexado do AE e a modalidade esportiva praticada .....	36
<b>Figura 9</b> - Relação entre as medidas da parede posterior do VE e a modalidade esportiva praticada .....	37
<b>Figura 10</b> - Relação entre o diâmetro sistólico do VE e a modalidade esportiva praticada.....	37
<b>Figura 11</b> - Relação entre a Fração de ejeção do VE e a modalidade esportiva praticada.....	38
<b>Figura 12</b> - Relação entre a VTI da VSVE e a modalidade esportiva praticada .....	38
<b>Figura 13</b> - Relação entre o diâmetro expiratório da VCI (mm) e a modalidade esportiva praticada .....	39
<b>Figura 14</b> - Relação entre o diâmetro inspiratório da VCI (mm) e a modalidade esportiva praticada .....	40
<b>Figura 15</b> - Relação entre a variabilidade respiratória da VCI (%) e a modalidade esportiva praticada.....	40
<b>Figura 16</b> - Relação entre a fração de ejeção pelo Simpson (%) e a modalidade esportiva praticada .....	42
<b>Figura 17</b> - Relação entre o volume sistólico do VE (ml) e a modalidade esportiva praticada.....	43
<b>Figura 18</b> - Relação entre o volume diastólico do AE (ml) no apical 4 câmaras e a modalidade esportiva praticada.....	43
<b>Figura 19</b> - Relação entre o IC pelo EFI (L/min) e a modalidade esportiva praticada .....	44

<b>Figura 20</b> - Relação entre o diâmetro basal do VD (mm) e a modalidade esportiva praticada.....	46
<b>Figura 21</b> - Relação entre a TAPSE (mm) e a modalidade esportiva praticada .....	46
<b>Figura 22</b> - Relação entre o volume indexado do AD e a modalidade esportiva praticada.....	47
<b>Figura 23</b> - Relação entre a pressão no átrio direito (PAD) e a modalidade esportiva praticada.....	47
<b>Figura 24</b> - Relação entre o tempo de desaceleração da onda E mitral (TD) e a modalidade esportiva praticada.....	49
<b>Figura 25</b> - Relação entre o Strain Longitudinal do Ápice do VD e a modalidade esportiva praticada .....	50
<b>Figura 26</b> - Relação entre o Strain Longitudinal do VD - média de 6 segmentos e a modalidade esportiva praticada.....	51
<b>Figura 27</b> - Relação entre o Strain Longitudinal Global do VE e a modalidade esportiva praticada.....	51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Parâmetros Físicos da Amostra.....	31
<b>Tabela 2</b> - Medidas do Ecocardiograma Bidimensional .....	34
<b>Tabela 3</b> - Índices de Avaliação do Ventrículo Esquerdo e do Átrio Esquerdo .....	41
<b>Tabela 4</b> - Índices de Avaliação do Ventrículo Direito e do Átrio Direito .....	45
<b>Tabela 5</b> - Análise dos Parâmetros de Função Diastólica do Ventrículo Esquerdo	48
<b>Tabela 6</b> - Avaliação dos Parâmetros do Strain Longitudinal Global do Ventrículo Esquerdo e do Ventrículo Direito.....	56
<b>Tabela 7</b> - Análise Uni e Multivariada Para Predição da Variável Modalidade de Exercício .....	58

## LISTA DE SIGLAS

2C	Duas Câmaras
4C	Quatro Câmaras
AE	Átrio Esquerdo
AD	Átrio Direito
AFI	Automated Function Imaging
ASE	American Society of Echocardiography
AV	Atrioventricular
AVA	Área Valvar Aórtica
AUC	Assets Under Custody
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
DDVE	Diâmetro Diastólico do Ventrículo Esquerdo
DSVE	Diâmetro Sistólico do Ventrículo Esquerdo
EB	Ecocardiograma Bidimensional
ERP	Espessura Relativa da Parede
ETT	Ecocardiograma transtorácico
FC	Frequência Cardíaca
FCR	Frequência Cardíaca de Repouso
FE	Fração de Ejeção
FEVE	Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo
IC	Índice Cardíaco
KM	Quilômetro
IMC	Índice de Massa Corporal
mmHg	Milímetros de Mercúrio
ms	Milisegundo
OMS	Organização Mundial de Saúde
PA	Pressão Arterial
PAM	Pressão Arterial Média
PAD	Pressão Atrial Direita
PAM	Pressão Arterial Média
PPVE	Parede Posterior do Ventrículo Esquerdo
QRS	Grupo de ondas que traduzem a atividade ventricular
ROC	Receiver Operating Characteristic

SBC	Sociedade Brasileira de Cardiologia
SIV	Septo Interventricular
SLG	Strain Longitudinal Global
SLG VE	Strain Longitudinal Global do Ventrículo Esquerdo
SLG VD	Strain Longitudinal Global do Ventrículo Direito
ST	Speckle Tracking
SC	Superfície Corporal
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
un	Unidade Normalizada
VCI	Veia Cava Inferior
VE	Ventrículo Esquerdo
VD	Ventrículo Direito
VS	Volume Sistólico
VD	Volume Diastólico
VSVE	Via de Saída do Ventrículo Esquerdo
VSVD	Via de Saída do Ventrículo Direito
VTI	Integral da Velocidade e Tempo
WHO	World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b>	16
<b>2.OBJETIVOS</b>	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos	18
<b>3- REFERENCIAL TEÓRICO</b>	18
3.1 Exercícios aeróbios (maratonas), adaptações fisiológicas e cardiovasculares	20
3.2 Exercícios de força: adaptações fisiológicas e cardiovasculares	21
3.3 Papel da Ecocardiografia na avaliação anatômica e funcional do coração	22
3.3.1 Método Ecocardiografia transtorácica bidimensional (ETT)	22
3.3.2 Método Ecocardiografia com <i>Speckle-Tracking</i>	23
3.4 Evidências que foram encontradas através dos métodos utilizados	25
<b>4.METODOLOGIA</b>	25
4.1 Delineamento e Tipo da Pesquisa	25
4.2 Seleção dos Participantes, Grupos Especiais, Termo de Consentimento Livre Esclarecido(TCLE)	25
4.3 Responsabilidade dos Pesquisadores	26
4.4 Relação dos Riscos e Benefícios	26
4.5 Local do Estudo	27
4.6 População e Amostra	27
4.7 Critérios de Inclusão e Exclusão	27
4.8 Coleta e Instrumentos	27
4.9 Avaliação dos Dados	30
4.10 Análise Estatística	30
<b>5. RESULTADOS</b>	31
<b>6. DISCUSSÃO</b>	52
<b>7. CONCLUSÃO</b>	55
<b>REFERÊNCIAS</b>	56
<b>APÊNDICE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</b>	61
<b>ANEXO A: Termo de Autorização</b>	64

<b>ANEXO B: Ficha de Avaliação.....</b>	<b>67</b>
---	-----------

## 1. INTRODUÇÃO

O exercício físico proporciona inúmeros benefícios, dentre os quais podemos citar a redução da incidência de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e neoplasias, melhora da saúde mental, manutenção do peso saudável e melhoria do bem-estar geral. No entanto, a inatividade física é considerada a quarta causa para risco aumentado de morbidade e mortalidade cardiovascular (RAIMUNDO *et al*, 2019; WEBER *et al*, 2021).

Em relação aos ajustes fisiológicos cardiovasculares e o exercício, sabe-se que a intensidade, volume e frequência são variáveis agudas do treinamento que podem condicionar diferentes padrões de remodelagem cardíaca. Essa avaliação pode ficar mais complexa quando da análise de diferentes esportes e métodos de treinamento, pois estímulos específicos irão gerar padrões de remodelagem cardíaca específicos (SENGUPTA *et al*, 2018; BARBERATO *et al*, 2019).

A respeito da intensidade da carga de treino, tem havido um número emergente de relatos sugerindo que o exercício intenso pode ter um impacto adverso em um coração normal (DOS SANTOS, 2018; WOLFF *et al.*, 2022). Sabe-se que exercícios intensos causam estresse hemodinâmico supra-fisiológico e podem afetar a homeostase cardíaca. Sobre a remodelagem cardíaca, existem dois tipos: a remodelagem concêntrica associada ao exercício estático e a excêntrica associada ao exercício dinâmico. Transcrevendo esta informação da remodelagem para os esportes é esperado encontrar uma hipertrofia excêntrica em um maratonista, devido a esse atleta apresentar uma sobrecarga de volume maior que resultará no aumento do débito cardíaco. No sentido inverso, atletas de *Powerlift* apresentam remodelagem concêntrica pela sobrecarga de intensidade que culmina com o aumento da resistência vascular periférica (SCHATTKE *et al*, 2014; SILVA *et al.* 2018; DINIS *et al.*, 2018).

O Ecocardiograma bidimensional com Doppler tem papel fundamental na avaliação cardiovascular, pela facilidade em caracterizar estruturas miocárdicas, função sistólica e diastólica, morfologia e fluxos valvares, sendo exame acessível, reprodutível, de custo relativamente baixo e livre de radiação ionizante. Com o objetivo de acompanhar as alterações anatômicas e funcionais decorrentes da prática esportiva, o ecocardiograma bidimensional tem sido utilizado ao longo do tempo para nortear o conhecimento e entendimento destas modificações, denominadas em



conjunto como “coração de atleta” (DAMINELLO *et al.*, 2017). Essas alterações podem se traduzir em aumento das dimensões cavitárias, da massa do ventrículo esquerdo e espessura da parede do ventrículo esquerdo, as quais podem ser fisiológicas em atletas de elite, contudo patológicas na população adulta geral (D’SILVA *et al.*, 2020; LEWICKA-POTOCKA *et al.*, 2021).

A ecocardiografia com *Speckle-Tracking* é uma técnica quantitativa capaz de avaliar a função miocárdica de forma objetiva, permitindo uma boa correlação entre a deformação observada através dos segmentos longitudinal, radial e circunferencial com a função sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo, assim como análise função das demais cavidades cardíacas (ventrículo direito, átrio direito e átrio esquerdo). Dessa forma, alterações precoces podem ser detectadas mesmo em pacientes com função sistólica preservada ao ecocardiograma bidimensional convencional (BEAUMONT *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2021). Essas mudanças de deformação que determinam a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (VE), além do fornecimento de análise quantitativa segmentar também permitem a detecção precoce de disfunção sistólica em pacientes mesmo nos mesmos com fração de ejeção do ventrículo esquerdo (VE) preservada (LEAL, 2019; BAGGISH *et al.*, 2020).

A partir de evidências científicas (JÜRGENSON *et al.*, 2019; DE MARIA *et al.*, 2021), em estudo comparativo de atletas ciclistas *versus* atletas de *powerlift*, foi observado que o *Strain* cardíaco seria capaz de detectar alterações incipientes da função sistólica antes que ocorram alterações da contratilidade ao estudo bidimensional ou diminuição da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (SILVA *et al.*, 2018). Nessa linha, o treinamento físico regular tem sido associado a um risco cardiovascular melhorado, mas também foi demonstrado que o exercício físico extenuante pode ser perigoso, em termos de aumento da morbidade cardiovascular e mortalidade (DE MARIA *et al.*, 2021). Logo, uma melhor compreensão de como o sistema cardiovascular responde ao exercício de força e resistência aeróbia pode ajudar no ajuste das prescrições dos exercícios, a fim de atrasar e/ou resolver problemas em relação à função cardiovascular. Uma prescrição adequada de exercícios tanto de força como de resistência aeróbia tende a contribuir para maximizar os resultados e minimizar os riscos cardiovasculares (HOWARD *et al.*, 2018, VITIELLO, 2021).

Assim, esta pesquisa tem por objetivo comparar achados de ecocardiografia bidimensional com *Speckle Tracking* e Strain entre atletas de força e atletas de resistência aeróbia.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar e comparar os achados de ecocardiografia bidimensional com *Speckle Tracking* entre atletas de força e atletas de resistência aeróbia.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Investigar por meio da ecocardiografia transtorácica o impacto na deformação cardiovascular no coração de atletas de força e resistência aeróbia e compará-las.
- Determinar a associação entre a função cardíaca e a prática do exercício de força e resistência aeróbia com a indução de alterações miocárdicas e compará-las.
- Analisar as diferenças da ecocardiografia bidimensional e com *Speckle Tracking* entre os atletas de força e resistência aeróbia e compará-las.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

As Diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS) sobre atividade física e comportamento sedentário são para todas as populações e grupos etários, independentemente do sexo, origem cultural ou nível socioeconômico, e são relevantes para pessoas com todos os tipos de habilidades. Assim, com a disseminação global dos benefícios da atividade física regular para saúde, e com o aumento de programas desportivos abertos à comunidade, como, por exemplo, as provas de atletismo de pequenas e médias distâncias, a participação em exercícios recreativos mais vigorosos têm ganhado popularidade (CAMARGO; AÑEZ, 2020).

A prática de atividades físicas regulares requer um conjunto de adaptações anatômicas, funcionais e elétricas no coração, como forma de responder às

necessidades relacionadas com o aumento do débito cardíaco (DC) e, assim, aumentar a eficácia da função cardiovascular. No entanto, essas adaptações, tendo por exemplo, a remodelagem cardíaca induzida pelo exercício, não são uniformes em todos os esportes praticados, existindo vários fatores que a condicionam, tanto intrínsecos, como raça e idade, como extrínsecos, nomeadamente, o tipo de exercício, a intensidade e a frequência. Essas adaptações são conhecidas como “coração de atleta”, uma vez que englobam todo o coração (SILVA, 2011; DOS SANTOS, 2018).

O exercício físico é um forte estímulo para a adaptação muscular cardíaca, e há evidências que comprovam que ele seja responsável por modificações na anatomia e no débito cardíaco. As adaptações impostas ao coração dependem, evidentemente, do tipo de exercício realizado. Assim, atletas que realizam exercícios de resistência (dinâmicos) e que praticam sua atividade em frequências cardíacas mais elevadas e constantes, como os maratonistas, sofrem adaptações diferentes daqueles que fazem exercícios isométricos (estáticos), onde a frequência cardíaca se mantém em níveis mais baixos, com picos associados a aumento da pós-carga e da pressão arterial sistêmica, como ocorre com os *powerlifters* (levantadores de peso). No primeiro grupo, quando o débito cardíaco pode chegar a até dez vezes o valor de repouso, há necessidade de adaptação cardiovascular de diversas formas, como frequência cardíaca em repouso muito baixa (bradicardia) e aumento das cavidades e do volume sistólico (hipertrofia excêntrica). A diástole, fase de enchimento ventricular, desses atletas precisa ser eficiente pois, em frequências cardíacas mais elevadas, o tempo de enchimento se reduz significativamente. No entanto, o impacto nas cavidades parece não ser igual. O ventrículo direito (VD), por suas características anatômicas, está naturalmente menos adaptado que o ventrículo esquerdo e, associado às repercussões das câmaras esquerdas pelo aumento da pós-carga e características intrínsecas da circulação pulmonar, pode ser a câmara com maior possibilidade de fadigar e limitar o débito cardíaco em atividades prolongadas. Por isso, fica evidente que, na avaliação da função ventricular dos atletas, profissionais, amadores ou “de finais de semana”, seria prudente utilizarmos todas as ferramentas disponíveis no método da ecocardiografia bidimensional (SILVA, 2020 KLEINNIBBELINK *et al*, 2021).

O *powerlifting* é um esporte que consiste em três levantamentos, incluindo o agachamento, supino e levantamento do solo. A competição padrão envolve todos os três levantamentos. No entanto, existem variações como competições de levantamento único, por exemplo, apenas supino. Os competidores são divididos em

peso corporal, idade e categorias de sexo e ter três tentativas para cada levantamento para realizar uma única repetição com um máximo carga externa, respeitando os critérios de julgamento (MAFRA, 2008). Os exercícios de força também demonstraram afetar variáveis hemodinâmicas centrais agudas, como frequência cardíaca, volume sistólico, espessura de paredes ventriculares, fração de ejeção e débito cardíaco. A prescrição adequada de exercícios de resistência a todas as populações ajudaria a maximizar os resultados minimizando os riscos. Além disso, saber como o sistema cardiovascular responde a diferentes protocolos de exercícios de força poderia fornecer informações sobre possíveis efeitos adversos, contribuindo para ajustes dos programas de treinamento, trazendo benefícios a populações clínicas e, assim, atrasar ou resolver problemas que alguns indivíduos poderiam desenvolver em relação à função cardiovascular (HOWARD *et al*, 2018; HACKETT *et al*, 2020).

### **3.1 Exercícios aeróbicos aeróbios (maratonas), adaptações fisiológicas e cardiovasculares**

Correr uma maratona é uma atividade pessoal cada vez mais popular e um desafio para muitos não atletas, muitas vezes com âmbito de realização pessoal, ou mesmo com a intenção de angariação de fundos para boas causas. Aproximadamente 349.000 pessoas em toda a Europa, e 414.000 pessoas na América do Norte participam em corridas de maratona todos os anos. Grandes maratonas geram milhões de dólares/ano em doações de caridade, uma vez que os participantes não precisam de experiência prévia e não há tempo de qualificação como barreira à entrada na corrida, sendo que a maioria estaria participando pela primeira vez em uma prova dessa magnitude (D'SILVA *et al*, 2020). Também observamos uma crescente participação de atletas amadores em provas de corrida de longa distância. A crescente popularidade da maratona recreativa, juntamente com o aumento de eventos cardíacos durante esses eventos, exigiu um melhor delineamento das alterações estruturais e funcionais cardíacas que ocorrem em resposta a essas formas de estresse suprafisiológico entre corredores não profissionais, cujo sistema cardiovascular não está bem adaptado a esse estresse (WOLFF *et al*, 2022). Na literatura, existe a comprovação científica de que a atividade física regular reduz o risco cardiovascular. Porém, ainda assim, não se sabe se a intensidade da atividade

física e seus efeitos benéficos se relacionam linearmente, e se a maratona seria ou não perigosa para o sistema cardiovascular (HEWING *et al*, 2015).

O exercício aeróbico prolongado, como a maratona, produz estresse hemodinâmico suprafisiológico, que pode afetar potencialmente a homeostase cardíaca do atleta (SEGUPTA *et al*, 2018). Alguns estudos sobre corrida de maratona levantaram preocupações sobre lesão miocárdica aguda e sustentada do ventrículo esquerdo e direito avaliada por biomarcadores cardíacos e ecocardiografia. Outros estudos não puderam confirmar o dano miocárdico induzido pelo exercício. Vários estudos têm sido publicados com o objetivo de avaliação da função ventricular esquerda e direita em atletas com diferentes formas de treinamento, incluindo resistência. Esses estudos foram focados apenas em atletas jovens e de elite. Até o momento, são raros os dados sobre a mecânica cardíaca em condição de repouso de atletas amadores bem treinados em resistência com ampla faixa etária (LEWICKA-POTOKCA *et al*, 2021).

Embora as adaptações estruturais e funcionais cardíacas em atletas profissionais estejam bem caracterizadas, apenas uma informação limitada está disponível para corredores recreativos submetidos a esse estresse suprafisiológico. Em estudo, essas alterações sugerem a possibilidade de "fadiga miocárdica" ocorrer em resposta ao estresse hemodinâmico suprafisiológico da corrida de maratona. Além disso, o mesmo autor conclui que estudos com população mista de corredores de elite e recreativos são necessários para fornecer mais informações sobre o interessante tópico do coração do atleta, sobre o qual mais estudos são necessários para definir melhor a temporalidade, os mecanismos subjacentes e a reversibilidade dessa disfunção miocárdica (DE MARIA *et al*, 2021).

### **3.2 Exercícios de força: adaptações fisiológicas e cardiovasculares**

Há tempos se discute sobre a capacidade do exercício físico, quando observado o tipo, intensidade e frequência de atividade que realmente seja capaz de proteger indivíduos de doenças cardiovasculares. O treinamento físico regular tem associado a um risco cardiovascular melhorado do perfil, mas também foi demonstrado que o exercício físico extenuante e descontrolado pode ser perigoso, em termos de aumento da morbidade e da mortalidade cardiovascular (DE MARIA *et al*, 2021). O treinamento de força (combinando exercício dinâmico e estático) determina

uma redução da pressão arterial em atletas de *powerlifting* de elite bem treinados. Isso possivelmente se deve à redução da resistência vascular periférica pós-treinamento, também podendo ser explicado pela mudança na relação da intensidade e do volume do treinamento. Em um grupo (ex.:halterofilistas) em que o coração é submetido a altas pressões, sem grande aumento da frequência cardíaca, observamos um predominante aumento da espessura miocárdica, sem dilatação (hipertrofia concêntrica), rigidez aumentada e tempo de relaxamento prolongado levando ao aumento do tempo de desaceleração da onda E, e invertendo a relação E/A do fluxo diastólico mitral (SILVA, 2020). Existem fatores que podem interferir na adaptação cardiovascular ao esporte. É frequente observarmos atletas, mesmo amadores, fazendo uso de fórmulas, complementos e em uso de esteroides anabolizantes sem qualquer indicação ou acompanhamento médico. A Inatividade por várias semanas também pode causar perda da adaptação cardiovascular. O descondicionamento habitualmente está associado a uma diminuição significativa da espessura da parede ventricular esquerda em atletas altamente treinados. Assim, como exemplo, dois meses de inatividade resultam em uma redução de volume sistólico, diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo e débito cardíaco em indivíduos altamente treinados (JÜRGENSON *et al*, 2019). Assim, um exame ecocardiográfico completo poderia detectar precocemente a deterioração da função ventricular, sistólica ou diastólica, e permitir um tratamento adequado, evitando maiores danos ao miocárdio.

### **3.3 Papel da Ecocardiografia na avaliação anatômica e funcional do coração**

#### **3.3.1- Método Ecocardiografia transtorácica bidimensional (ETT)**

O ecocardiograma transtorácico (ETT) é um exame utilizado rotineiramente como método complementar para avaliação da morfologia e da função ventricular (FAGGARD, 1997; BARBERATO,2019; MITCHELL *et al*, 2019). Ele possui a ampla capacidade de avaliar estruturas miocárdicas, função sistólica e diastólica, morfologia e função das valvas cardíacas. A grande maioria dos estudos que buscam avaliar adaptações cardiovasculares ao exercício utilizam o método para investigação. Entre os motivos justificados para sua utilização, ainda poderiam ser descritos a sua acessibilidade, portabilidade, baixo custo e ausência de radiação ionizante ou contraste. A ecocardiografia tem uma participação decisiva no diagnóstico diferencial

entre coração de atleta e patologia cardíaca, contudo, este nem sempre é simples e daí resultam importantes implicações clínicas (WEBER *et al*, 2021). Algumas limitações ao método podem ser descritas como a dificuldade de avaliação da anatomia coronariana que não a proximal, identificação e quantificação de edema, inflamação e fibrose miocárdica, dificuldades na diferenciação anatômica de algumas estruturas, como exemplo o tecido trabecular no ápice do ventrículo direito.

### 3.3.2 Método Ecocardiografia com *Speckle-Tracking*

A técnica de *Speckle-tracking*, que significa “rastrear as manchas” do miocárdio, baseia-se no fato de que o ultrassom produz “manchas” – ou *speckles*. Assim, com uso de *software* específico, é possível traçar a aproximação das *speckles* em sístole e seu distanciamento em diástole. Quanto mais próximos em sístole e mais distantes em diástole, melhor o *Strain*, que pode ser considerado medida de contratilidade miocárdica, ao contrário de outros parâmetros bidimensionais ou tridimensionais, como fração de encurtamento e fração de ejeção, que se baseiam em mudanças de tamanho ou volume e, portanto, são substitutos para função cardíaca, no entanto não avaliam contratilidade (LEAL, 2019). Essa técnica permite a avaliação da deformação miocárdica nos eixos longitudinal, circunferencial e radial, além de estimar a rotação e a torção ventricular. O estudo do *Strain* miocárdico pelo *Speckle-tracking* é um método independente do ângulo de insonação e apresenta baixa variação intra e interobservador, o que permite quantificar a função ventricular global e regional de forma mais acurada do que os métodos tradicionais, como fração de ejeção ou Doppler tecidual. No entanto, o *Strain* miocárdico está sujeito a variações fisiológicas causadas por idade, sexo, frequência cardíaca, pré-carga, pressão arterial e superfície corpórea, além do tipo de software utilizado para análise (TRIVEDI *et al*, 2019).

A deformação miocárdica (*Strain*) vem se mostrando ferramenta útil na avaliação da função diastólica e sistólica, tanto em adultos como na população pediátrica. Alguns estudos já demonstraram elevado valor prognóstico do *Strain* obtido pelo *Speckle-tracking*, reforçando sua utilidade tanto em patologias congênitas como também em adquiridas. Valores de normalidade para o *Speckle-tracking* estão sendo propostos, mas as diferenças metodológicas e de técnicas empregadas dificultam sua padronização (MEDEIROS *et al*, 2019).

O *Speckle-tracking* pode identificar diferenças fisiológicas sutis nas adaptações ao esforço cardíaco e mecânica de torção entre atletas e controles saudáveis. Diferenças nos parâmetros derivados da ecocardiografia de rastreamento de *Speckle* podem ser identificadas usando categorizações esportivas adequadas (SANTORO *et al*, 2014). Embora a fração de ejeção possa ser avaliada com parâmetros ecocardiográficos convencionais, a imagem da deformação miocárdica longitudinal global obtida pelo *Speckle-tracking* está se mostrando como medida mais confiável e sensível (BEAUMONT *et al*, 2017). Embora exista alguma controvérsia, o exercício de resistência extenuante pode produzir não apenas fadiga muscular esquelética, mas também cardíaca, uma condição conhecida como “fadiga cardíaca induzida pelo exercício”, que é refletida por um declínio transitório na função ventricular esquerda ou direita após esforço em pessoas saudáveis. Dada a sua importância, e de forma a ultrapassar as limitações da ecocardiografia convencional, a ecocardiografia com *Speckle-tracking* permitiria um estudo mais detalhado da função miocárdica global e segmentar, permitindo identificar alterações ainda em fase pré-clínica (WEBER *et al*, 2021).

A avaliação da função diastólica também é essencial para o entendimento da função cardíaca. Parâmetros de disfunção diastólica são determinados simplificada e pela alteração no relaxamento ventricular esquerdo e pelo aumento da rigidez miocárdica (WOLFF *et al*, 2022). Através da análise de informações dinâmicas do átrio esquerdo pelo *Speckle Tracking* ao longo do ciclo cardíaco, seria possível obter dados mais objetivos, assim como detectar alterações na função atrial esquerda em fases subclínicas, antes de ocorrerem aumentos volumétricos ou disfunções diastólicas (LIMA *et al*, 2017).

Assim, sempre que possível a fração de ejeção deve ser avaliada pela ecocardiografia bidimensional e a análise criteriosa da deformação miocárdica (*Strain*) deve sempre ser realizada pela técnica do *Speckle-tracking*, com uma avaliação cuidadosa da função diastólica seguindo as últimas diretrizes. O *Strain* é capaz de detectar alterações incipientes da função sistólica muito antes que ocorra qualquer alteração da contratilidade ao estudo bidimensional ou diminuição da fração de ejeção (SILVA, 2020).



### **3.4 Evidências que foram encontradas através dos métodos utilizados**

Aplicações clínicas do *Speckle-tracking* na literatura que o método representa um preditor independente para eventos cardiovasculares, como fibrilação atrial, insuficiência cardíaca, infarto agudo do miocárdio, acidente vascular encefálico e morte, sugerindo ser superior aos parâmetros tradicionais de análise funcional do ventrículo esquerdo e do átrio esquerdo (MONDILLO *et al*, 2011; ZEBROWSKA *et al*, 2019).

Avanços no manejo de pacientes com doenças cardíacas, com crescente reconhecimento dos benefícios para a saúde com exercícios de rotina, levaram a um aumento no número de praticantes de esportes de alto rendimento. A segurança da participação esportiva competitiva dessas pessoas com cardiopatia ainda não se encontra plenamente estabelecida. Assim, torna-se importante o uso da imagem cardiovascular não invasiva na avaliação para prática esportiva, permitindo que os profissionais apliquem e interpretem imagens com precisão e custo-benefício, em uma estratégia de imagem multimodal cuidadosamente construída com um potencial importante para implementação de diretrizes na prática clínica e também para recomendações individualizadas ao paciente (BAGGISH *et al*, 2020).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 Delineamento e Tipo da Pesquisa**

Trata-se de um estudo descritivo transversal quantitativo, pois visa descrever características sobre uma amostra determinada, ou ainda estabelecer relações entre variáveis; envolvendo a utilização de técnicas pré-determinadas.

### **4.2 Seleção dos Participantes, Grupos Especiais, Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).**

Cabe salientar que os participantes da pesquisa foram selecionados por meio de uma amostra por conveniência, ou seja, todos tiveram as mesmas chances de participar da pesquisa sem distinção de raça, religião, classe social etc. Os participantes desta pesquisa não pertencem a um grupo especial. Todos concordaram

e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) antes de iniciarem os procedimentos.

Esta pesquisa atendeu à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Unidombosco sob o Número do Parecer: 5.619.604.

Foram tomados todos os cuidados de acordo com a orientação ética, dos protocolos de experimentos com seres humanos e em conformidade com a Resolução 466/2012.

Como benefício, o participante da pesquisa recebeu um laudo com o resultado do exame realizado. Também houve incentivo para a utilização do método, contribuindo para o avanço na avaliação clínica, oferecendo resultados mais específicos para cada categoria esportiva e demonstrando a importância da aplicação do ecocardiograma com *Strain* em praticantes de esportes em diferentes modalidades.

### **4.3 Responsabilidade dos Pesquisadores**

O estudo respeitou a Resolução 466/12 e a Resolução 510/2016 de pesquisa em seres humanos, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) no Conselho Nacional de Saúde.

### **4.4 Relação dos Riscos e Benefícios**

Por ser um método de imagem realizado em repouso, os riscos relativos ao procedimento foram: desconforto, mal-estar e cansaço durante o tempo do procedimento e exame. Caso o participante sentisse qualquer desconforto ou mal-estar, o exame seria interrompido de imediato, e uma equipe médica da clínica estaria à disposição para atender a qualquer intercorrência de saúde, prestando todo o suporte necessário, sem custo. Cabe enfatizar que todos os cuidados relativos à pandemia de Covid-19 (uso de máscaras e álcool gel) foram devidamente tomados. Em caso de alterações no resultado do exame, o participante recebeu orientações e encaminhamento a um serviço especializado em cardiologia ou medicina esportiva.

Os benefícios da pesquisa estão relacionados à ciência e ao desenvolvimento de novos conhecimentos, para o participante que terá acesso aos dados do seu

exame e da pesquisa final, cujos resultados poderão ampliar o uso do método para benefício da população.

#### **4.5 Local do Estudo**

Os participantes foram avaliados na clínica cardiológica Cisabem, situada na cidade de São José dos Pinhais (PR) no endereço Rua Alcídio Viana, 942 - São Pedro, São José dos Pinhais - PR, 83005-560.

#### **4.6 População e Amostra**

A amostra compreendeu 37 indivíduos do sexo masculino, com idades entre 22 e 65 anos, praticantes de esportes de forças ( $n = 20$ ) e praticantes de esportes de resistência ( $n = 17$ ). A amostra do estudo foi obtida pelo método de conveniência. Os participantes foram recrutados por meio de convite aberto feito em locais de treino (academias e centros esportivos) e selecionados após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão da pesquisa.

#### **4.7 Critérios de Inclusão e Exclusão**

Os critérios de inclusão utilizados foram: atletas praticantes de esportes de força (*powerlifters*, lutadores) e atletas participantes de esportes de resistência (corredores acima de 21 Km, triatletas), do sexo masculino, entre 18 e 65 anos de idade.

Os critérios de exclusão foram: atletas que estiveram afastados das atividades esportivas nos 6 meses precedentes; atletas que se recusaram a assinar o termo de consentimento; atletas que faltaram no dia do exame de Ecocardiografia Bidimensional com *Speckle Tracking*.

#### **4.8 Coleta e Instrumentos**

Todos os exames realizado para a coleta dos dados foi realizada por um único médico cardiologista especialista em ecocardiografia com nível III de conhecimento de acordo com as diretrizes da Sociedade Americana de Cardiologia (QUINONES *et*

al, 2011; GIL, 2017), em uma clínica cardiológica especializada e utilizando o equipamento de Ultrassom GE Vivid GE Vivid T9, transdutor adulto 3Sc.

**Figura 1: Aparelho de Ultrassom Vivid T9.**



**Fonte: [www.gehealthcare.com.br](http://www.gehealthcare.com.br)**

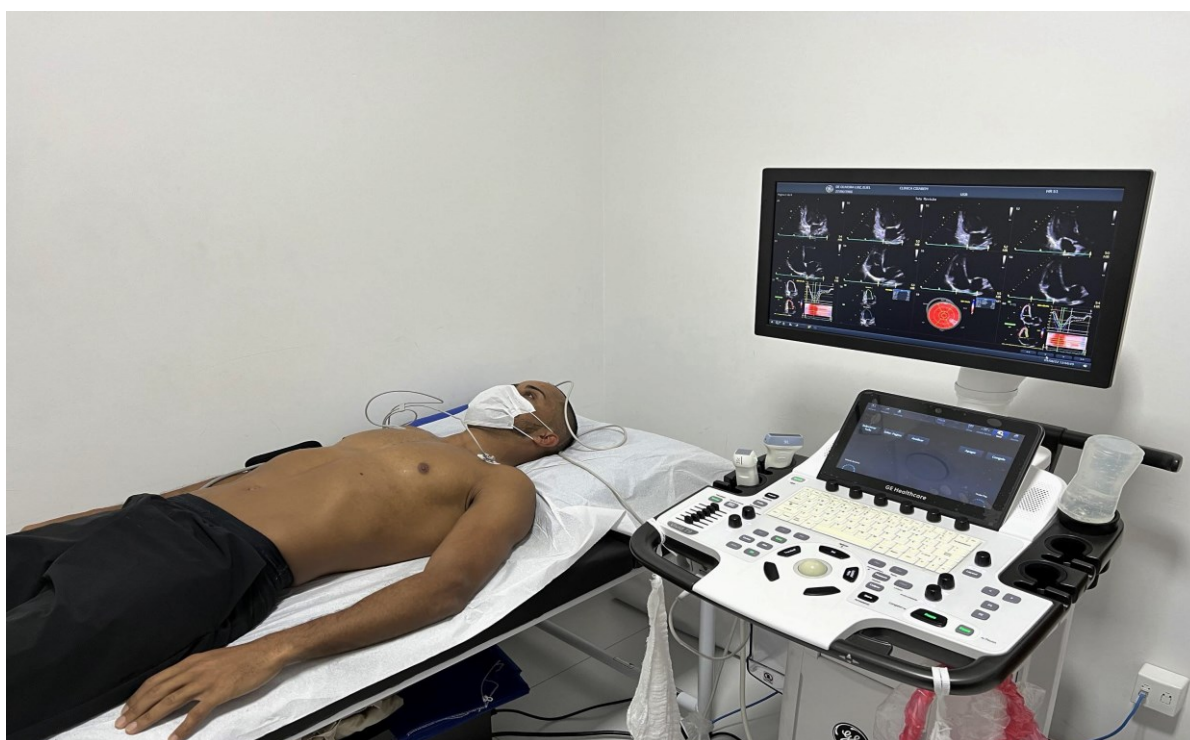
A avaliação antropométrica foi realizada com balança mecânica com estadiômetro da marca Welmy e capacidade para até 150 Kg, sendo coletados peso e altura para o cálculo da superfície corporal, dados necessários aos cálculos ecocardiográficos.

A medida da pressão arterial média foi realizada através de esfigmomanômetro digital da marca Omron, modelo profissional HEM-711, com faixa de medição para pressão de 0 a 299 mmHg e para pulso de 40 a 180 por minuto, conforme as orientações do fabricante do aparelho. Com o atleta em repouso, a PA

foi aferida colocando a braçadeira do aparelho no braço direito, a 2 ou 3 cm acima da dobra do cotovelo, apertando-a de forma que o cabo do aparelho ficasse por cima do braço, aguardando a leitura da PA pelo aparelho. Foram realizadas pelo menos três medições com intervalo de 5 a 10 minutos.

Com o atleta em decúbito lateral esquerdo e monitorizado em eletrocardiograma de 03 (três) canais de forma contínua, após calibragem do aparelho pelo investigador, foi realizada a coleta dos dados com ecocardiograma transtorácico completo e Speckle Tracking. Foram realizadas medidas das dimensões cavitárias, índices de função sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo e do ventrículo direito, análise de fluxos valvares, seguindo as diretrizes internacionais definidas para o método (LANG *et al*, 2015; MITCHELL *et al*, 2019).

**Figura 2: Atleta monitorizado para a realização do exame.**



**Fonte: Aatoria própria (2022)**

Especificamente para os dados de Strain e Speckle-Tracking, as imagens bidimensionais foram obtidas em escala de cinza a partir das incidências apical de duas, três e quatro câmaras, durante apneia expiratória final e a uma taxa de quadros (frame rate) de 50 a 80 quadros/s, conforme diretrizes estabelecidas (BADANO *et al*,

2018). Todas as imagens foram capturadas, armazenadas e transferidas para uma estação de trabalho, permitindo posterior análise off-line.

#### **4.9 Avaliação dos Dados**

Todos os dados foram tabulados em planilha do Microsoft Excel® e avaliados estatisticamente, gerando um banco de dados, sendo codificados, protegidos e confidenciais, respeitando a privacidade do participante da pesquisa.

#### **4.10 Análise Estatística**

Para verificar a significância estatística dos achados no presente estudo, diferentes testes foram aplicados, dependendo da natureza da variável. Os dados geradores da avaliação foram analisados no pacote estatístico MedCalc (MedCalc Software, Ostend, Belgium, versão 20.0). Para a construção de gráficos, quadros e tabelas foi utilizado o software estatístico JAMOV na versão 1.6.7, que é baseado na linguagem R. Para as variáveis quantitativas de resposta foi verificada a distribuição de normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk, e os resultados foram reportados utilizando de média ( $\pm$  desvio padrão) ou mediana e intervalo interquartil. Já para as variáveis qualitativas, os valores de cada grupo foram expressos através de número absoluto (% porcentagem do total). Para verificar a diferença entre médias para dois grupos (Resistência vs. Força), aplicamos o teste paramétrico t ou Mann-Whitney U, dependendo da distribuição dos dados. Para verificar a associação entre duas variáveis qualitativas, aplicamos tabelas de contingência e o teste de qui-quadrado, com correção de exato de Fisher caso alguma das caselas apresentasse 0 no seu valor. Aplicamos uma regressão logística multivariada para identificar a capacidade preditora de variáveis de interesse em prever o desfecho de interesse (Pertencer ao grupo Resistência ou Força). Os resultados foram expressos em valores de odds ratio. Para todos os testes, valores de  $p < 0.05$  foram considerados suficientes para rejeitar a hipótese nula e considerar o resultado significativo estatisticamente. Também avaliamos a capacidade de um modelo composto por múltiplas variáveis independentes de prever a variável dependente categórica por regressão logística. A análise de regressão linear foi realizada para avaliar a associação entre as variáveis

encontradas no exame cardiológico e a magnitude do comprometimento da função cardíaca.

## 5. RESULTADOS

Os parâmetros físicos da amostra e suas variáveis estão representados na Tabela-1, com suas médias para a amostra, assim como para cada grupo de interesse. A análise dos dados demonstrou que a média de peso da amostra foi de  $82,11 \pm 13,9$  kg, sendo que a média de peso do grupo resistência ( $72,35 \pm 8,71$ ) foi significativamente menor que o grupo de força ( $93,58 \pm 9,33$ ) segundo o teste de teste T ( $p < 0,0001$ ). (Figura 3).

**Tabela 1 – Parâmetros físicos da amostra**

	Total (n = 37)	Grupo resistência (N = 20)	Grupo força (N = 17)	P
IDADE (anos)	36.19 ( $\pm 10,77$ )	37,95 ( $\pm 8,98$ )	34,11 ( $\pm 12,52$ )	0,0696
PESO (Kg)	82.11 ( $\pm 13,9$ )	72,35 ( $\pm 8,71$ )	93,58 ( $\pm 9,33$ )	< 0,0001 (a)
ALTURA (m)	1.76 ( $\pm 0,06$ )	1,75 ( $\pm 0,05$ )	1,76 ( $\pm 0,05$ )	0,78324
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	26.4 ( $\pm 4,1$ )	23,33 ( $\pm 1,76$ )	30 ( $\pm 3,10$ )	< 0,0001 (a)
SC	1.98 ( $\pm 0,16$ )	1,88 ( $\pm 0,13$ )	2,10 ( $\pm 0,11$ )	< 0,001 (a)
FC (bpm)	66.9 ( $\pm 13,2$ )	60,2 ( $\pm 0,11$ )	74,94 ( $\pm 11,74$ )	0,0003 (a)
PAM	81.6 ( $\pm 16,3$ )	82,6 ( $\pm 6,92$ )	80,45 ( $\pm 23,2$ )	0.807

IMC: Índice de massa corporal

SC: Superfície corporal

FC: Frequência cardíaca

PAM: Pressão arterial média.

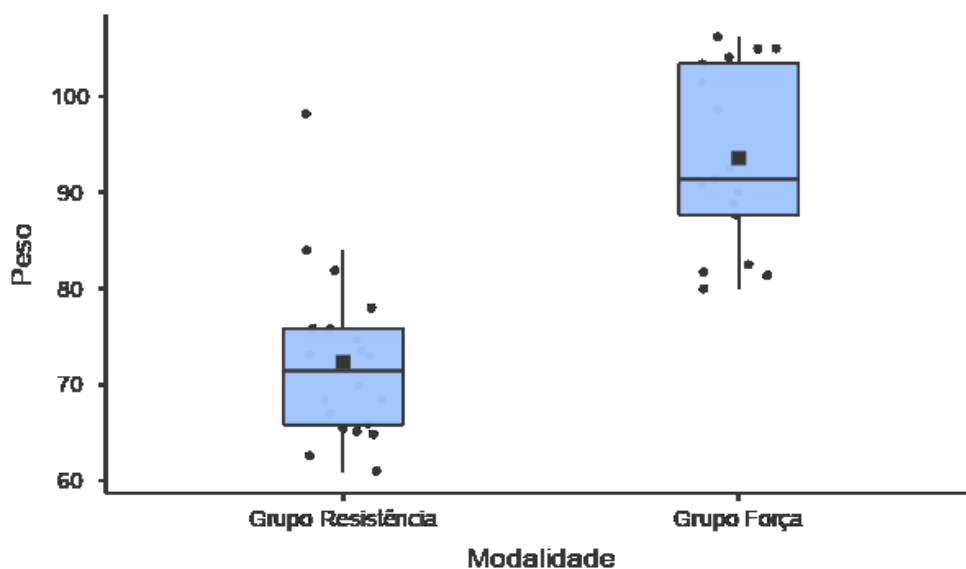
(a)Test-T; (b) Mann-Whitney U

**Fonte: Próprio autor (2022)**

Para o IMC, a média da amostra foi de  $26,4 \pm 4,1$  pontos, o grupo força também apresentou média maior que o grupo de resistência segundo o teste T para médias entre dois grupos ( $30 \pm 3,10$  vs.  $23,33 \pm 1,76$ ,  $p < 0,001$ ). (Figura 4). A superfície corpórea foi em média  $1,98 (\pm 0,16)$ , sendo significativamente maior no grupo de força ( $2,10 \pm 0,11$ ) em relação ao grupo de resistência ( $1,88 \pm 0,13$ ). (Figura 5). Ao analisarmos a frequência cardíaca em repouso obtivemos uma média de  $66,9 (\pm 13,2)$ , sendo

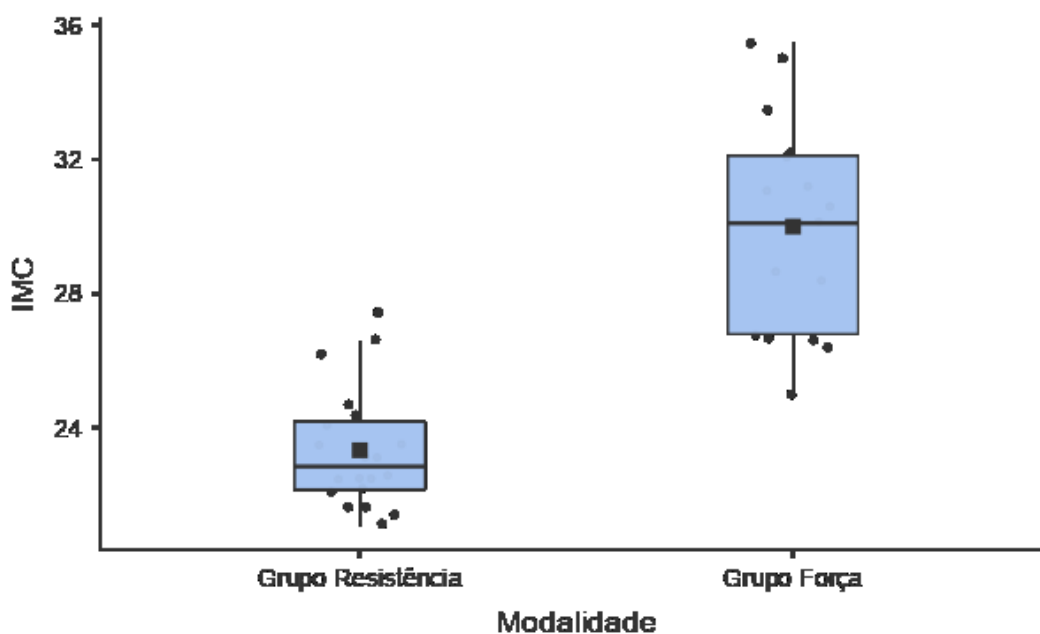
significativamente menor no grupo de resistência ( $60,2 \pm 0,11$ ) em relação ao grupo de força ( $74,94 \pm 11,74$ ), com  $p = 0,003$  (Figura 6). As demais variáveis relacionadas aos parâmetros físicos da amostra que estão representadas na Tabela-1 não tiveram variações significativas.

Figura-3: Relação entre massa corporal e modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

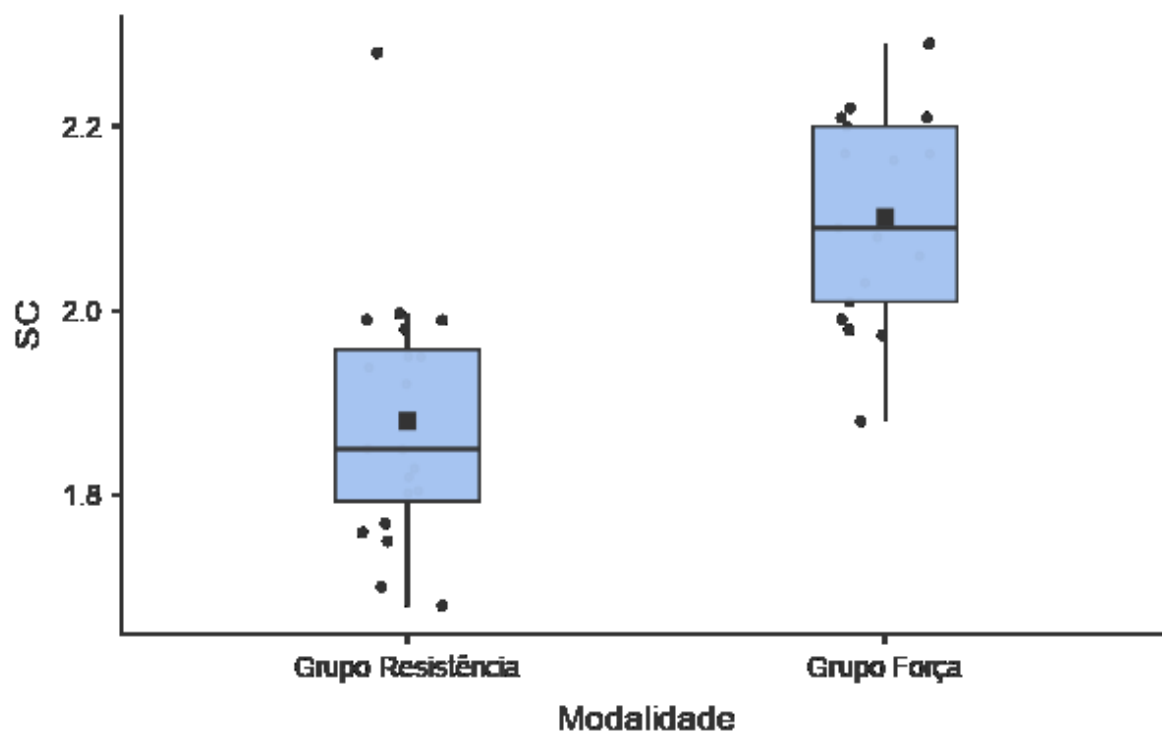
Figura-4: Relação entre IMC e modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

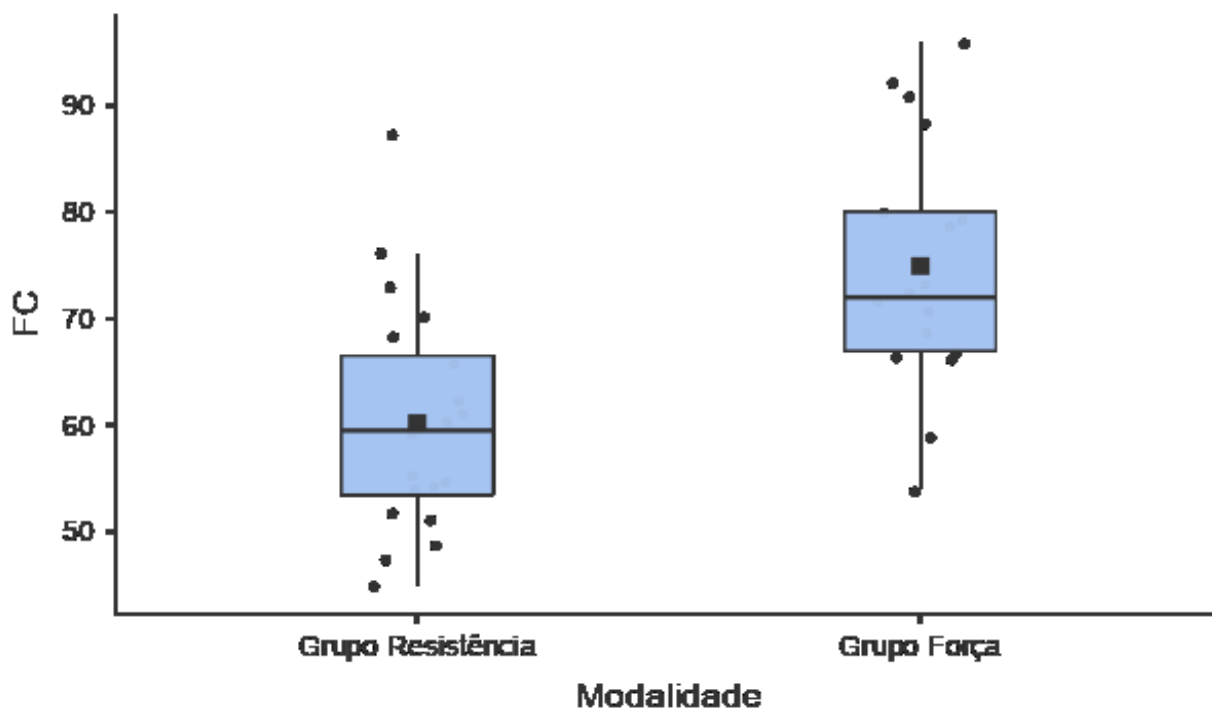


Figura-5: Relação entre superfície corpórea e modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-6: Relação entre a frequência cardíaca em repouso e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Tabela 2 - Medidas do Ecocardiograma Bidimensional

	Total (n = 37)	Grupo resistência (N = 20)	Grupo força (N = 17)	P
Raiz aórtica (mm)	31.27 (±2.29)	30,85 (± 2,51)	31,76 (± 1,97)	0,2357 (a)
VSVE (mm)	22.68 (±1.26)	22,43 (±0.97)	22,97 (±1,51)	0.196 (a)
ÁREA VSVE (cm <sup>2</sup> )	4.05 (±0.46)	3,95 (±0.34)	4,16 (±0,56)	0.182 (a)
VTI VSVE (cm)	21.35 (±3.47)	22,67 (±2,63)	19.4 (±3.75)	0.006 (a)
ÁREA VALVAR AÓRTICA (AVA) cm <sup>2</sup>	2.89 (±0.52)	2.86 (±0.34)	2.91 (±0.66)	0.815 (a)
VSVD (mm)	20.97 (±1.71)	21.06 (±1.66)	20.87 (±1.81)	0.742 (a)
Átrio esquerdo (mm)	35.97 (±2.39)	36,43 (± 1,95)	35,44 (±2,78)	0.044 (b)
VD longitudinal (mm)	25.47 (±2.37)	25,99 (± 1,83)	24,86 (± 2,82)	0,1544 (a)
Septo interventricular (mm)	9.30 (±1.18)	9.00 (±0.99)	9.65 (±1.31)	0.098 (a)
Diâmetro diastólico do VE (mm)	51.95 (±3.89)	51,09 (± 2,79)	52,95 (± 4,77)	0,1493 (a)
Parede posterior do VE (mm)	8.91 (±2.25)	8,20 (±2,62)	9,74 (±1,38)	0.037 (a)
Diâmetro sistólico do VE (mm)	32.99 (±3.13)	31,93 (± 2,55)	34,23 (± 3,37)	0,0240 (a)
Fração de ejeção (Teicholz) (%)	65.8 (±4.48)	67,2 (±3.70)	64.3 (±4,92)	0.049 (a)
Espessura relativa da parede (ERP)	0.34 (±0.08)	0,33 (±0.10)	0,37 (±0.04)	0,1338
Massa do VE (g)	181 (±44.9)	165,46 (±23.9)	199,41(±56,64)	0,189 (b)
Índice de Massa do VE (g/m <sup>2</sup> )	91.4 (±20.6)	88,49 (±14,68)	94,81 (±26,05)	0,36
Volume AE indexado	32.8 (±7.52)	36,1 (±6.91)	29 (±6.48)	0.003 (b)
Diâmetro sistólico da VCI	13.6 (±7.19)	16.28 (±5.66)	10.59 (±7.73)	0.014 (b)
Diâmetro diastólico da VCI	5.5 (±4.4)	7.36 (±3.87)	3.39 (±4.08)	0.005 (a)
Variabilidade da VCI	60 (±18.03)	54.9 (±15.1)	66.1 (±19.7)	0.046 (b)

VSVE: Via de saída do ventrículo esquerdo

VTI: Integral da velocidade e tempo

VSVD: Via de saída do ventrículo direito

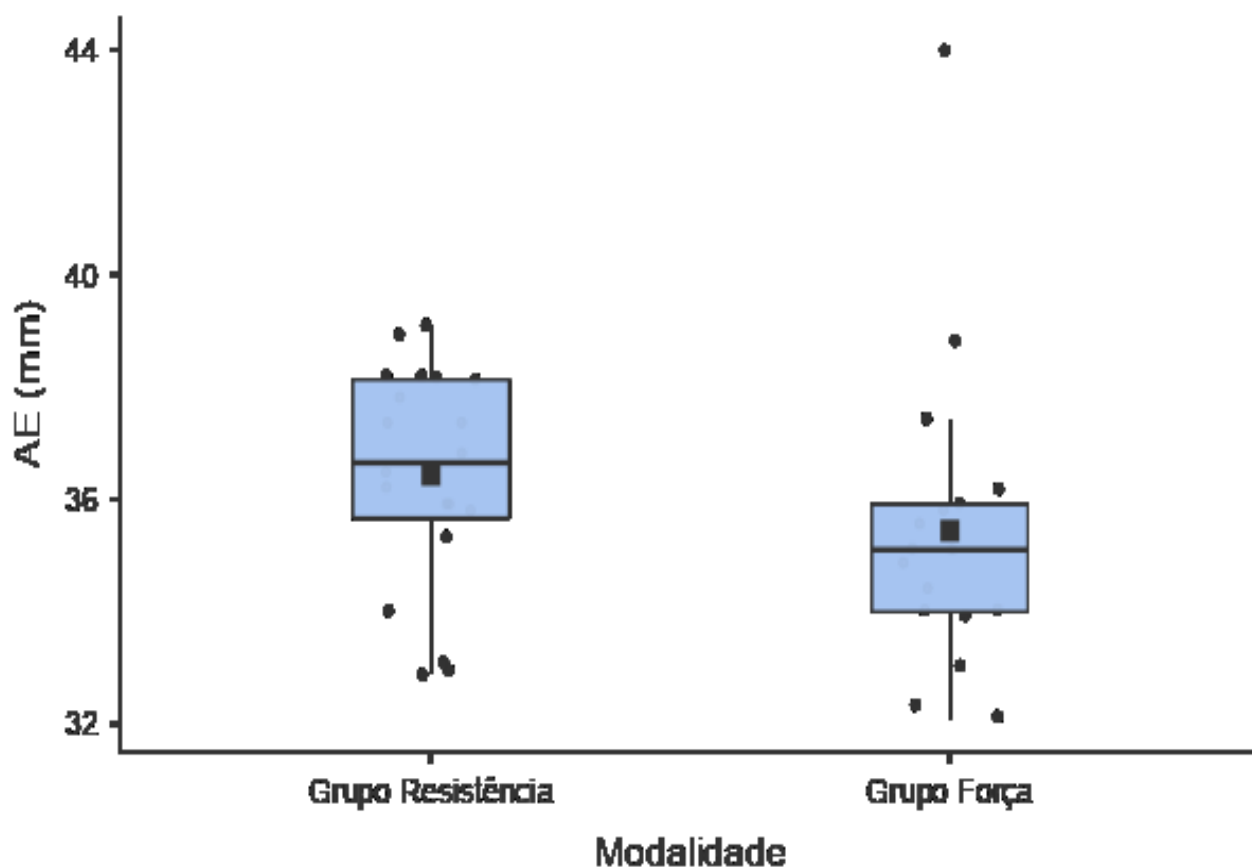
VD: Ventrículo direito

VE: Ventrículo esquerdo  
 AE: Átrio esquerdo  
 VCI: Veia cava inferior  
 (a) Test-T; (b) Mann-Whitney U

Fonte: Autoria própria (2022).

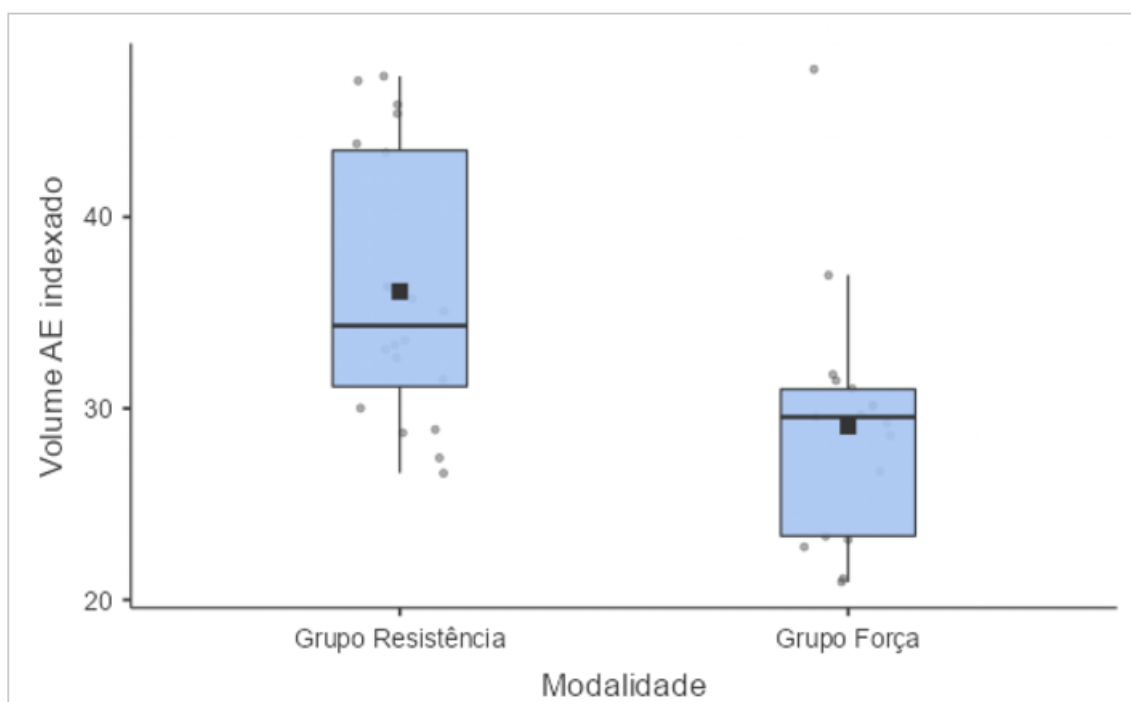
Ao analisar as medidas do ecocardiograma bidimensional da nossa amostra, identificamos que o tamanho do átrio esquerdo, na amostra, a média do diâmetro longitudinal foi de 35,97 ( $\pm 2,39$ ) mm, sendo que o grupo resistência apresentou uma média de tamanho significativamente maior que a do grupo de força. ( $36,43 \pm 1,95$  vs.  $35,44 \pm 2,78$ ,  $p = 0,044$ ) (Figura-7). Ao analisar o volume do átrio esquerdo indexado, identificamos que a média amostra foi de 32,8 ( $\pm 7,52$ ). O grupo de resistência apresentou uma média estaticamente significante maior com 36,1 ( $\pm 6,91$ ), quando comparado ao grupo de força com 29 ( $\pm 6,48$ ) ( $p=0,03$ ) (Figura-8).

Figura-7: Relação entre o diâmetro do átrio esquerdo e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

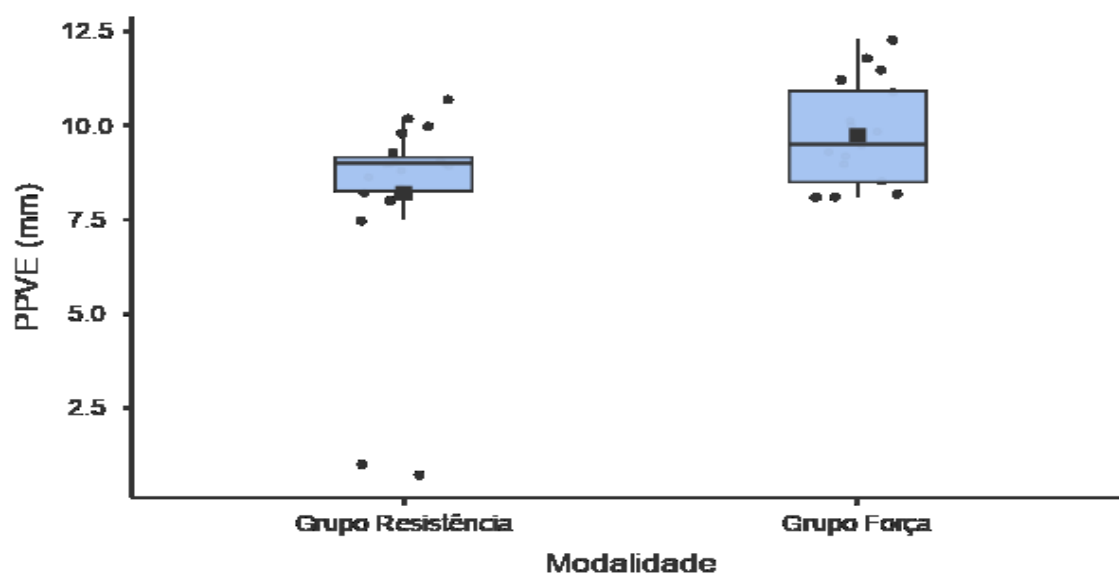
Figura-8: Relação entre o volume indexado do AE e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

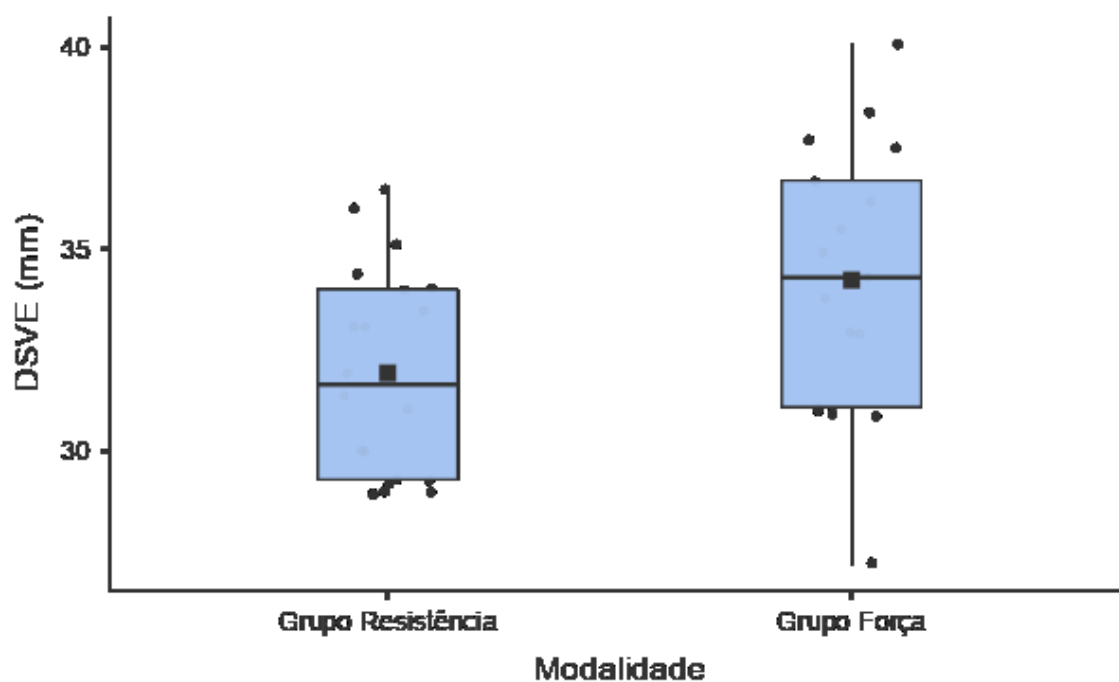
Ao analisar as métricas relacionadas ao ventrículo esquerdo, como parede posterior e diâmetro sistólico, identificamos que a média amostral foi de 8.91 ( $\pm 2.25$ ) e 32.99 ( $\pm 3.13$ ) milímetros respectivamente. Ao comparar os grupos, para a parede posterior, identificamos que o grupo resistência apresentou média de 8,20 ( $\pm 2,62$ ), enquanto o de força 9,74 ( $\pm 1,38$ ) mm ( $p = 0.037$ ) (Figura-9); para o diâmetro sistólico, o grupo resistência apresentou novamente uma média significativamente menor de 31,93 ( $\pm 2,55$ ) mm quando comparado ao grupo força com 34,23 ( $\pm 3,37$ ) mm ( $p = 0.02$ ) (Figura-10).

Figura 9: Relação entre as medidas da parede posterior do VE e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 10: Relação entre o diâmetro sistólico do VE e a modalidade esportiva praticada.

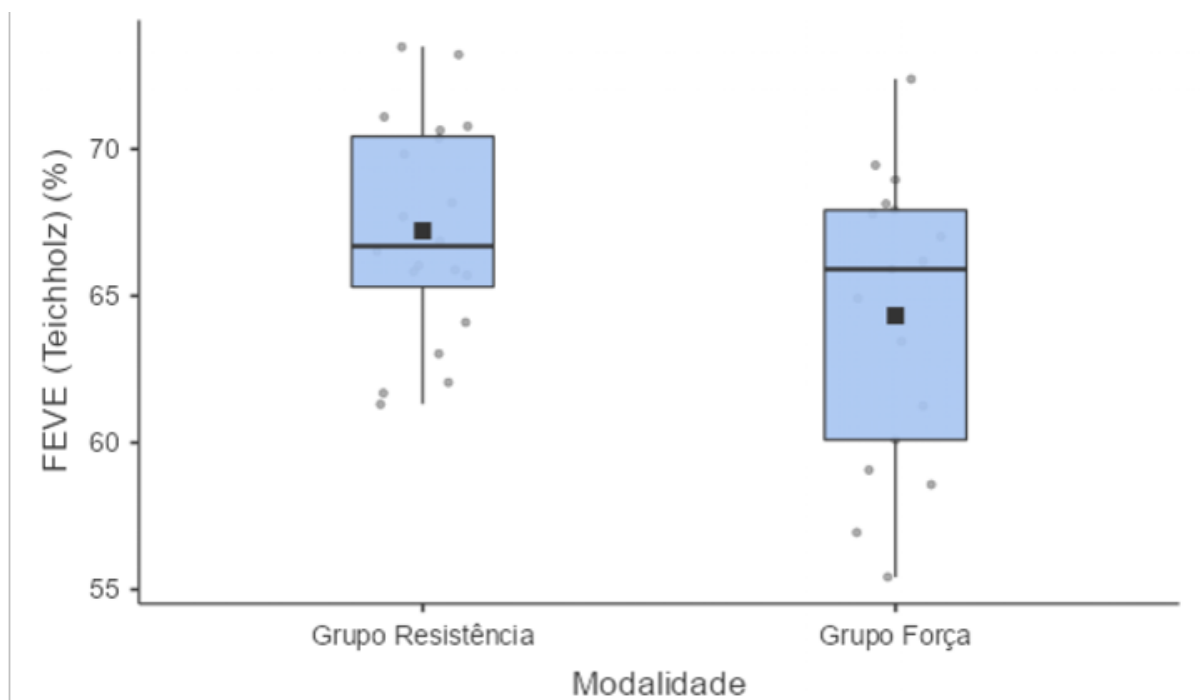


Fonte: Próprio autor, 2022.

Para a Fração de Ejeção pelo Teicholz a média amostral foi de 65.8% ( $\pm 4.48$ ), e o grupo resistência apresentou uma média estatisticamente significativa maior com

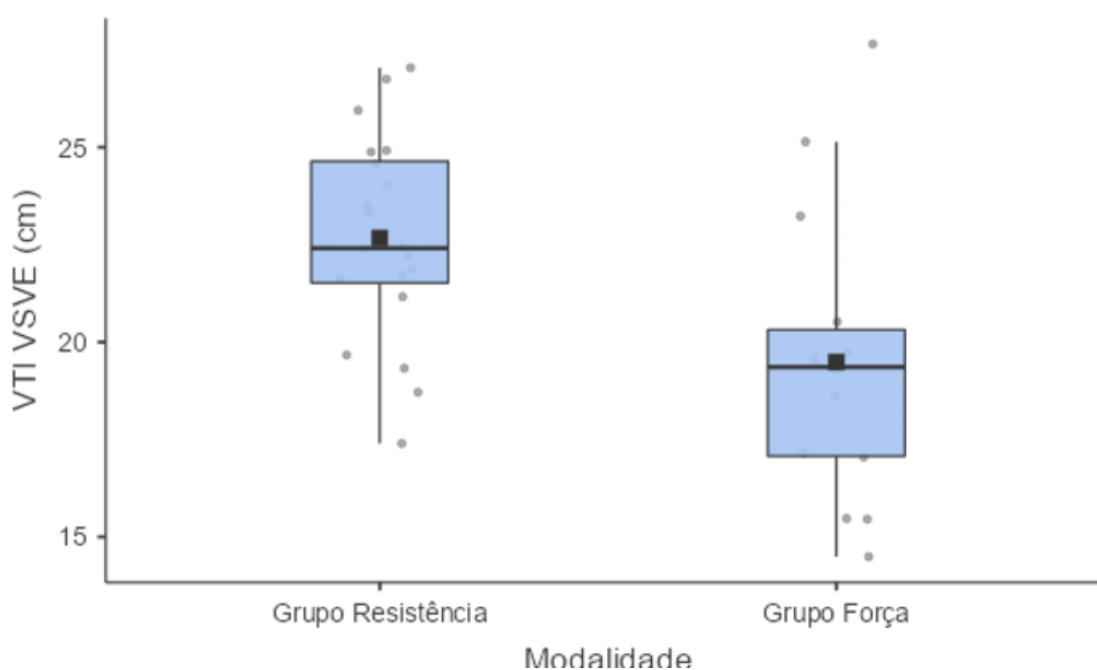
67,2% ( $\pm 3.70$ ) que o grupo força com 64.3% ( $\pm 4,92$ ) ( $p = 0.049$ ) (Figura-11). Também identificamos que a VTI da VSVE teve média de 21.35 ( $\pm 3.47$ ) cm. No caso dessa variável, o grupo resistência apresentou média significativamente maior que o grupo de força ( $22,67 \pm 2,63$  vs.  $19.4 \pm 3.75$ ,  $p = 0,006$ ) (Figura-12).

**Figura-11: Relação entre a Fração de ejeção do VE e a modalidade esportiva praticada.**



Fonte: Próprio autor, 2022.

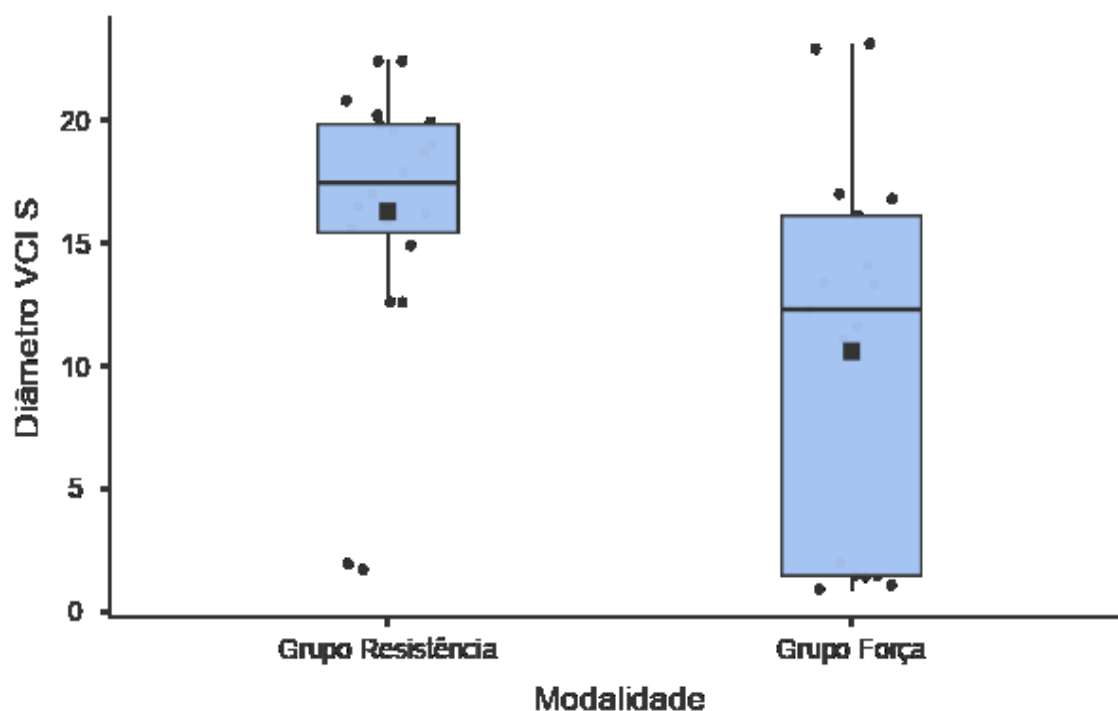
**Figura-12: Relação entre a VTI da VSVE e a modalidade esportiva praticada.**



Fonte: Próprio autor, 2022.

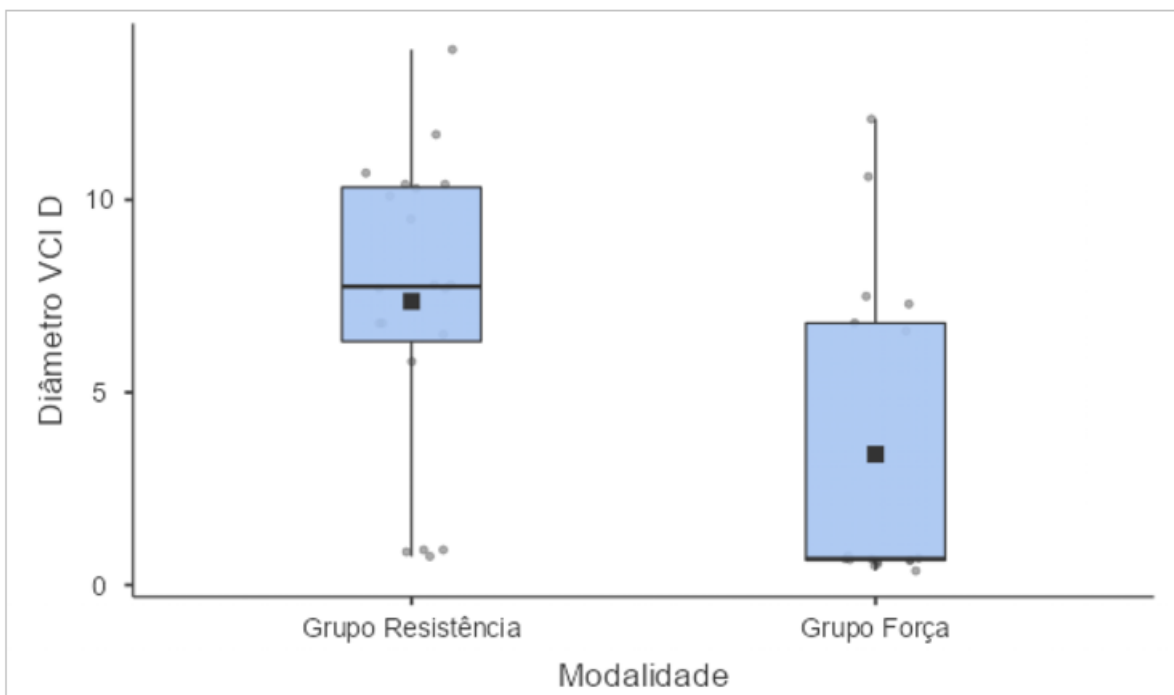
As métricas relacionadas à veia cava inferior (VCI), como diâmetro expiratório e inspiratório apresentaram médias amostrais de 13.6 ( $\pm 7.19$ ) mm e 5.5 ( $\pm 4.4$ ) mm respectivamente. O grupo de resistência apresentou uma diferença nas médias desses dois valores superiores ao grupo de força; 16.28 ( $\pm 5.66$ ) mm contra 10.59 ( $\pm 7.73$ ) mm para diâmetro na expiração ( $p = 0.014$ ) (Figura-13) e 7.36 ( $\pm 3.87$ ) contra 3.39 ( $\pm 4.08$ ) mm para diâmetro na inspiração ( $p=0.005$ ) (Figura-14). Por fim, a variabilidade da VCI amostral foi de 60 ( $\pm 18.03$ ) %. Já o grupo de resistência apresentou variabilidade menor com média de 54.9 ( $\pm 15.1$ ) % quando comparado a média do grupo de força 66.1 ( $\pm 19.7$ ) % (Figura-15).

**Figura-13: Relação entre o diâmetro expiratório da veia cava inferior (VCI) (mm) e a modalidade esportiva praticada.**



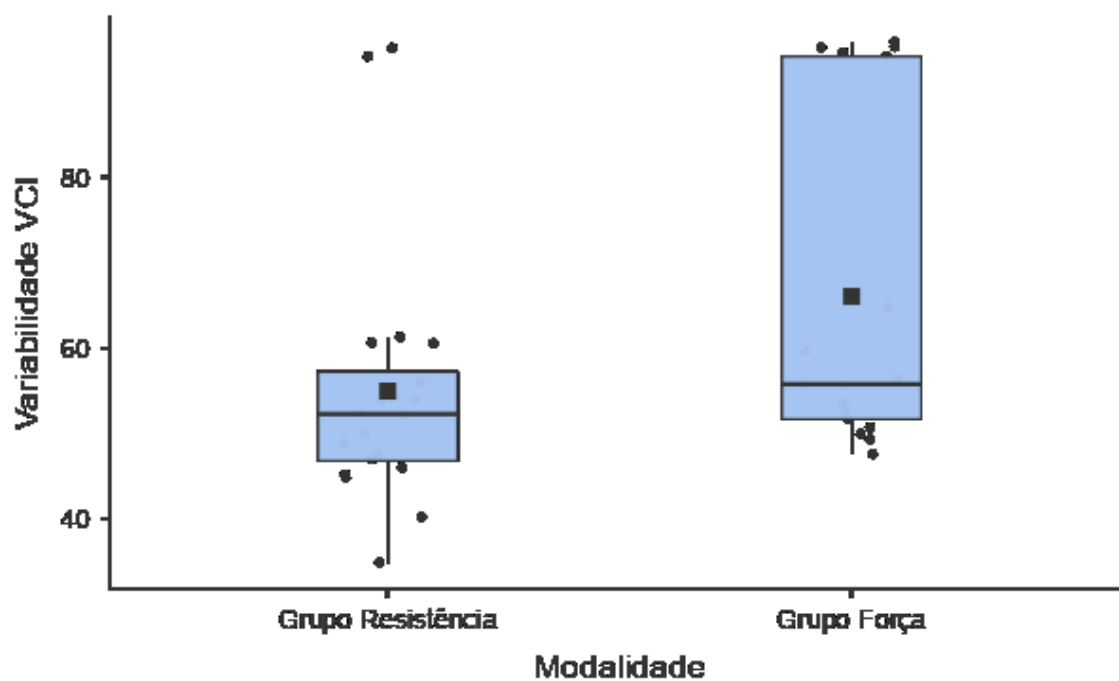
Fonte: Próprio autor, 2022.

**Figura-14: Relação entre o diâmetro inspiratório da Veia cava inferior (VCI) (mm) e a modalidade esportiva praticada.**



Fonte: Próprio autor, 2022.

**Figura-15: Relação entre a variabilidade respiratória da veia cava inferior (VCI) (%) e a modalidade esportiva praticada.**



Fonte: Próprio autor, 2022.



**Tabela 3 - Índices de Função Sistólica do Ventrículo Esquerdo e do Átrio Esquerdo**

	Total (n = 37)	Grupo resistência (N = 20)	Grupo força (N = 17)	P
VDVE (4C) (ml)	126.24 (±26.6)	124.4 (±20.9)	128.8 (±32.5)	0.592 (a)
VSVE (4C) (ml)	50.68 (±17.4)	48.24 (±15.37)	53.5 (±19.6)	0.363 (a)
VDVE (2C) (ml)	122 (±34.5)	120.7 (±31.9)	123.5 (±38.3)	0.811 (a)
VSVE (2C) (ml)	54.2 (±20.0)	51.8 (±19.1)	57.1 (±21.2)	0.438 (b)
FEVE (SIMPSON) (%)	59.82 (±5.43)	61.7 (±5.10)	57.5 (±5.04)	0.017 (b)
VDAE 4C (ml)	57.49 (±15.57)	61.52 (±15.2)	52.7 (±15.0)	0.026 (b)
VSAE 4C (ml)	22.94 (±8.5)	23.94 (±8.86)	21.76 (±8.16)	0.424 (b)
VOLUME AE PRE ONDA P 4C (ml)	35.47 (±9.97)	35.92 (±10.6)	34.9 (±9.34)	0.773 (a)
VOLUME AE PRE ONDA P 2C (ml)	45.92 (±10.62)	49.05 (±12.4)	42.2 (±6.6)	0.051 (a)
VDAE 2C (ml)	66.97 (±13.1)	69 (±11.6)	64.5 (±14.6)	0.304 (a)
VSAE 2C (ml)	(31.19 (±8.37)	32.9 (±9.17)	29.19 (±7.03)	0.179 (a)
VOLUME SISTOLICO VE (ml)	78.95 (±27.49)	89.5 (±12.13)	66.4 (±34.9)	0.006 (b)
EFI DIASTOLE (ml)	133.85 (±27.92)	135.83 (±22.18)	131.51 (±34.05)	0.646 (a)
EFI SISTOLE (ml)	59.49 (±15.24)	58.6 (±11.08)	60.4 (±19.3)	0.718 (b)
FRAÇÃO DE EJEÇÃO EFI (%)	56.18 (±3.8)	56.9 (±3.33)	55.3 (±4.32)	0.210(a)
IC EFI (l/min)	4.56 (±0.85)	4.26 (±0.58)	4.92 (±1.01)	0.019 (a)

VDVE: Volume diastólico do ventrículo esquerdo

4C: Quatro câmaras

VSVE: Volume sistólico do ventrículo esquerdo

2C: Duas câmaras

FEVE: Fração de ejeção do ventrículo esquerdo

VDAE: Volume diastólico do átrio esquerdo

VSAE: Volume sistólico do átrio esquerdo

AE: Átrio esquerdo

EFI: Intelligent Ejection Fraction

IC: índice cardíaco

(a) Test-T; (b) Mann-Whitney U

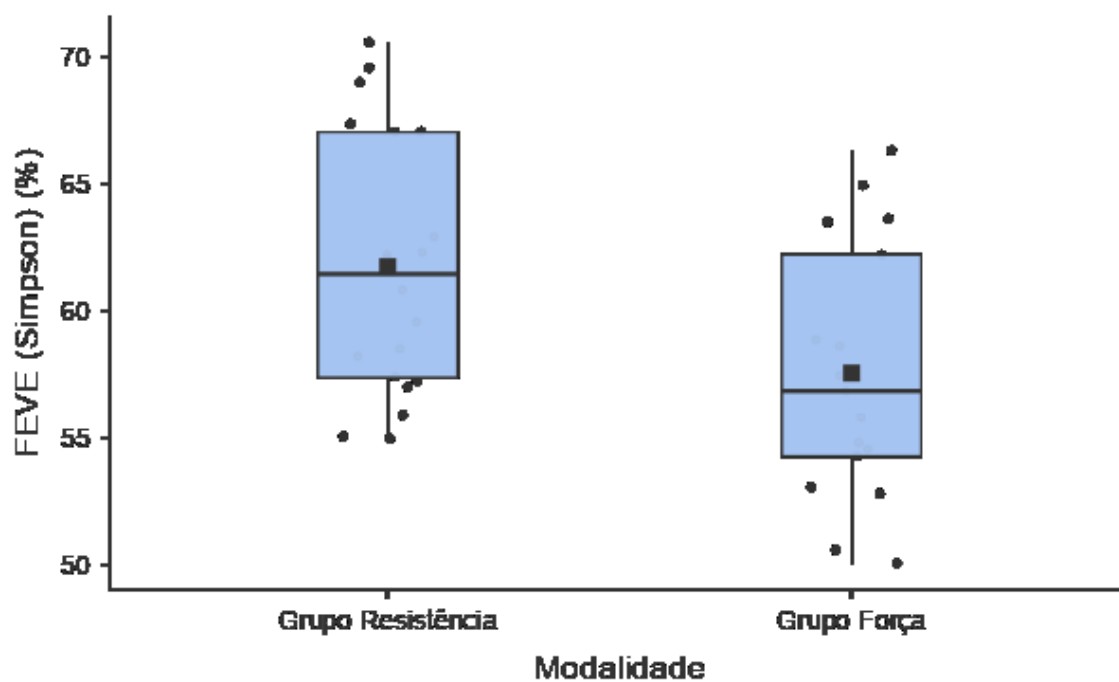
**Fonte: Autoria própria (2022).**

Ao analisar os índices de função sistólica ventrículo esquerdo e átrio esquerdo identificamos que FEVE pelo Simpson teve em média 59.82 (±5.43) % em nossa

amostra para este estudo. O grupo resistência apresentou uma média significativamente maior que o grupo de força ( $61.7 \pm 5.10$  vs.  $57.5 \pm 5.04$ ,  $p = 0.017$ ) (Figura-16).

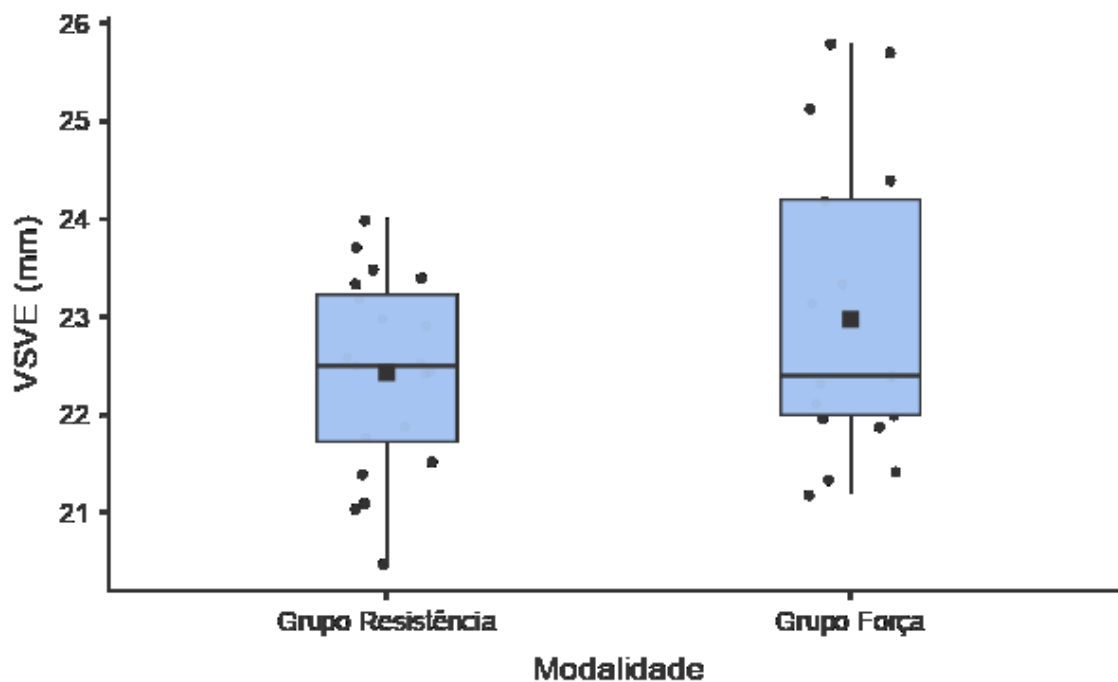
O volume sistólico do VE teve, em nossa amostra, média de  $78.95 (\pm 27.49)$  ml, enquanto o grupo de resistência, com média de  $89.5 (\pm 12.13)$  ml, foi maior significativamente que o grupo de força com  $66.4 (\pm 34.9)$  ml ( $p=0.006$ ) (Figura-17). Ao analisar o volume diastólico do AE no apical quatro câmaras (4C), a média amostral foi de  $57.49 (\pm 15.57)$  ml, e o grupo resistência apresentou média de  $61.52 (\pm 15.2)$  ml enquanto a média do grupo de força foi de  $52.7 (\pm 15.0)$  ml ( $p = 0.026$ ) (Figura-18). Por fim, o índice cardíaco (IC) pelo EFI teve média de  $4.56 (\pm 0.85)$  L/min, sendo que o grupo de força apresentou IC superior ao grupo de resistência ( $4.92 \pm 1.01$  vs.  $4.26 \pm 0.58$ ,  $p = 0.019$ ) (Figura-19). As demais variáveis relacionadas aos índices de função sistólica do ventrículo esquerdo e do átrio esquerdo estão representadas na Tabela-3, com suas médias para a amostra, assim como para cada grupo de interesse.

**Figura-16: Relação entre a fração de ejeção pelo Simpson (%) e a modalidade esportiva praticada.**



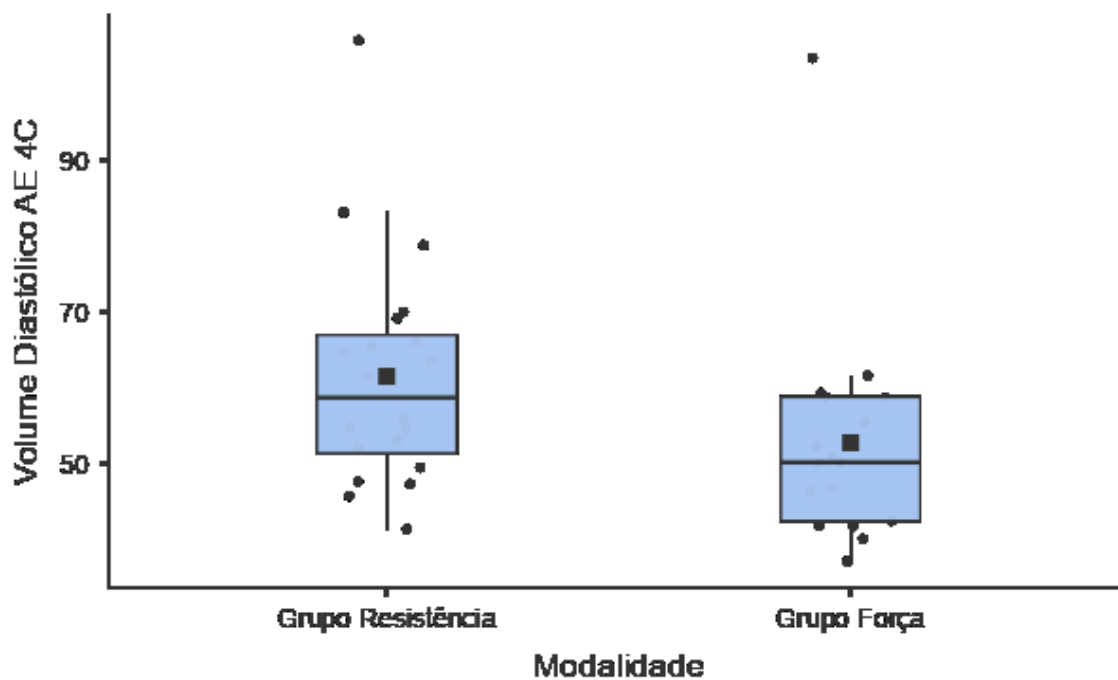
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-17: Relação entre o volume sistólico do VE (ml) e a modalidade esportiva praticada.



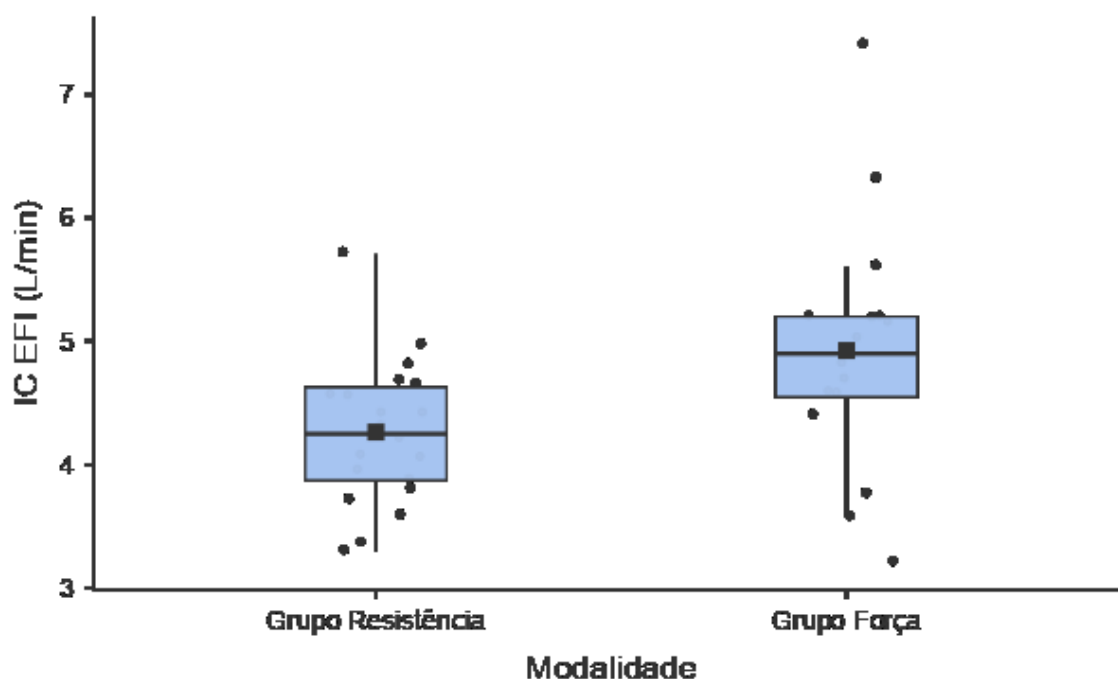
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-18: Relação entre o volume diastólico do AE (ml) no apical 4 câmaras e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-19: Relação entre o IC pelo EFI (L/min) e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Tabela 4 - Índices de Função Sistólica do Ventrículo Direito e do Átrio Direito

(continua)

	Total (n = 37)	Grupo resistência (N = 20)	Grupo força (N = 17)	P
Diâmetro VD Basal (mm)	39.27 (±3.97)	40.61 (±4.08)	37.7 (±3.28)	0.024 (a)
Diâmetro VD médio (mm)	26.01 (±3.15)	26.3 (±3.69)	25.5 (±2.40)	0.435 (a)
Área VD diastólica (cm <sup>2</sup> )	22.5 (±7.76)	21.9 (±4.2)	23.2 (±10.6)	0.749 (b)
Área VD sístole (cm <sup>2</sup> )	11.61 (±3.00)	11.0 (±2)	12.3 (±3.8)	0.311 (b)
Variação fracional da área do VD (%)	61.49 (±11.9)	63.6 (±9.32)	58 (±14.5)	0.298 (b)
Volume diastólico AD (ml)	50 .87 (±14.3)	54.5 (±15.9)	46.5 (±11.0)	0.167 (b)
Volume indexado do AD (ml/m <sup>2</sup> )	25.9 (±7.78)	29.0 (±8.2)	22.1 (±5.36)	0.005 (b)
Tapse (mm)	22.1 (±3.56)	23.34 (±3.75)	20.65 (±2.76)	0.021 (b)
Vel S' tricúspide (m/s)	0.15 (±0.02)	0.15 (±0.02)	0.14 (±0.02)	0.348 (a)

**Tabela 4 - Índices de Função Sistólica do Ventrículo Direito e do Átrio Direito**

	Total (n = 37)	Grupo resistência (N = 20)	Grupo força (N = 17)	P
Vel Refluxo Tricúspide (m/s)	2.27 ( $\pm 0.27$ )	2.29 ( $\pm 0.26$ )	2.21 ( $\pm 0.30$ )	0.570 (a)
PSAP (mmHg)	24.84 ( $\pm 7.27$ )	26.2 ( $\pm 4.76$ )	21.9 ( $\pm 10.73$ )	0.251 (b)
PAD (mmHg)	4.54 ( $\pm 0.85$ )	5 ( $\pm 0$ )	3.93 ( $\pm 1.03$ )	<.001 (b)

VD: Ventrículo direito

AD: Átrio direito

VEI: Velocidade

PSAP: Pressão sistólica em artéria pulmonar

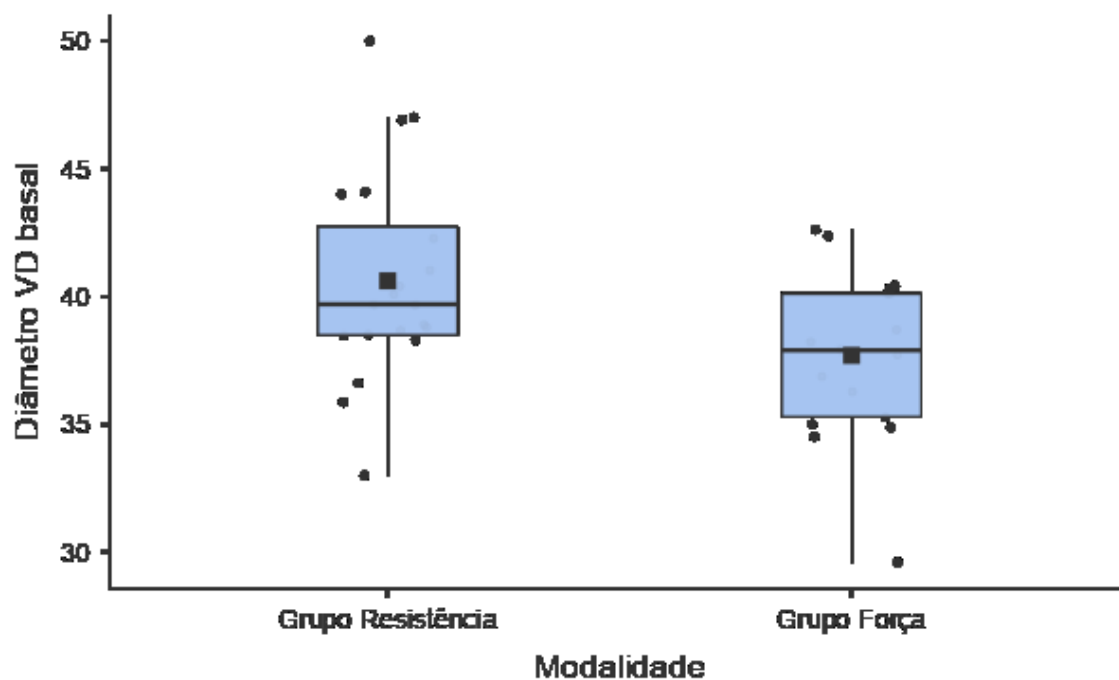
PAD: Pressão do átrio direito

(a) Test-T; (b) Mann-Whitney U

**Fonte: Autoria própria (2022).**

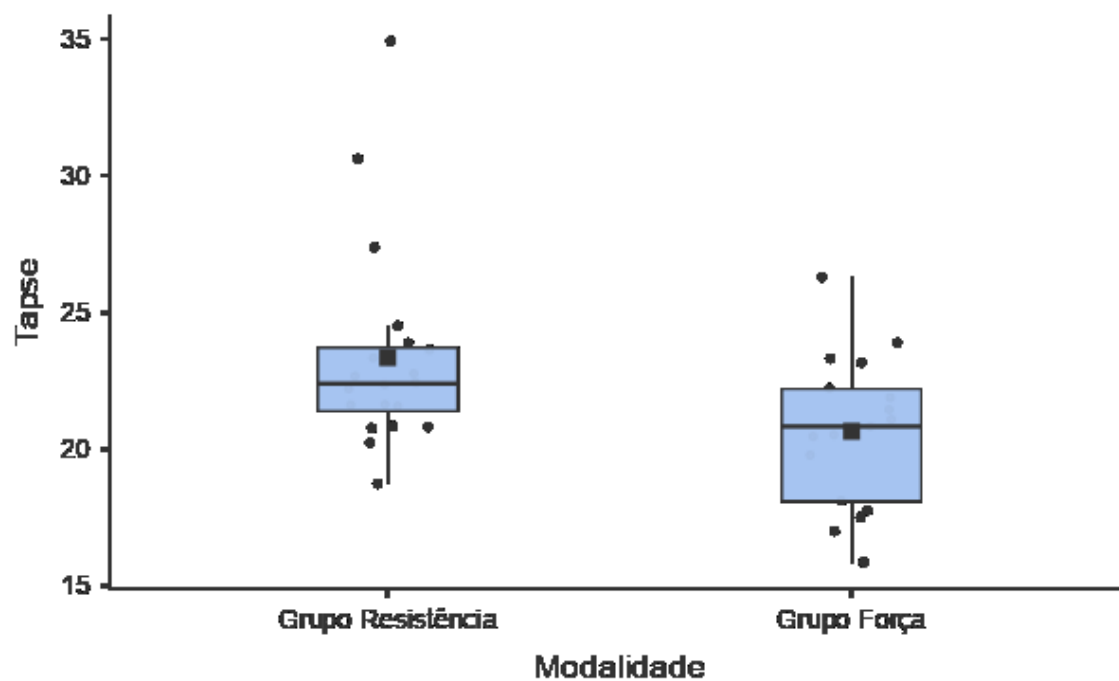
Ao analisar os parâmetros do ventrículo direito e do átrio direito, identificamos que o diâmetro basal do ventrículo direito teve média amostral de 39.27 ( $\pm 3.97$ ) mm. Já o grupo de resistência, apresentou uma média de 40.61 ( $\pm 4.08$ ) mm que foi maior que a do grupo de força com 37.7 ( $\pm 3.28$ ) mm. ( $p = 0.024$ ) (Figura-18). A média da TAPSE na amostra ficou em 22.1 ( $\pm 3.56$ ) mm, sendo que o grupo de resistência mais uma vez apresentou uma média estatisticamente significativa maior que o grupo de esportes de força ( $23.34 \pm 3.75$  vs.  $20.65 \pm 2.76$ ,  $p = 0.021$ ) (Figura-19). Para o volume indexado do átrio direito, identificamos para nossa amostra um valor de 25.9 ( $\pm 7.78$ ) ml/m<sup>2</sup>. Nesse caso, o grupo de resistência também apresentou média superior ao grupo de força ( $29.0 \pm 8.2$  vs.  $22.1 \pm 5.36$ ,  $p = 0.005$ ) (Figura-20). Por fim, a pressão no átrio direito (PAD) apresentou média amostral de 4.54 ( $\pm 0.85$ ) mmHg, e seguindo a tendência dos resultados anteriores, a média do grupo de resistência de 5 ( $\pm 0$ ) mmHg foi superior à média do grupo de força com 3.93 ( $\pm 1.03$ ) mmHg ( $p < 0.001$ ) (Figura-21). As demais variáveis relacionadas ao ventrículo direito e átrio direito estão representadas na Tabela-4, com suas médias para a amostra, assim como para cada grupo de interesse.

Figura-20: Relação entre o diâmetro basal do VD (mm) e a modalidade esportiva praticada.



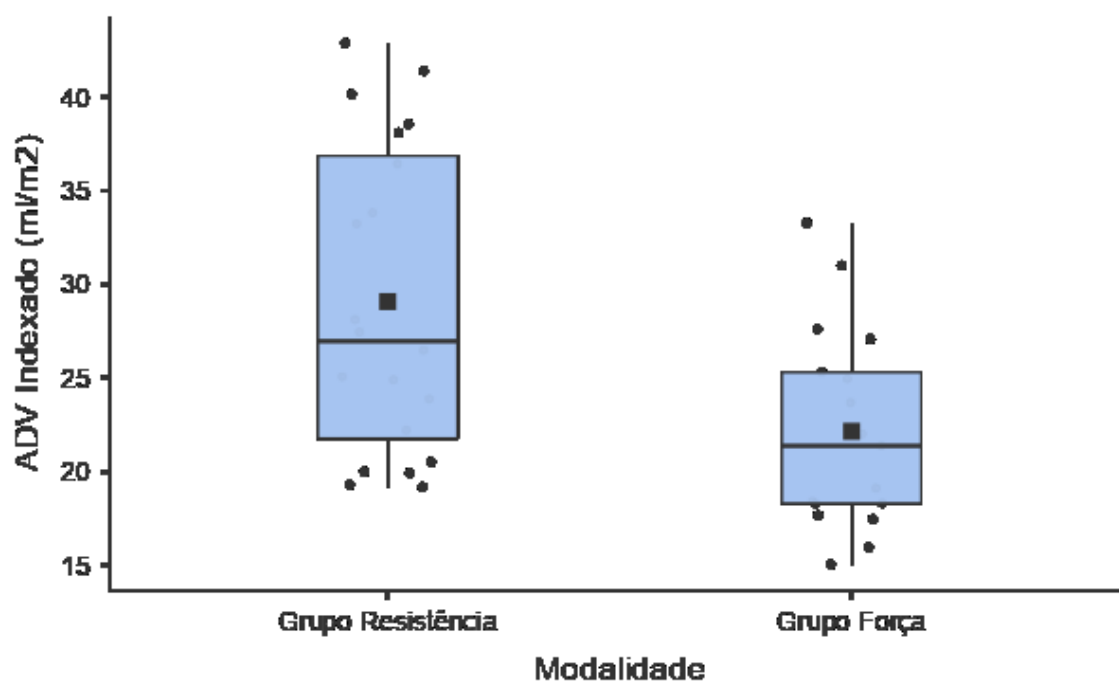
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-21: Relação entre a TAPSE (mm) e a modalidade esportiva praticada.



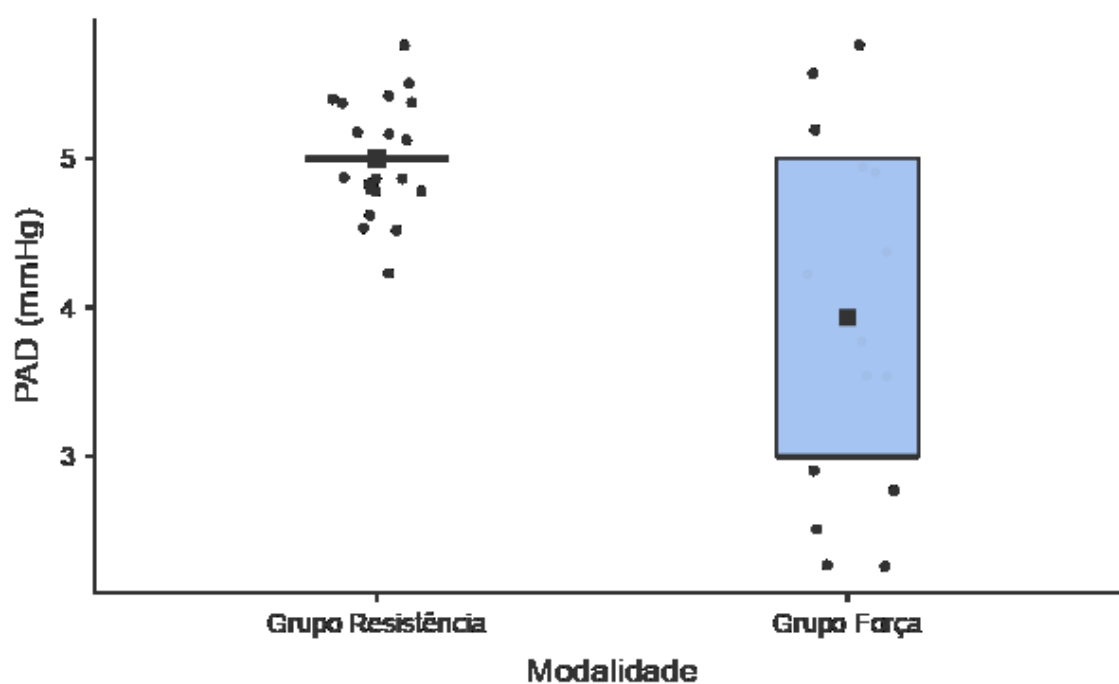
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-22: Relação entre o volume indexado do AD e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-23: Relação entre a pressão no átrio direito (PAD) e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

**Tabela 5 - Análise dos Parâmetros de Função Diastólica do Ventrículo Esquerdo**

	Total (n = 37)	Grupo resistência (N = 20)	Grupo força (N = 17)	P
Vel E Mitral (cm/s)	0.69 (±0.11)	0.72 (±0.12)	0.65 (±0.08)	0.069 (a)
TD E mitral (ms)	212.8 (±43.7)	195.2 (±37.3)	233.5 (±42.4)	0.013 (a)
VEL A Mitral	0.53 (±0.14)	0.52 (±0.13)	0.55 (±0.14)	0.559 (a)
Relação E/A	1.39 (±0.4)	1.50 (±0.45)	1.26 (±0.31)	0.079 (a)
Vel e' Septal (cm/s)	0.10 (±0.02)	0.11 (±0.01)	0.10 (±0.02)	0.444 (a)
Vel a' septal (cm/s)	0.09 (±0.02)	0.09 (±0.02)	0.09 (±0.02)	0.557 (a)
Vel S' Septal	0.09 (±0.01)	0.096 (±0.014)	±0.098 (±0.012)	0.760 (a)
Vel e' Lateral	0.16 (±0.03)	0.16 (±0.03)	0.015 (±0.03)	0.245 (a)
Vel a' Lateral	0.10 (±0.02)	0.10 (±0.02)	0.10 (±0.03)	0.442 (b)
Vel S' Lateral	0.13 (±0.02)	0.13 (±0.02)	0.12 (±0.02)	0.414 (b)
e' médio	0.24 (±0.63)	0.14 (±0.02)	0.35 (±0.92)	0.324 (b)
E/e' Mitral	5.28 (±1.30)	5.29 (±1.28)	5.28 (±1.36)	0.992 (b)
TRIV	97.2 (±11.42)	95.5 (±9.94)	99.7 (±13.2)	0.301 (a)

E: Onda E fluxo diastólico mitral

TD: Tempo de desaceleração

A; Onda A fluxo diastólico mitral

Vel: Velocidade

TRIV: Tempo de relaxamento isovolumétrico

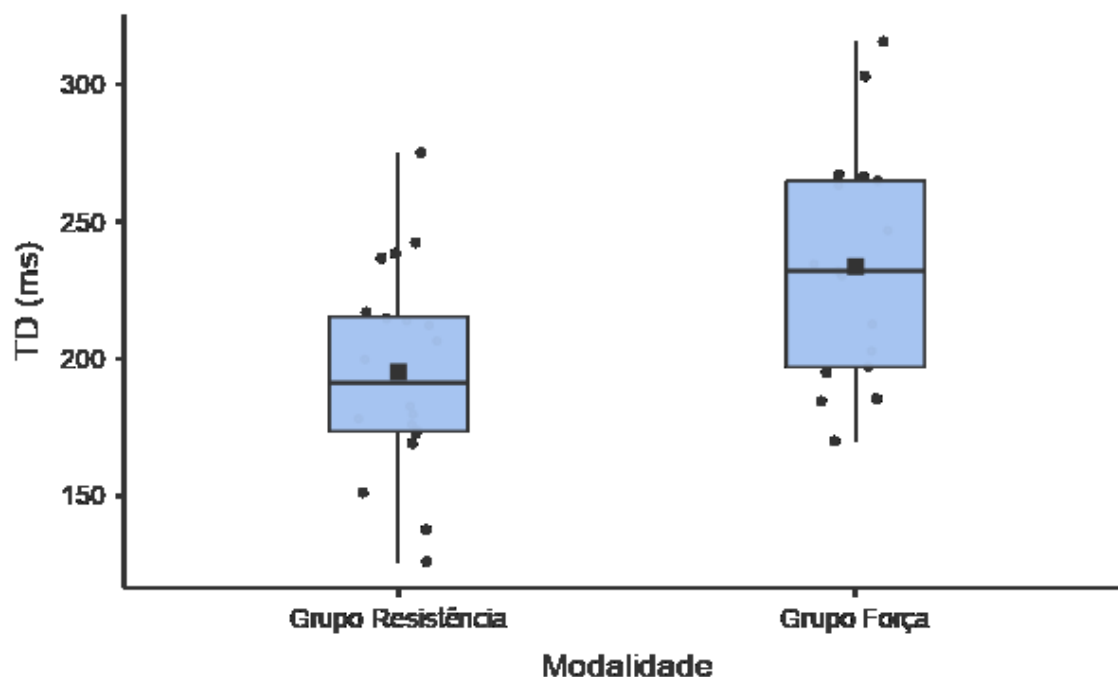
(a) Test-T; (b) Mann-Whitney U

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Ao analisar os índices de função diastólica do ventrículo esquerdo identificamos que o tempo de desaceleração da onda E mitral (TD E mitral) teve média amostral de 212.8 (±43.7) ms. Para o grupo que praticava esportes relacionados a força, a média amostra foi significativamente maior com 233.5 (±42.4) ms, em comparação ao grupo de esportes de resistência 195.2 (±37.3) ms (p=0.013) (Figura-22). As demais variáveis relacionadas aos índices de função diastólica do ventrículo esquerdo estão representadas na Tabela-5, com suas médias para a amostra, assim como para cada grupo de interesse.



Figura-24: Relação entre o tempo de desaceleração da onda E mitral (TD) e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Tabela 6 - Avaliação dos Parâmetros do Strain Longitudinal Global do Ventrículo Esquerdo e do Ventrículo Direito

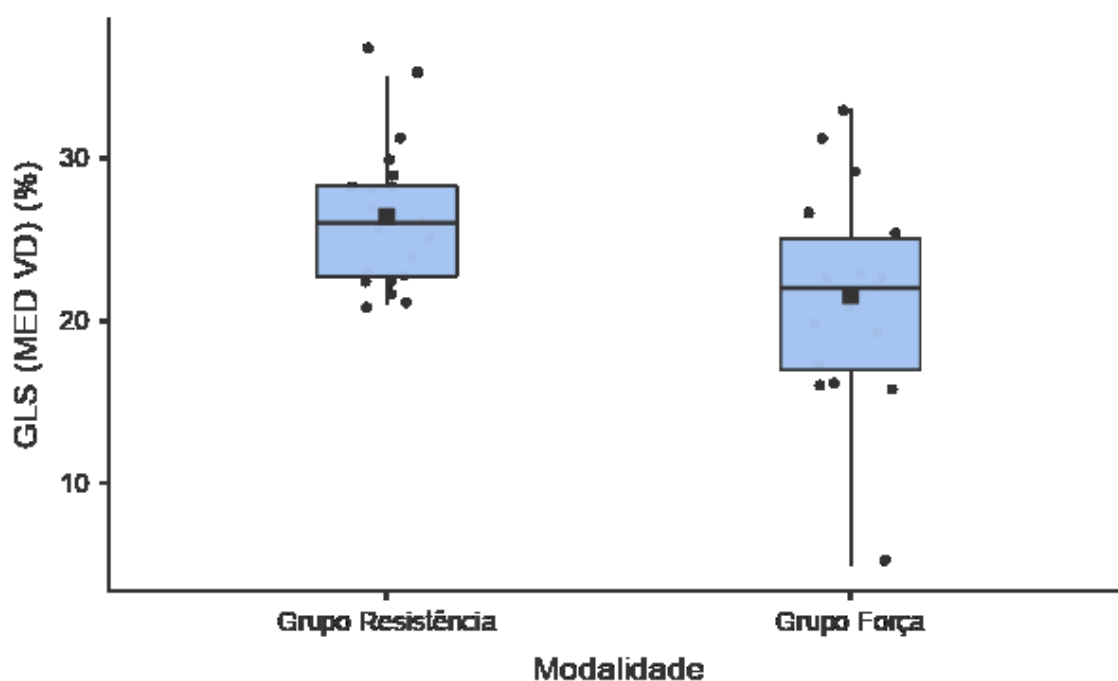
	Total (n = 37)	Grupo resistência (N = 20)	Grupo força (N = 17)	P
SLG APICE VD	25.5 (±7.32)	26.9 (±6.92)	23.9 (±7.64)	0.216 (NS) (a)
SLG LATERAL MEDIO VD	24.2 (±6.06)	26.4 (±4.49)	21.5 (±6.71)	0.013 (a)
SLG LATERAL BASAL VD	19.6 (±6.48)	19.6 (±4.67)	19.6 (±8.28)	0.996 (NS) (b)
SLG VD MEDIA 3 SEGMENTOS	23.1 (±4.64)	24.3 (±3.68)	21.6 (±5.32)	0.087 (NS) (a)
SLG VD MEDIA 6 SEGMENTOS	18.8 (±3.11)	19.8 (±2.88)	17.6 (±3.04)	0.036 (a)
SLG VE	17.7 (±1.80)	18.5 (±1.61)	16.7 (±1.54)	0.001 (a)

SLG: Strain longitudinal global  
VD: Ventrículo direito  
VE: Ventrículo esquerdo  
(a) Test-T; (b) Mann-Whitney U

Fonte: Autoria própria (2022).

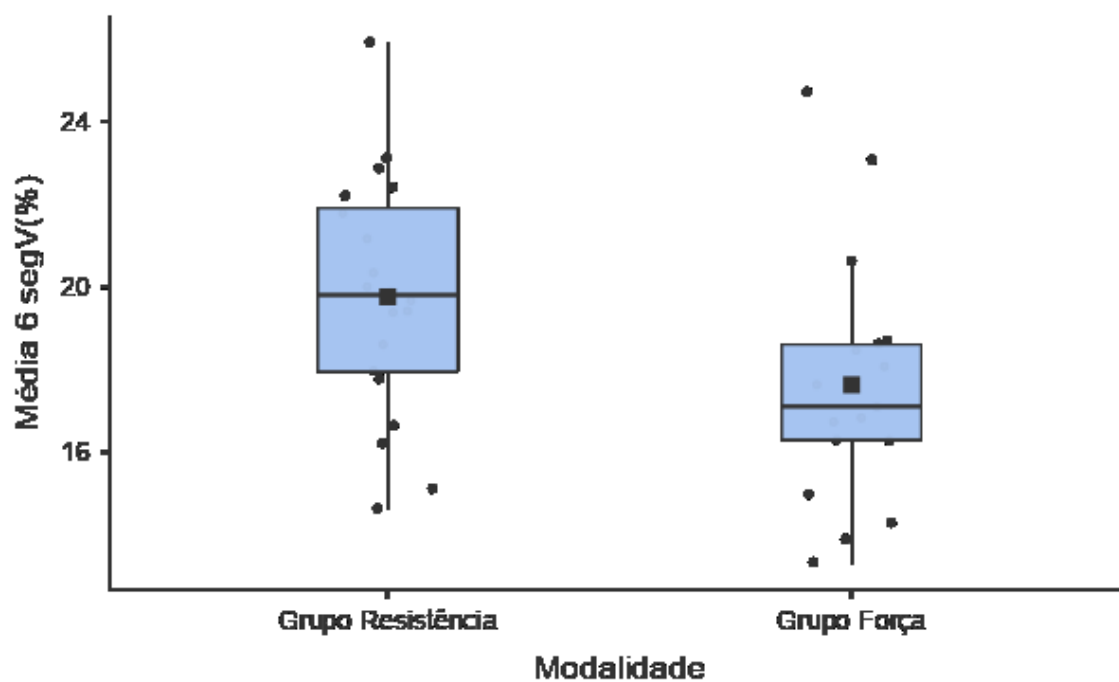
Ao analisar os parâmetros do *Strain* longitudinal global do ventrículo esquerdo e do ventrículo direito, identificamos que o SLG do ápice do ventrículo direito teve média amostral de 24.2 ( $\pm 6.06$ ) %. O grupo resistência apresentou média de 26.4 ( $\pm 4.49$ ) % e foi significativamente maior que o grupo de força com 21.5 ( $\pm 6.71$ ) % ( $p=0.013$ ) (Figura-23). Já para o SLG do ventrículo direito com média de 6 segmentos, a média amostral foi de 18.8 ( $\pm 3.11$ ), enquanto o grupo de resistência apresentou novamente média superior em relação ao grupo de força (19.8  $\pm 2.88$  vs. 17.6  $\pm 3.04$ ,  $p=0.036$ ). Por fim, para o SLG do ventrículo esquerdo, identificamos uma média amostral de 17.7 ( $\pm 1.80$ ) %, e o grupo de resistência teve média de 18.5 ( $\pm 1.61$ ) %, que foi maior que o grupo de força com 16.7 ( $\pm 1.54$ ) % ( $p=0.001$ ) (Figura-24). As demais variáveis relacionadas do Strain longitudinal global do ventrículo esquerdo e do ventrículo direito estão representadas na Tabela-6, com suas médias para a amostra assim como para cada grupo de interesse.

**Figura-25: Relação entre o Strain Longitudinal do Ápice do VD e a modalidade esportiva praticada**



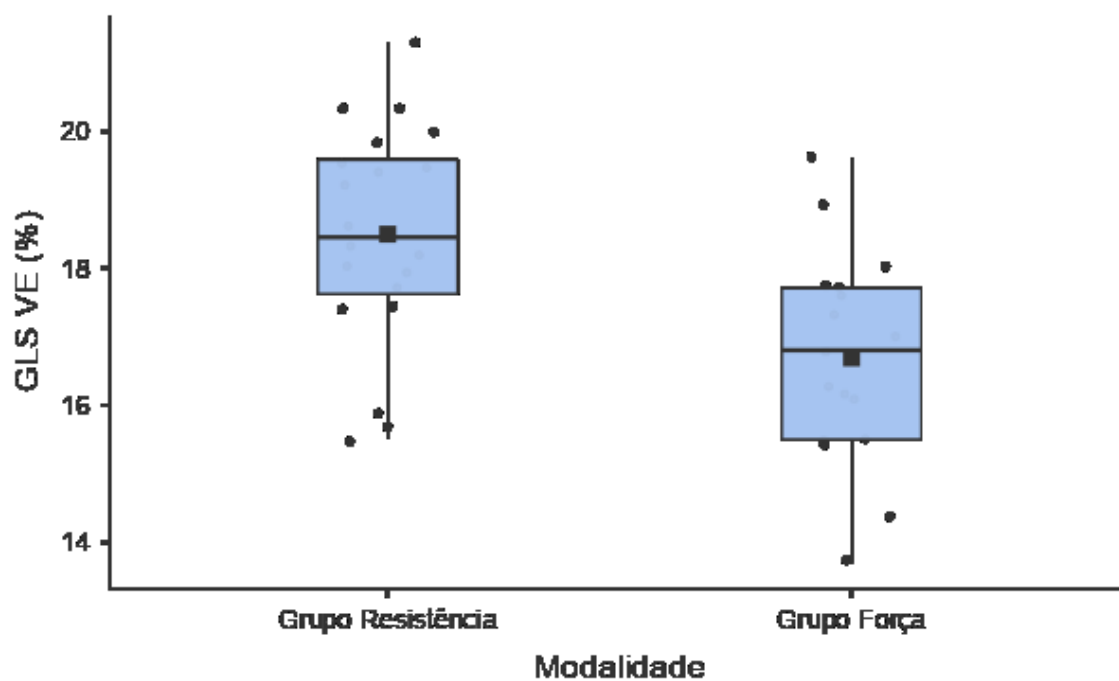
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-26: Relação entre o Strain Longitudinal do VD - média de 6 segmentos e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura-27: Relação entre o Strain Longitudinal Global do VE e a modalidade esportiva praticada.



Fonte: Próprio autor, 2022.

**Tabela 7 – Análise Uni e Multivariada Para Predição da Variável Modalidade de Exercício**

	Univariado	p-value	Multivariado	p-value
IDADE (anos)	1.03 [0.97-1.11]	0.282	1.04 [0.96-1.12]	0.316
SLG VE (%)	2.07 [1.23-3.49]	0.006	2.15 [1.13 – 4.08]	0.0091
Diâmetro VD Basal	1.27 [1.01-1.59]	0.019	1.29 [0.94-1.75]	0.109
Volume AE Indexado	1.18 [1.04–1.36]	0.013	1.13 [0.96-1.34]	0.130

SLG: Strain longitudinal global  
VD: Ventrículo direito  
VE: Ventrículo esquerdo

**Fonte: Aatoria própria (2022).**

Segundo a análise de regressão logística para variável dependente na modalidade de exercício, identificamos que no modelo multivariado, a cada 1% no aumento do Strain Longitudinal Global do VE (%), existindo 2.15 (115%) mais chances de pertencer ao grupo de resistência em relação a quem pertence ao grupo de força.

## 6. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi comparar achados de ecocardiografia bidimensional com Speckle Tracking em atletas de duas modalidades que, sabidamente, possuem padrões de treinamento diferentes. Os participantes do estudo tiveram idade, altura e níveis pressóricos aferidos semelhantes. Também não foram diagnosticadas nenhuma valvulopatia moderada ou grave, miocardiopatia aguda ou crônica, doença pericárdica ou qualquer outra alteração durante a realização do exame que pudesse ser critério de exclusão do estudo. Sendo assim, os grupos puderam ser comparáveis. Os atletas do grupo de força tiveram maior peso [91,4 (86 a 103) vs. 71,4 (65 a 75) kg,  $p < 0,0001$ ], maior área de superfície corporal [2,09 (2,0 a 2,2) vs. 1,85 (1,7 a 1,9) m<sup>2</sup>,  $p < 0,001$ ], maior índice de massa corporal [30,1 (26,7 a 32,1) vs. 22,8 (22,1 a 24,2),  $p < 0,001$ ] e maior frequência cardíaca em repouso [72 (66 a 82) vs. 59 (53 a 67) bpm,  $p < 0,001$ ] do que os atletas maratonistas, dados semelhantes aos encontrados na literatura (SZAUDER *et al*, 2015; WEBERRUSS *et al*, 2022).

Entre os parâmetros anatômicos do ecocardiograma bidimensional, pode-se destacar que a massa ventricular esquerda foi maior nos atletas de força [196,2 (160 a 213) vs. 167,9 (147 a 163) g,  $p=0,018$ ], porém com índice de massa ajustado a superfície corpórea [90,4 (74 a 102) vs. 87,0 (81 a 99) g/m<sup>2</sup>,  $p=NS$ ] e espessura relativa da parede (ERP) ventricular esquerda [0,37 (0,34 a 0,39) vs. 0,33 (0,32 a 0,39),  $p=NS$ ] não apresentando diferenças estatísticas significativas entre os grupos, demonstrando a adaptação fisiológica ao tipo de treinamento realizado (SZAUDER et al, 2015; WEBERRUSS et al, 2022). Teske et al, (2014) demonstrou em seu estudo que as dimensões do ventrículo esquerdo e do ventrículo direito VD aumentaram significativamente em atletas de resistência quando comparados a grupo controle.

Os atletas de resistência apresentaram maiores volumes indexados do átrio esquerdo [34,3 (30 a 43) vs. 29,5 (23 a 31) mL/m<sup>2</sup>,  $p=0,003$ ], do átrio direito [26,9 (21 a 37) vs. 21,3 (18 a 25) mL/m<sup>2</sup>,  $p=0,005$ ] maior diâmetro basal do ventrículo direito [39,7 (38 a 43) vs. 37,7 (35 a 40) mm,  $p=0,023$ ] e maior Tapse [23.34 ( $\pm 3.75$ ) vs 20.65 ( $\pm 2.76$ ),  $p = 0,021$ ], dados também em acordo como descrito por Rundquist et al (2017) que, em seu estudo, relatou aumento em todas as dimensões cardíacas de atletas de endurance quando comparados a grupo controle, associados a aumento da Tapse e da velocidade sistólica da parede do ventrículo direito.

Quando foram avaliados os dados funcionais observou-se que os atletas de resistência apresentaram maior fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) tanto pelo Teicholz [67,2 ( $\pm 3.70$ ) vs 64,3 ( $\pm 4,92$ )] % como pelo método Simpson [61,4 (57 a 67) vs. 56,8 (53 a 62)%],  $p=0,021$ . Silva et al, 2018, em estudo comparativo de atletas de força e de resistência, não demonstrou alterações na função sistólica ou índices ecocardiográficos entre os grupos avaliados. Quando comparamos com o estudo publicado por D'Andrea et al (2022), o qual demonstrou prejuízo da função sistólica do ventrículo direito associado à congestão pulmonar e redução da capacidade funcional durante o exercício em atletas de força sob uso de substâncias anabolizantes, observamos que tal achado poderia também ser fator justificado para os achados em nosso estudo, tendo em vista que os atletas de força estudados estavam em uso de anabolizantes, mas não amplamente verificados em nosso protocolo.

Quando analisou-se dados de função diastólica do VE apenas o tempo de desaceleração da onda E (TD) apresentou diferença significativa entre os grupos, sendo maior no grupo de força [233.5 ( $\pm 42.4$ ) vs 195.2 ( $\pm 37.3$ )]. Santoro et al (2014),

em seu estudo comparando atletas de força e de resistência com Speckle Tracking demonstrou correlação significativa entre a relação E/A e frequência cardíaca, onde a FC foi fator independente para disfunção diastólica em ambos os grupos. Em nosso estudo não houve casos de disfunção diastólica nos atletas avaliados, segundo parâmetros estabelecidos em diretrizes (NAGUEH et al, 2016).

Tanto o SLGVD [19,7 (17 a 22) vs 17,6 (15 a 18)%,  $p=0,035$ ] quanto o SLGVE [18,4 (17 a 19) vs 16,8 (15 a 17)%,  $p=0,001$ ] foram significativamente maiores nos atletas de resistência. Esse achados parecem estar de acordo com alguns dados de literatura mais recentes, como no estudo de D'Andrea et al (2022), no qual foi demonstrada redução do SLGVD em atletas de força em uso de esteroides anabolizantes, quando comparados a grupo controle. Em outro estudo, Teske et al (2014) demonstrou valores de SLGVD reduzidos em atletas de resistência, sendo maior a redução quanto maiores os valores do tamanho do VD, e devendo ser interpretados como achados normais em atletas com suspeita de patologia do VD. Já no estudo de Szauder et al (2015), não houve distinção entre os grupos de atletas avaliados nos parâmetros ecocardiográficos convencionais, mas o Strain longitudinal foi menor nos corredores, resultado oposto ao encontrado no presente estudo. Valores de Strain mais baixos com função sistólica (fração de ejeção) poderiam ser decorrentes de uma possível capacidade de reserva funcional e seriam sinais de um coração treinado.

Utilizando-se um modelo multivariado, o SLGVE, a massa do VE e o volume indexado do AE foram variáveis independentes que se associaram ao fenótipo (força=1 ou resistência=0). O modelo preditivo com estas 3 variáveis apresentou uma AUC = 0,94 (IC95% 0,82 a 0,99,  $p<0,001$ ). O SLGVE associou-se ao fenótipo mesmo quando corrigido pela idade e FEVE [OR=0,48 (0,28-0,81),  $p=0,006$ ].

Também através da análise de regressão logística para a variável dependente modalidade de exercício, identificou-se que no modelo multivariado, a cada 1% no aumento do Strain Longitudinal Global do VE (%), temos 2.15 (115%) mais chances de pertencer ao grupo de resistência em relação a quem pertence ao grupo de força.

Forsythe L, et al (2018) demonstrou que, apesar da heterogeneidade nos dados de SLG em atletas, tanto os índices de strain longitudinal global do ventrículo esquerdo (SLGVE) e strain longitudinal do ventrículo direito (SLGVD) poderiam adicionar valor aos protocolos de diagnóstico diferencial em investigação de

cardiopatias, sendo úteis também para avaliação durante o exercício e no acompanhamento seriado.

## 7. CONCLUSÃO

Conclui-se que os atletas avaliados apresentaram adaptações morfológicas cardíacas diretamente relacionadas com a modalidade de treinamento realizado. Em nosso estudo, o Strain Longitudinal Global do Ventrículo Esquerdo (SLGVE) foi variável independente e estatisticamente significativa, mesmo quando corrigido pela idade e fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE). Também foi identificado que, a cada 1% no aumento do Strain Longitudinal Global do VE (%), temos 2.15 (115%) mais chances de pertencer ao grupo de resistência em relação a quem pertence ao grupo de força. Esses dados sugerem a sua utilização na avaliação ecocardiográfica de atletas de alto rendimento. Valores do SLGVE menores encontrados para os atletas de resistência necessitam de estudos posteriores para identificar quais fatores, além do treinamento, contribuem para esse achado.

O estudo teve como limitações o número de participantes da pesquisa devido às restrições da pandemia. Para pesquisas futuras, sugere-se o número de participantes maior e que a realização do estudo seja planejada em condições mais adequadas, o que poderá encaminhar a estudos complementares.

Poucos estudos foram encontrados na revisão de literatura comparando modalidades e tipos de esportes, sendo indivíduos amadores ou profissionais. Assim, essa pesquisa se torna importante para atualização de informações sobre a utilização e da importância de aplicação do exame de ecocardiograma bidimensional avançado com *Speckle-tracking* e *Strain* em praticantes de esportes em diferentes modalidades.

## REFERÊNCIAS

- BADANO, L. P.; KOLLIAS, T. J.; MURARU, D. *et al.* Padronização da imagem da deformação atrial esquerda, ventricular direita e atrial direita usando ecocardiografia bidimensional de seguimento de manchas: um documento de consenso da EACVI/ASE/Industry Task Force para padronizar a imagem da deformação. **European Heart Journal - Cardiovascular Imaging**, v. 19, n. 1, p. 591-600, 2018.
- BAGGISH, A. L.; BATTLE R, R. W.; BEAVER, T. A. *et al.* Recommendations on the Use of Multimodality Cardiovascular Imaging in Young Adult Competitive Athletes: A Report from the American Society of Echocardiography in Collaboration with the Society of Cardiovascular Computed Tomography and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v.33, n. 5, p.523-549, 2020.
- BARBERATO, S. H.; ROMANO, M. M. D. BECK, A. L. S. *et al.* Position Statement on Indications of Echocardiography in Adults – 2019. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 113, n. 1, p. 135-181, 2019.
- BEAUMONT, A.; GRACE, F., RICHARDS, J. *et al.* Left Ventricular Speckle Tracking-Derived Cardiac Strain and Cardiac Twist Mechanics in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Studies. **Sports Medicine**, v. 47, n.6, p.1145-1170, 2017.
- CAMARGO, E. M.; AÑEZ, C. C. R. R. **Diretrizes da OMS Para Atividade Física e Comportamento Sedentário**, 2020. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/336657/9789240015111-eng.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2022
- DAMINELLO, E.; RODRIGUES, A. C. T.; ECHENIQUE, L. *et al.* Avaliação dos Parâmetros de Deformação Miocárdica pelo Ecocardiograma Tridimensional e Speckle Tracking em Atletas Competitivos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia: Imagem cardiovascular**, v.30, n.3, p.92-97, 2017.
- D'ANDREA, A.; RADMILOVIC, J.; RUSSO, V. *et al.* Biventricular dysfunction and lung congestion in athletes on anabolic androgenic steroids: a speckle tracking and stress lung echocardiography analysis. **European Journal of Preventive Cardiology**, v.28, n.17, p.1928-1938, 2022.
- DE MARIA, B.; GOIS, M. de O.; CATAE, M. A. *et al.* Ten-year follow-up of cardiac function and neural regulation in a group of amateur half-marathon runners, **Open Heart**, v.8, p.1-6, 2021.
- DINIS, P.; DORES, E.; TEIXEIRA, R. *et al.* Remodelagem Cardíaca Adicional Induzida pelo Treinamento Militar Intenso em Atletas de Nível Competitivo. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v.31, n.3, p.209-217, 2018.



DOS SANTOS A. P. P. Remodeling Cardíaco e o exercício: será sempre benéfico? Mestrado Integrado em Medicina. **Universidade de Coimbra**, 2018.

D'SILVA, A.; BHUVA, A. N.; VAN ZALEN, J. *et al.* Cardiovascular Remodeling Experienced by Real-World, Unsupervised, Young Novice Marathon Runners. **Frontiers in Physiology**, v.11, n. 232, p. 1-16, 2020.

FAGARD, R. H. Impact of different sports and training on cardiac structure and function. **Cardiology Clinics**, v. 15. n. 3. p.397-412, 1997.

FORSYTHE, L.; GEORGE, K.; OXBOROUGH, D. Speckle Tracking Echocardiography for the Assessment of the Athlete's Heart: Is It Ready for Daily Practice? **Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine**, v. 20, n. 10, p. 83, 2018.

GIL, A.C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017.

HACKETT, D. A., GUY C. WILSON, G. C.; MITCHELL, L *et al.* Effect of Training Phase on Physical and Physiological Parameters of Male Powerlifters. **Sports**, v. 8. n. 106, 2020.

HEWING, B.; SCHATTKER, S.; SPETHMANN, S. *et al.* Cardiac and renal function in a large cohort of amateur marathon runners. **Cardiovascular Ultrasound**, v.13, n.13, p. 1-8, 2015.

HOWARD, S. J.; MCLESTER, C. N.; EVANS, T. W. *et al.* Central Hemodynamics Measured During 5 Repetition Maximum Free Weight Resistance Exercise. **International Journal of Exercise Science**, v.11, n.2, p. 342–354, 2018.

JÜRGENSON, J.; SERG, M.; KAMPUS, P. *et al.* The effect of pre-seasonal strength training on central hemodynamics and cardiac function in elite powerlifting athletes. **Research Reports in Clinical Cardiology**, v. 10, p. 33-41, 2019.

KLEINNIBBELINK, G.; DIJK, A. P. J. V.; FORNASIERO, A. *et al.* Exercise-Induced Cardiac Fatigue after a 45-Minute Bout of High-Intensity Running Exercise Is Not Altered under Hypoxia. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v.34, n.5, p.511-521, 2021.

LANG, R. M.; BADANO, L. P.; MOR-AVI, V. *et al.* Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 28, n.1, p.1-53, 2015.

LEAL, G. N. Aplicações do Estudo da Deformação Miocárdica pela Técnica de Speckle Tracking Bidimensional em Pediatria. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia: Imagem cardiovascular**, v.32, n.1, p.29-33, 2019.

LEWICKA-POTOCKA, Z.; DĄBROWSKA-KUGACKA, A.; LEWICKA, E. *et al.* The "athlete 's heart" features in amateur male marathon runners. **Cardiology Journal**, v.28, n.5, p. 707-715, 2021.

LIMA, M. S. M.; VILLARRAGA, H. R.; ABDUCH, M. C. D. *et al.* Strain Longitudinal Global ou Twist do Ventrículo Esquerdo e Torção? Qual se Correlaciona Melhor com a Fração de Ejeção? **Arquivo Brasileiro Cardiologia**, v. 109, n.1, p. 23-29, 2017.

MAFRA, R.; DA COSTA F. C.; DE MOURA J. A. R. Análise da Frequência Cardíaca de Atletas De Powerlifting em Situação Competitiva. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v.2, n.7, p.132-140, 2008.

MEDEIROS, M. de A.; PEDROSA, R. P.; SILVEIRA, C. A. da M. *et al.* Função Atrial Esquerda pelo Método de Speckle Tracking: Além da Avaliação Volumétrica. **Arquivo Brasileiro Cardiologia Imagem Cardiovascular**, v.32, n.1, p. 34-42, 2019.

MITCHELL, C.; RAHKO, P. S.; BLAUWET, L. A. *et al.* Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 32, n.1, p.1-64, 2019.

MONDILLO, S.; GALDERISI, M.; MELE, D. *et al.* *Speckle-Tracking* Echocardiography. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 30, n. 1, p. 71-83, 2011.

NAGUEH, S. F.; SMISETH O. A.; APPLETO, C. P. *et al.* Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 29, n. 4, p. 277-314, 2016.

QUINONES, M. A.; DOUGLAS P. S.; FOSTER, E. *et al.* ACC/AHA Clinical Competence Statement on Echocardiography. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians–American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 41, n. 4, p. 687–708, 2003.

RAIMUNDO, A.; MALTA, J.; BRAVO, J. O Problema do Sedentarismo. Benefícios da Prática de Atividade Física e Exercício. **Ebook**. Universidade de Évora, 2019.<http://hdl.handle.net/10174/25891> Acesso em: 6 jun. 2022

RUNDQVIST, L.; ENGVALL, J.; FARESJO, M.; CARLSSON, E.; BLOMSTRAND, P. Regular endurance training in adolescents impacts atrial and ventricular size and

function. **European Heart Journal: Cardiovascular Imaging**, v. 18, p. 681–687, 2017.

SANTORO, A.; ALVINO, F.; ANTONELLI, G. *et al.* Endurance and Strength Athlete's Heart: Analysis of Myocardial Deformation by Speckle Tracking Echocardiography. **Cardiovascular Ultrasound**, v. 22, n. 4, p.196-204, 2014.

SCHATTKE, S.; XING, Y.; LOCK, J. *et al.* Increased longitudinal contractility and diastolic function at rest in well-trained amateur marathon runners: a speckle tracking echocardiography study. **Cardiovascular Ultrasound**, v. 12, n. 11, p. 1-6, 2014.

SENGUPTA, S. P.; MAHURE, C.; MUNGULMARE, K. *et al.* Myocardial fatigue in recreational marathon runners: A speckle-tracking echocardiography study. **Indian Heart Journal**, v. 70, n. 3, p. 229-234, 2018.

SILVA, A. P. P. Projecto de Investigação: Deformação Miocárdica em Atletas de Diferentes Modalidades – Um estudo por 2D Speckle Tracking – **Monografia de dissertação**. 2011.

SILVA, C. E. S. Uso Adequado das Novas Diretrizes de Função Diastólica na Avaliação de Atletas. Nem Sempre é o que Parece Ser. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 115, n. 1, p. 134-138, 2020.

SILVA, D. V. WACLAWOVSKY, G. KRAMER, A. B. *et al.* Comparação de Parâmetros Cardíacos e Vasculares em Powerlifters e Corredores de Longa Distância: Um Estudo Transversal Comparativo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 111, n. 6, p. 772-781, 2018.

SZAUDEK, I.; KOVACS, A.; PAVLIK, G. Comparison of left ventricular mechanics in runners versus bodybuilders using speckle tracking echocardiography. **Cardiovascular Ultrasound**, v. 13, n. 7, p. 1-7, 2015.

TESKE, A. J.; PRAKKEN, N. H.; DE BOECK, B. W. *et al.* Echocardiographic tissue deformation imaging of right ventricular systolic function in endurance athletes. **European Heart Journal**, v. 30, n.8, p.969-977, 2009.

TRIVEDI, S.J., ALTMAN, M; TONY, STANTON, T. *et al.* Echocardiographic Strain in Clinical Practice. **Heart, Lung and Circulation**, v. 28, p. 1320-1330, 2019.

VITARELLI, A., CAPOTOSTO, L.; PLACANICA, G. *et al.* Comprehensive assessment of biventricular function and aortic stiffness in athletes with different forms of training by three-dimensional echocardiography and strain imaging. **European Heart Journal: Cardiovascular Imaging**, v.14, n.10, p. 1010-1020, 2013.

VITIELLO, D.; PALACIN, F.; POINSARD, L. *et al.* Marathon-Induced Cardiac Fatigue: A Review over the Last Decade for the Preservation of the Athletes'

Health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.18. n.16, p.8676, 2021.

WANG, Y.; LI, W.; ZHANG, W. *et al.* Echocardiographic Normal Reference of Left Ventricular Contractile Reserve During Treadmill Exercise Stress Echocardiography in Healthy Chinese Adults – New Non-Sex-Specific Parameter for Left Ventricular Contractile Reserve Evaluation. **International Journal of General Medicine**, v.14, p.7089-7098, 2021.

WEBER, T. R.; SILVA, R. L da; COSSUL, S. *et al.* Avaliação ecocardiográfica na diabetes mellitus tipo 1. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, v. 40. n. 16, p.757-765, 2021.

WEBERRUSS, H.; ENGL, T.; BAUMGARTNER, L.; MUHLBAUER, F. *et al.* Cardiac Structure and Function in Junior Athletes: A Systematic Review. **Reviews in Cardiovascular Medicine**, v. 23, n. 4, p.129, 2022.

WOLFF, S. PICCO, J. M.; DÍAZ-GONZÁLEZ, L. *et al.* Exercise-Induced Cardiac Fatigue in Recreational Ultramarathon Runners at Moderate Altitude: Insights From Myocardial Deformation Analysis. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 8, p.1-8, 2022.

ZEBROWSKA, A.; MIKOŁAJCZYK, R.; WAŚKIEWICZ, Z. *et al.* Left Ventricular Systolic Function Assessed by Speckle Tracking Echocardiography in Athletes with and without Left Ventricle Hypertrophy. **Journal of Clinical Medicine**, v. 8, n. 5, p. 687, 2019.

**APÊNDICE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado a participar de um estudo intitulado “COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS CARDIOVASCULARES ENTRE ATLETAS DE FORÇA E DE RESISTÊNCIA UTILIZANDO A ECOCARDIOGRAFIA BIDIMENSIONAL E SPECKLE TRACKING” cujo objetivo é verificar o efeito do exercício físico nos diversos parâmetros da deformação miocárdica entre atletas de força e de resistência aeróbia, por meio do

A sua participação consiste em realizar: a) mensuração de peso, estatura e pressão arterial; b) um ecocardiograma bidimensional com speckle tracking e strain que será realizado por um médico cardiologista especialista em ecocardiografia, que terá duração de 40 minutos. A fim de avaliar às regiões que se pretende investigar no presente estudo, você será submetido a um ecocardiograma transtorácico completo, para avaliar as dimensões cavitárias, dos índices de função sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo e do ventrículo direito, dimensão da veia cava inferior, Strain do ventrículo esquerdo, Strain do ventrículo direito, Strain do átrio esquerdo.

Cabe lembrar que os pesquisadores garantem manter sigilo sobre todos os seus dados coletados para a pesquisa que possam lhe identificar, tenha certeza de que sua privacidade será respeitada, pois os seus dados estarão codificados durante todo o processo da pesquisa. Por ser um método de imagem realizado em repouso, os riscos relativos ao procedimento são: desconforto, mal-estar e cansaço durante o tempo do procedimento ao exame. Caso você venha a sentir qualquer tipo de desconforto ou mal-estar o exame será interrompido de imediato e uma equipe médica da clínica estará à disposição para atender a qualquer intercorrência de saúde, prestando todo o suporte necessário, sem custos para você. Cabe enfatizar que todos os cuidados relativos a pandemia de Covid-19 (uso de máscaras e álcool gel) serão devidamente tomados. Em caso de alteração no resultado do exame o participante receberá orientações e encaminhamento a um serviço especializado em cardiologia ou medicina esportiva.

Os benefícios da pesquisa são relacionados a ciência e ao desenvolvimento de novos conhecimentos, para o participante que terá acesso aos dados do seu exame e da pesquisa final, cujos resultados poderão ampliar o uso do método para benefício da população.

Antes de dar o seu consentimento, verifique se você está dentro dos critérios de inclusão e exclusão da pesquisa: Critérios de inclusão: atletas praticantes de esportes de força e atletas participantes de esportes de resistência aeróbia, do sexo masculino, entre 18 e 50 anos de idade. Critérios de exclusão: Atletas que estiveram afastados das atividades esportivas por um período mínimo de 6 meses; atletas que se recusarem a assinar o termo de consentimento; atletas que faltarem no dia da avaliação.

Um ponto que precisa ficar claro é que você tem o direito de sair da pesquisa em qualquer momento desejado, tanto quanto o direito de obter informações sobre a pesquisa, assim como todos os procedimentos metodológicos que irão ser realizados. Você pode solicitar conclusões ou pendências e lista de inadequações ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) que nada mais é do que um colegiado interdisciplinar e independente que existe nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, que julgam se a pesquisa deve ser realizada ou não em determinado local e se a mesma possui relevância científica, com o foco na promoção da proteção e segurança ao participante de pesquisa. Está sediado na Av. Presidente Wenceslau Braz, 1172 - Guaíra, Município: Curitiba (PR); Telefone (41) 3213-5200; E-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br

Qualquer outro esclarecimento entrar em contato com o pesquisador responsável Dr. Julio Cesar Bassan no telefone (41) 99964-4220 ou com o pesquisador Régis Luz Pedro no telefone (41) 9 9987 2525; E-mail: regislpedro@gmail.com.

As leis de nosso país não permitem pagamento ou remuneração para participar de estudos científicos, porém caso ocorra alguma situação durante a coleta de dados que gere custo ao participante da pesquisa este será de responsabilidade do pesquisador como as demais despesas. Fica garantido ao participante o direito de indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo.

Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Eu, \_\_\_\_\_, li e declaro estar ciente do anteriormente exposto e concordo voluntariamente em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

**OBS:** este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao participante da pesquisa.

---

Assinatura do Participante da Pesquisa

---

Pesquisador Régis Luz Pedro

---

Pesquisador Responsável Dr. Julio Cesar Bassan

Curitiba, \_\_\_/\_\_\_\_/2022.

## **ANEXO A – Termo de Autorização**



## Termo de Autorização

Venho por meio deste solicitar a autorização para realizar a pesquisa que tem como tema: "COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS CARDIOVASCULARES ENTRE ATLETAS DE FORÇA E DE RESISTÊNCIA UTILIZANDO A ECOCARDIOGRAFIA BIDIMENSIONAL E SPECKLE TRACKING". O objetivo desta pesquisa é verificar o efeito do exercício físico nos diversos parâmetros da deformação miocárdica entre atletas de força e atletas de resistência aeróbia, por meio do Ecocardiograma Bidimensional com Speckle Tracking e Strain, buscar determinar a associação entre a função cardíaca e a prática do exercício de força e resistência aeróbia com a indução de alterações miocárdicas e compará-las. Os participantes da pesquisa receberão o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e, após a compreensão sobre os procedimentos da pesquisa e seu consentimento, serão submetidos ao exame de ecocardiograma bidimensional com Strain. Por se tratar de um método de imagem em repouso, os riscos para os participantes participarem da pesquisa são leves e podem ser relatados como: desconforto, mal-estar e cansaço durante o tempo do procedimento ao exame. Caso você venha a sentir qualquer tipo de desconforto ou mal-estar o exame será interrompido de imediato e uma equipe médica da clínica estará à disposição para atender a qualquer intercorrência de saúde, prestando todo o suporte necessário, sem custos para você. Cabe enfatizar que todos os cuidados relativos a pandemia de Covid-19 (uso de máscaras e álcool gel) serão devidamente tomados. Os benefícios da pesquisa são relacionados a ciência e ao desenvolvimento de novos conhecimentos, para o participante que

terá acesso aos dados do seu exame e da pesquisa final, cujos resultados poderão ampliar o uso do método para benefício da população.

Declaro que os pesquisadores conhecem e cumprirão todas as orientações da Resolução do CNS 466/12, cientes do compromisso em manter a segurança e bem-estar os participantes da pesquisa, mantendo as informações coletadas em sigilo e deixando o participante livre para desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem ônus.

Eu, José Luiz Carneiro Leão, médico responsável técnico pela CISABEM -Centro Integrado de Saúde e Bem-Estar autorizo a realização da pesquisa acima referida nas dependências desta instituição, conforme descrição dos procedimentos aqui relatados.

Curitiba, 23 de junho de 2022.

## **ANEXO B – Ficha de Avaliação**

NOME						REGISTRO			
DATA DO EXAME			IDADE(ANOS)			PESO (KG)			
ALTURA (CM)			IMC (KG/M²):			ASC(M²):			
COMORBIDADES									
HIPERTENSÃO	SIM	NÃO	DIABETES	SIM	NÃO	DISLIPIDEMIA	SIM	NÃO	
DAC	SIM	NÃO	IM PRÉVIO	SIM	NÃO	ATEROSCLEROSE:	SIM	NÃO	
PNEUMOPATIA	SIM	NÃO	SE SIM, QUAL						
OUTRAS DOENÇAS:									

<b>CRITÉRIOS DE INCLUSÃO</b> Idade 18-60 anos Apto a assinar TCLE	<b>CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO</b> NENHUM	
	Estenose mitral	
	Insuficiência mitral ≥ moderada	
	Prótese mitral	
	Ritmo irregular	
	Fibrilação atrial	
	Marcapasso	
	Pericardite constrictiva ou DP ≥ moderado	
	Calcificação importante do anel mitral	
	Cardiomiopatia hipertrófica	
	Hipertensão pulmonar primária	
	Janela acústica inadequada	
	Síndrome coronária aguda	
	Tromboembolismo pulmonar agudo	
Miocardite aguda		
Outro		

PARÂMETROS CONVENCIONAIS	DESCRIÇÃO	VALOR OBTIDO
<b>Morfométricos</b>		
Aorta, mm	Diâmetro da aorta, seios aórticos	
VSVE, mm	Diâmetro da via de saída do VE	
AE, mm	Dimensão anteroposterior do AE	
IVAE, mL/m <sup>2</sup>	Índice de volume do átrio esquerdo	
DDVE, mm	Dimensão diastólica do VE	
DSVE, mm	Dimensão sistólica do VE	
VEVD, mL	Volume diastólico do VE pelo método de Simpson	
VEVS, mL	Volume sistólico do VE pelo método de Simpson	
SPT, mm	Espessura septal	
PP, mm	Espessura da parede posterior	
Índice de massa VE, g/m <sup>2</sup>	Massa do VE indexada	
VSVD, cm	Diâmetro da via de saída do VD	
VD basal (A4C), mm	Dimensão basal do VD (A4C)	
VD médio (A4C), mm	Dimensão cavidade média do VD (A4C)	
AS VD, cm <sup>2</sup>	Área do VD sistólica	
AD VD, cm <sup>2</sup>	Área do VD diastólica	
IVAD, mL/m <sup>2</sup>	Índice de volume do AD	
<b>Hemodinâmicos</b>		
VTI VSVE, mL	VTI da via de saída do VE	
VTI VSVD, mL	VTI da via de saída do VD	
PSAP, mmHg	Pressão sistólica na artéria pulmonar= $4(V_{RT})^2 + PAD$	
PAD, mmHg	Pressão no AD =variação do diâmetro da veia cava inferior	
<b>Função diastólica</b>		
E, cm/s	Pico de velocidade na fase precoce de enchimento	
A, cm/s	Pico de velocidade na fase de contração atrial	

E/A	Relação E/A	
TD, msec	Tempo de desaceleração da onda E	
TRIV, mseg	Tempo de relaxamento isovolumétrico	
S', cm/s	Pico de velocidade sistólica, TDI	
e' lateral, cm/s	Pico de Vel na fase precoce de enchimento parede lateral, TDI	
e' septal	Pico de Vel na fase precoce de enchimento parede septal, TDI	
a', cm/s	Pico de velocidade na fase de contração atrial, TDI	
Média E/e'	Relação velocidade E/velocidade e' média	
S pulmonar, cm/s	Pico de velocidade sistólica veia pulmonar	
D pulmonar, cm/s	Pico de velocidade diastólica veia pulmonar	
Ar duração, mseg	Duração da onda A reversa	
A duração, mseg	Duração da onda A reversa da onda A mitral	
<b>Função ventricular esquerda</b>		
FE, Simpson %	Fração de ejeção pelo método de Simpson	
IPM	Índice de performance miocárdico	
<b>Função ventricular direita</b>		
FAC, %	VARIAÇÃO FRACIONAL DA ÁREA	
TEI	Índice de performance miocárdico	
TAPSE mm	Excursão sistólica do anel tricúspide	
S', cm/s	Pico de velocidade sistólica do anel tricúspide, TDI	

<b>FREQUENCIA CARDÍACA, BPM:</b>		<b>PRESSÃO ARTERIAL, mmHg:</b>
<b>SPECKLE TRACKING</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR OBTIDO</b>
<b>ÁTRIO ESQUERDO</b>		
SLGAE <sub>RESERVATÓRIO</sub> , % (A4C)	Strain longitudinal na fase de RESERVATÓRIO (A4C)	
SLGAE <sub>RESERVATÓRIO</sub> , % (A2C)	Strain longitudinal na fase de RESERVATÓRIO (A2C)	

SLGAE <sub>CONDUTO</sub> % (A4C)	Strain longitudinal na fase de CONDUTO (A4C)	
SLGAE <sub>CONDUTO</sub> % (A2C)	Strain longitudinal na fase de CONDUTO (A2C)	
SLGAE <sub>CONTRÁTIL</sub> % (A4C)	Strain longitudinal na fase de CONTRAÇÃO ATRIAL (A4C)	
SLGAE <sub>CONTRÁTIL</sub> % (A2C)	Strain longitudinal na fase de CONTRAÇÃO ATRIAL (A2C)	
<b>Ventrículo Esquerdo</b>		
SLGVE (%)	Strain longitudinal global	
SCGVE (%)	Strain circunferencial global do VE	
SRGVE (%)	Strain radial global do VE	
Rotação basal, graus	Rotação obtida na SAX ao nível da valva mitral	
Rotação apical, graus	Rotação obtida na SAX ao nível da região apical	
Twist, graus	Rotação basal - apical	
Torção, graus	Rotação basal – apical, corrigida pela dimensão longitudinal do VE	
<b>Ventrículo direito</b>		
SLGVD (%)	<i>Strain</i> longitudinal global (6 segmentos, incluindo SPT)	
SLPLVD (%)	<i>Strain</i> longitudinal da parede livre (3 segmentos, exclui-se SPT)	
<b>Átrio direito</b>		
SLGAD <sub>RESERVATÓRIO</sub> % (A4C)	Strain longitudinal na fase de RESERVATÓRIO (A4C)	
SLGAD <sub>CONDUTO</sub> % (A4C)	Strain longitudinal na fase de CONDUTO (A4C)	
SLGAD <sub>CONTRÁTIL</sub> % (A4C)	Strain longitudinal na fase de CONTRAÇÃO ATRIAL (A4C)	

**Observação:**

Adquirir imagem e Loop

Imagens para aquisição de Strain: A4C, A2C, A3C, imagem dedicada para AE (A4C e A2C), imagem dedicada para VD (A4C) Manter mesma profundidade e frame rate (40-90 qps)

Fazer pausa respiratória para adquirir imagem

ECG com ritmo regular