

Douglas Pinheiro Miranda

Influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito de atletas de força e de resistência aeróbia

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Programa de Cardiologia

Orientadora: Profa. Dra. Vera Maria Cury Salemi

São Paulo
2019

Douglas Pinheiro Miranda

Influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito de atletas de força e de resistência aeróbia

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Programa de Cardiologia

Orientadora: Profa. Dra. Vera Maria Cury Salemi

São Paulo
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Miranda, Douglas Pinheiro

Influência da capacidade neuromuscular e do
consumo de oxigênio na morfologia e função do coração
direito de atletas de força e de resistência aeróbia
/ Douglas Pinheiro Miranda. -- São Paulo, 2019.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.

Programa de Cardiologia.

Orientadora: Vera Maria Cury Salemi.

Descritores: 1.Atletas 2.Remodelamento atrial
3.Remodelação ventricular 4.Ecocardiografia
5.Ventriculografia com radionuclídeos 6.Capacidade
aeróbia 7.Força muscular

USP/FM/DBD-482/19

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

Dedicatória

Dedico esta tese aos meus pais, João Batista Pinheiro Miranda e Neide Portela Miranda, pelo carinho, amor e educação que sempre me ofereceram e ainda oferecem, contribuindo decisivamente para o meu amadurecimento, formação pessoal e profissional.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a todos os voluntários que participaram do estudo, pois sem eles esta pesquisa não seria possível.

A minha orientadora, Dra. Vera Maria Cury Salemi, pela confiança depositada em mim na execução deste projeto.

Ao programa de pós-graduação em cardiologia do Instituto do Coração da Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo, especialmente à equipe da secretaria, pela eficiência nos serviços prestados e pelas orientações quanto às normas do programa.

A toda equipe do Laboratório de Avaliação Física e Fisiologia do Exercício (LAFEX / Unifeb), especialmente ao aluno Vinícius José de Santana, pelo importante auxílio na realização dos testes de aptidão física deste estudo.

Ao departamento de Medicina Nuclear do Hospital de Câncer de Barretos, especialmente ao Dr. Wilson Eduardo Furlan Matos Alves, pelo comprometimento na realização dos exames de ventriculografia.

Ao departamento de cardio-oncologia do Hospital do Câncer de Barretos, especialmente à Dra. Heloísa Helena Maia Christovam Lopes, pela realização dos exames ecocardiográficos.

Ao Núcleo de Epidemiologia e Bioestatística do Hospital de Câncer de Barretos pela grande colaboração no tratamento estatístico realizado nesse estudo.

Aos meus irmãos, Jean Fernando, Bruna Fernanda e Thales, simplesmente por fazerem parte da minha vida e da minha história, dando-me forças para enfrentar os desafios.

Por fim, agradeço a minha esposa, Estela, pelo amor, parceria e compreensão na fase de finalização deste trabalho.

Epígrafe

*“A mente que se abre a uma nova
ideia jamais voltará ao seu tamanho
original”.*

Albert Einstein

Lista de figuras

Lista de tabelas

Resumo

Abstract

1. Introdução	20
1.1 Adaptações cardiológicas ao treinamento	21
1.2 O lado direito do coração do atleta	25
2. Objetivos	29
2.1 Objetivo geral	30
2.2 Objetivos específicos	30
3. Material e Métodos	31
3.1 Amostra	32
3.2.1 Critérios de inclusão para os grupos de atletas	32
3.1.2 Critérios de inclusão para o grupo controle	32
3.1.3 Critérios de exclusão	33
3.1.4 Tamanho amostral	33
3.2 Avaliações clínicas, físicas e exames complementares	34
3.2.1 Anamnese	34
3.2.2 Avaliação antropométrica e composição corporal	34
3.2.2.1 Peso da gordura	34
3.2.2.2 Peso ósseo	35
3.2.2.3 Peso residual	35
3.2.2.4 Peso muscular	35
3.2.2.5 Índice de massa corporal	35
3.2.2.6 Área de superfície corporal	36
3.2.3 Exame clínico	36
3.2.4 Avaliação ecocardiográfica	36
3.2.5 Ventriculografia radioisotópica	41
3.2.6 Avaliação da capacidade neuromuscular	43
3.2.7 Teste cardiopulmonar	44
3.3 Análise estatística	46
4. Resultados	47
4.1 Características demográficas e clínicas	48
4.2 Descrição do treinamento dos atletas estudados	50

4.3 Parâmetros ecocardiográficos.....	51
4.4 Resultados da ventriculografia radioisotópica	55
4.5 Capacidade neuromuscular e cardiorrespiratória.....	57
4.6 Correlação entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física.....	60
5.7 Correlação entre variáveis da ventriculografia radioisotópica e aptidão física	66
5.8 Regressão linear entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física	68
5. Discussão.....	76
5.1 Morfologia e função cardíacas	77
5.2 Capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória	79
5.3 Correlação entre morfologia e função cardíacas e aptidão física.....	80
5.4 Influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito	81
5.5 Limitações	82
6. Conclusão	84
6.1 Morfologia e função cardíacas	85
6.2 Capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória	86
6.3 Correlação entre morfologia e função cardíaca e aptidão física.....	86
6.4 Influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito	86
Referências	88
Anexos	96

Lista de Figuras

FIGURA 1 - ILUSTRAÇÃO DOS AJUSTES CARDIOVASCULARES AO EXERCÍCIO.....	22
FIGURA 2 - IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA CARDÍACA COMPARANDO O TAMANHO DO CORAÇÃO DE DOIS INDIVÍDUOS NÃO ATLETAS AO TAMANHO DO CORAÇÃO DE DOIS TRIATLETAS DO MESMO GÊNERO, IDADE E ÁREA DE SUPERFÍCIE CORPORAL.....	23
FIGURA 3 - PADRÕES DE REMODELAMENTO CARDÍACO.....	38
FIGURA 4 - DIÂMETROS DO VENTRÍCULO DIREITO.....	40
FIGURA 5 - DIÂMETROS DO ÁTRIO DIREITO.....	41
FIGURA 6 - GRÁFICO BOXPLOT DA ÁREA DE SUPERFÍCIE CORPORAL (ASC) MOSTRANDO A DIFERENÇA ENTRE OS GRUPOS.....	49
FIGURA 7 - GRÁFICO BOXPLOT DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE REPOUSO (FCR) MOSTRANDO A DIFERENÇA ENTRE OS GRUPOS.....	50
FIGURA 8 - GRÁFICO BOXPLOT DO DIÂMETRO TRANSVERSO BASAL DO VD MOSTRANDO A DIFERENÇA ENTRE OS GRUPOS.....	55
FIGURA 9 - GRÁFICO BOXPLOT DE 1RM LEGPRESS MOSTRANDO A DIFERENÇA ENTRE OS GRUPOS.....	59
FIGURA 10 - GRÁFICO BOXPLOT DO VO2PICO MOSTRANDO A DIFERENÇA ENTRE OS GRUPOS.....	60
FIGURA 11 - GRÁFICO DE DISPERSÃO MOSTRANDO O COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE A ÁREA DO AD E VVO2PICO.....	70
FIGURA 12 - GRÁFICO DE DISPERSÃO MOSTRANDO O COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O DIÂMETRO MENOR DO AD E VVO2PICO.....	70
FIGURA 13 - GRÁFICO DE DISPERSÃO MOSTRANDO O COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O DIÂMETRO TRANSVERSO BASAL DO VD E 1RM NO SUPINO.....	72
FIGURA 14 - GRÁFICO DE DISPERSÃO MOSTRANDO O COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O DIÂMETRO TRANSVERSO BASAL DO VD E FORÇA RELATIVA NO LEGPRESS.....	72

Lista de Tabelas

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS E CLÍNICAS DOS GRUPOS ESTUDADOS ..	48
TABELA 2 - ASPECTOS RELACIONADOS AO TREINAMENTO DOS ATLETAS ESTUDADOS	51
TABELA 3 - VARIÁVEIS ECOCARDIOGRÁFICAS AVALIADAS NOS GRUPOS ESTUDADOS	52
TABELA 4 - FUNÇÃO DOS VENTRÍCULOS VERIFICADA POR VENTRICULOGRAFIA RADIOISOTÓPICA.....	56
TABELA 5 - COMPARAÇÃO DA APTIDÃO FÍSICA ENTRE OS GRUPOS ESTUDADOS	58
TABELA 6 - CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS ECOCARDIOGRÁFICAS E APTIDÃO FÍSICA ...	62
TABELA 7 - CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DA VENTRICULOGRAFIA E APTIDÃO FÍSICA .	67
TABELA 8 - REGRESSÃO LINEAR ENTRE DIMENSÕES DO ÁTRIO DIREITO E APTIDÃO FÍSICA	69
TABELA 9 - REGRESSÃO LINEAR ENTRE DIMENSÕES DO VENTRÍCULO DIREITO E APTIDÃO FÍSICA	71
TABELA 10 - REGRESSÃO LINEAR ENTRE FUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO AVALIADA NO ECOCARDIOGRAMA E APTIDÃO FÍSICA.....	74
TABELA 11 - REGRESSÃO LINEAR ENTRE FUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO AVALIADA NA VENTRICULOGRAFIA E APTIDÃO FÍSICA.....	75

Resumo

Miranda DP. *Influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito de atletas de força e de resistência aeróbia* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2019.

Introdução: Devido à intensidade dos treinamentos, atletas podem apresentar adaptações morfológicas e funcionais no lado direito do coração, no entanto, a influência da aptidão física sobre tais adaptações não está completamente elucidada. **Objetivos:** Estudar a influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito de atletas de força e de resistência aeróbia. **Métodos:** Foram selecionados 90 homens com média de idade de $33,0 \pm 8,0$ anos constituindo-se três grupos: grupo força (GF), formado por 30 atletas de musculação; grupo resistência aeróbia (GR), formado por 30 atletas de resistência aeróbia; grupo controle (GC), formado por 30 indivíduos saudáveis não atletas. Para avaliação morfológica e funcional cardíacas foi realizado ecocardiograma bidimensional com Doppler colorido e ventriculografia radioisotópica. O consumo máximo de oxigênio (VO_{2pico}) foi avaliado por meio do teste cardiopulmonar em esteira, a força muscular por meio do teste de uma repetição máxima (1RM) nos exercícios de supino e *leg press*, e a resistência muscular nos mesmos exercícios por meio do teste de repetições máximas com 50% de 1RM. Foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson, regressão linear simples e múltipla para verificar a influência da aptidão física na morfologia e função do coração direito. **Resultados:** O GF apresentou 1RM supino maior que o GC e GR ($p < 0,001$) e a velocidade correspondente ao VO_{2pico} (vVO_{2pico}) foi maior no GR ($p < 0,001$). Tanto GF quanto GR apresentaram diâmetro transversal basal do ventrículo direito (VD) e área do átrio direito (AD) maiores do que no GC ($p < 0,001$). Foi observada correlação entre diâmetro transversal basal do VD e 1RM supino ($r = 0,616$ $p < 0,001$) e entre área do AD e vVO_{2pico} ($r = 0,574$ $p < 0,001$). Não foram observadas correlações altas entre aspectos funcionais cardíacos e aptidão física. A regressão linear múltipla mostrou que o 1RM supino influencia no diâmetro transversal basal do VD ($R^2 = 0,497$ $\beta = 0,012$ $p < 0,001$) e que a vVO_{2pico} influencia na área do AD ($R^2 = 0,462$ $\beta = 0,827$ $p < 0,001$). **Conclusão:** A capacidade neuromuscular e o consumo de oxigênio influenciam mais na morfologia do que na função do coração direito dos atletas avaliados neste estudo. Nossos dados sugerem que, em atletas é possível prever as dimensões de VD e AD por meio das capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória utilizando-se testes simples e de baixo custo, no entanto, estudos futuros são necessários para validação desses métodos preditivos.

Descritores: Atletas; Remodelamento atrial; Remodelação ventricular; Ecocardiografia; Ventriculografia com radionuclídeos; Capacidade aeróbia; Força muscular.

Abstract

Miranda DP. *Influence of neuromuscular capacity and oxygen consumption on the morphology and right heart function of strength and endurance athletes* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2019.

Introduction: Due to the intensity of training, athletes may present morphological and functional adaptations in the right side of the heart. However, the influence of physical fitness on such adaptations is not completely elucidated. **Objectives:** Study the influence of neuromuscular capacity and oxygen consumption on the right heart morphology and function of strength and endurance athletes. **Methods:** Ninety men with a mean age of 33.0 ± 8.0 years were selected, constituting three groups: strength group (SG), consisting of 30 bodybuilding athletes; aerobic endurance group (EG), consisting of 30 aerobic endurance athletes; control group (CG), consisting of 30 healthy non-athletes. For cardiac morphological and functional evaluation, two-dimensional color Doppler echocardiography and radionuclide ventriculography were performed. Maximum oxygen uptake (VO_{2peak}) was assessed by treadmill cardiopulmonary testing, muscle strength by means of the one-repetition maximum test (1RM) in the bench press and leg press exercises, and muscle endurance in the same exercises by bench press maximum repetition test with 50% of 1RM. Pearson's correlation coefficient, simple and multiple linear regression were applied to verify the influence of physical fitness on morphology and function of the right heart. **Results:** The SG presented bench press 1RM higher than the CG and EG ($p < 0.001$) and the velocity corresponding to the VO_{2peak} (vVO_{2peak}) was higher in the EG ($p < 0.001$). Both SG and EG presented right ventricle (RV) basal transverse diameter and right atrium (RA) area larger than in the CG ($p < 0.001$). Correlation was observed between RV basal transverse diameter and bench press 1RM ($r = 0.616$ $p < 0.001$) and between RA area and vVO_{2peak} ($r = 0.574$ $p < 0.001$). There were no high correlations between cardiac functional aspects and physical fitness. Multiple linear regression showed that bench press 1RM influences RV basal transverse diameter ($R^2 = 0.497$ $\beta = 0.012$ $p < 0.001$) and that vVO_{2peak} influences RA area ($R^2 = 0.462$ $\beta = 0.827$ $p < 0.001$). **Conclusion:** Considering the athletes evaluated in this study, neuromuscular capacity and oxygen consumption influence the right heart morphology rather than its function. Our data suggest that in athletes it is possible to predict the dimensions of RV and RA through neuromuscular and cardiorespiratory capacities using simple and low cost tests. However, future studies are needed to validate these predictive methods.

Descriptors: Athletes; Atrial remodeling; Ventricular remodeling; Echocardiography; Radionuclide ventriculography; Aerobic capacity; Muscle strength.

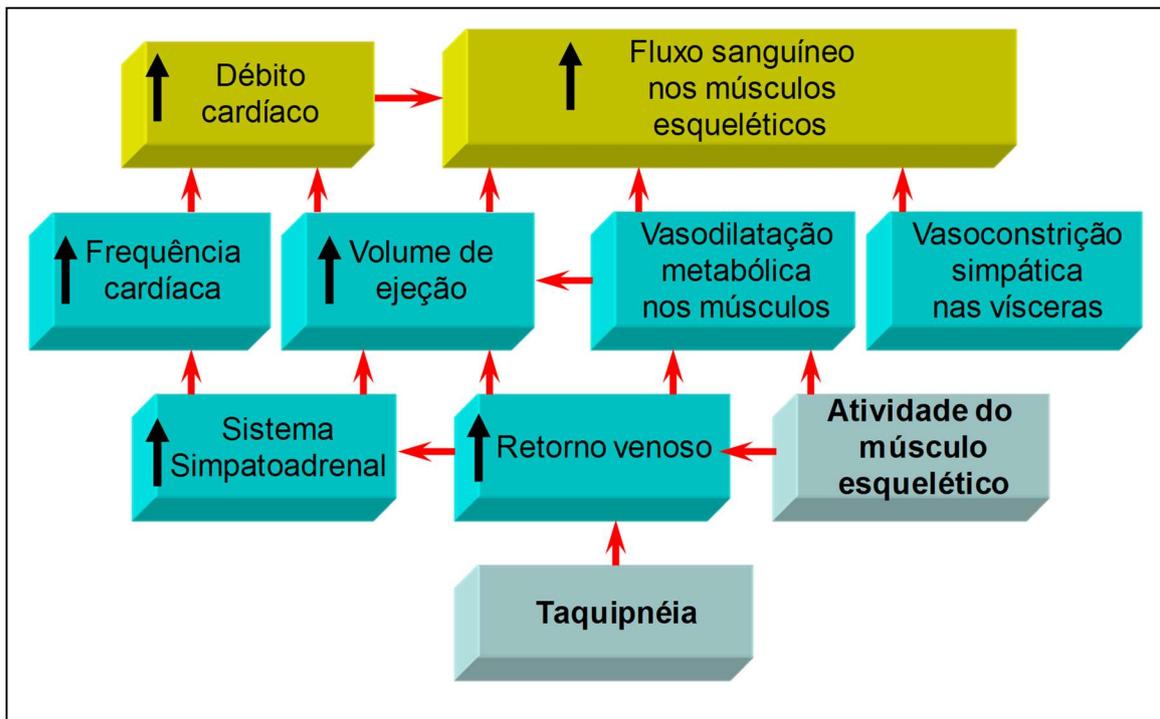
1. Introdução

1.1 Adaptações cardiológicas ao treinamento

O treinamento físico realizado de forma sistemática e vigorosa promove adaptações cardiovasculares importantes que alteram o coração tanto em aspectos morfológicos quanto funcionais, o que ocorre em resposta a um aumento na carga de trabalho imposta ao miocárdio durante o exercício, a fim de suprir a demanda metabólica nos músculos que estão em atividade¹⁻⁶.

Para garantir suprimento sanguíneo adequado aos músculos recrutados durante o exercício, ocorrem diversos ajustes no sistema cardiovascular, a fim de aumentar o débito cardíaco destinado aos músculos, o que se verifica em virtude de um aumento na força contrátil do miocárdio e frequência cardíaca, aumento do volume e da pressão sistólica, vasoconstrição visceral e vasodilatação periférica⁷.

Considerando os ajustes necessários no sistema cardiovascular durante o exercício e o fato de os atletas serem submetidos a treinamentos de alta intensidade de cinco a sete dias por semana durante vários anos, é natural que as adaptações cardíacas surjam em decorrência disso. Os ajustes cardiovasculares que ocorrem durante o exercício podem ser melhor compreendidos na Figura 1.



FONTE: Adaptado de McArdle WD. *Fisiologia do Exercício - Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 6 ed. 2008. 1099 p.⁷

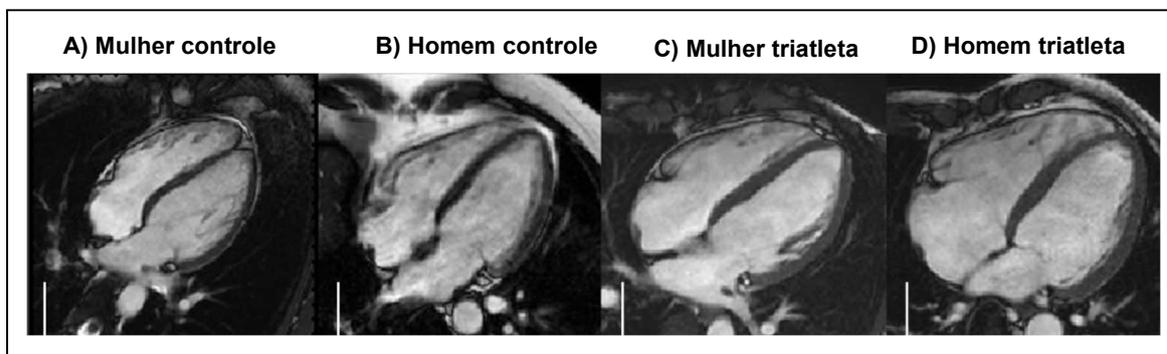
Figura 1 - Ilustração dos ajustes cardiovasculares ao exercício

As adaptações cardiológicas secundárias ao treinamento ocorrem independentemente da idade do indivíduo^{8, 9}. Porém, quando se trata do gênero, homens apresentam dimensões cardíacas maiores do que mulheres⁶, mesmo considerando que ambos apresentam adaptações cardíacas ao treinamento. Além disso, aspectos genéticos podem influenciar estas adaptações^{10, 11}.

O volume e a intensidade dos treinamentos têm uma forte relação com o remodelamento cardíaco, visto que atletas de elite apresentam adaptações morfofisiológicas mais expressivas no sistema cardiovascular¹²⁻¹⁴.

Outro aspecto importante que influencia as adaptações do coração é a natureza do treinamento predominantemente realizado pelo atleta. O treinamento aeróbio, normalmente executado por ciclistas, corredores de longas distâncias e triatletas, gera uma sobrecarga volêmica no coração, pois nesse tipo de exercício

é necessário suprir a demanda metabólica de diversos grupos musculares ao mesmo tempo. Assim, esse tipo de treinamento promove aumento proporcional das paredes, dimensões internas e volumes cardíacos, muitas vezes acompanhado por uma bradicardia sinusal de repouso¹⁵. Este conjunto de adaptações é conhecido como “Coração do Atleta”¹⁶. A Figura 2 mostra a diferença nítida entre o tamanho do coração de dois indivíduos não atletas saudáveis (A e B) e dois triatletas com as mesmas características (C e D), verificado por meio de ressonância magnética cardíaca.



FONTE: Adaptado de Steding *et al.* *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2010, 12:8¹⁷.

Figura 2 - Imagens de ressonância magnética cardíaca comparando o tamanho do coração de dois indivíduos não atletas ao tamanho do coração de dois triatletas do mesmo gênero, idade e área de superfície corporal

Já o treinamento de força, praticado por fisiculturistas e atletas de levantamento de peso, gera uma sobrecarga pressórica no coração, pois a tensão muscular gerada pela contração das miofibrilas no sentido de vencer a resistência imposta pelos exercícios acaba exigindo mais força da bomba cardíaca para garantir perfusão sanguínea nos músculos exercitados, levando a adaptações mais expressivas, tais como espessamento das paredes ventricular esquerda, acompanhado de um aumento, porém menos expressivo, no diâmetro interno ventricular^{18, 19}.

Alguns pesquisadores avaliaram as alterações cardiovasculares provocadas por um curto período de treinamento. Goodman *et al.* (2005) avaliaram a função ventricular esquerda de oito homens jovens destreinados antes e depois de seis dias de treinamento, constituído por duas horas diárias de bicicleta a 65% da capacidade aeróbia máxima, e observaram um aumento do volume de ejeção²⁰. No estudo de Dart *et al.* (1992), foi observado um aumento na cavidade ventricular esquerda associado a redução da frequência cardíaca de repouso após quatro semanas de treinamento de aeróbio para 10 indivíduos sedentários. Não houve modificação nas paredes ventriculares nessa situação²¹.

Já o treinamento a longo prazo pode provocar adaptações cardiovasculares crônicas. A avaliação de ex-atletas ou atletas veteranos permitiu observar que realmente isso ocorre, ou seja, esses indivíduos não só mantêm algumas adaptações adquiridas anteriormente, mas também minimizam os efeitos do envelhecimento sobre o coração, apresentando uma função diastólica e sistólica melhor do que grupos controle²²⁻²⁴. Entretanto, a descontinuidade dos treinamentos pode fazer com que as adaptações estruturais e funcionais impostas ao sistema cardiovascular pelo treinamento retrocedam parcialmente²⁵⁻²⁸.

Apesar da semelhança, as adaptações cardiovasculares provenientes do treinamento físico são diferentes das adaptações que surgem em consequência de cardiopatias, como por exemplo, as valvopatias ou a hipertensão arterial sistêmica^{29, 30}, visto que a sobrecarga imposta pelo exercício ao miocárdio ocorre apenas no momento de sua execução, promovendo adaptações fisiológicas com melhora da função³¹, enquanto que as cardiopatias sobrecarregam o miocárdio ininterruptamente, provocando adaptações patológicas com prejuízo da função cardíaca. Entretanto, caso o atleta utilize esteroides anabolizantes androgênicos,

as adaptações cardiológicas induzidas pelo exercício podem ser potencializadas de maneira exorbitante, chegando a níveis patológicos de hipertrofia miocárdica³²⁻³⁴.

Muitos pesquisadores avaliam o coração de atletas com o intuito de investigar as adaptações cardiológicas decorrentes de diferentes modalidades de treinamento esportivo^{2, 6, 10, 18, 27, 35-38}. No entanto, pouco se sabe sobre a correlação entre tais adaptações e o nível de aptidão física dos atletas. Investigando essa hipótese, Steding *et al.* (2010) observaram uma correlação significativa entre o pico de consumo de oxigênio no teste cardiopulmonar (VO_{2pico}) e dimensões cardíacas aumentadas, detectadas por meio de ressonância magnética cardíaca¹⁷. Entretanto, mais estudos são necessários para avaliar a influência da capacidade física na morfologia e função cardíaca, principalmente quando se trata da força de contração voluntária máxima da musculatura esquelética.

A maior parte dos estudos sobre o coração de atletas tiveram seus esforços direcionados à investigação estrutural e funcional do ventrículo esquerdo (VE). Contudo, recentemente alguns pesquisadores passaram a se dedicar ao estudo do coração direito. Tendo isso em vista, o tópico a seguir apresenta uma revisão da literatura sobre as adaptações cardiológicas observadas no lado direito do coração de atletas.

1.2 O lado direito do coração do atleta

Por meio de uma revisão sistemática e metanálise, considerando publicações realizadas entre 1.975 e 2.012 sobre adaptações cardíacas em atletas

de resistência aeróbia e de força, Utomi *et al.* (2013) constataram que não havia dados suficientes na literatura para fundamentar conclusões fidedignas sobre as adaptações estruturais e funcionais do ventrículo direito (VD) no coração de atletas. Sugeriram, então, a realização de novos estudos sobre o tema³⁹.

Em atletas de resistência aeróbia as adaptações morfológicas do VD e VE são similares. Porém, em relação aos aspectos funcionais, as adaptações observadas no VE são um pouco mais expressivas⁴⁰. Por outro lado, um estudo envolvendo 100 atletas e 50 sedentários saudáveis verificou que ao considerar o tamanho, a deformação e o volume, as adaptações são maiores no VD do que no VE. Entretanto, há uma grande variabilidade entre os indivíduos no que concerne as adaptações do VD ao treinamento, devendo-se considerar as características dos atletas estudados, visto que neste estudo 58% eram jogadores de futebol⁴¹.

As adaptações do VD provenientes do treinamento esportivo também foram observadas em nadadores pré-adolescentes. Maron *et al.* (2017) evidenciaram um aumento nas dimensões, mas sem alterações importantes na função do VD, sugerindo que se trata de uma adaptação fisiológica do coração do atleta, não podendo ser confundida com patologia⁴².

O treinamento aeróbio realizado a longo prazo promove um remodelamento biventricular tanto em atletas do sexo masculino quanto feminino, sendo que os homens apresentam dimensões de VD maiores⁴³. No entanto, mais estudos envolvendo atletas de força são necessários.

Devido a semelhança das adaptações do VD ao treinamento com as observadas na miocardiopatia arritmogênica do VD ou displasia arritmogênica do VD, alguns estudos têm associado as adaptações induzidas pelo treinamento a patologia⁴⁴⁻⁴⁶. Considerando essa controvérsia, um estudo de revisão teve como

objetivo avaliar se as adaptações cardiológicas ao treinamento são fisiológicas ou patológicas. Para tanto, foram incluídos nessa revisão estudos que avaliaram o coração de diversos atletas, tanto amadores quanto profissionais, utilizando diferentes técnicas, tais como eletrocardiograma, ecocardiograma, cintilografia miocárdica e ressonância magnética cardíaca, o que possibilitou observar adaptações morfofisiológicas positivas do lado esquerdo e direito do coração, incluindo átrio direito (AD), VD e artéria pulmonar, concluindo que o exercício deve ser considerado um fator protetor do sistema cardiovascular⁴⁷.

Entendendo que atletas se diferenciam da população em geral em vários aspectos, incluindo os cardiológicos, em 2017 D'Ascenzi *et al.* publicaram uma revisão sistemática com metanálise para estabelecer referências normativas na avaliação do coração direito de atletas competitivos⁴⁸, uma vez que as referências normativas estabelecidas pela *American Society of Echocardiography (ASE)*⁴⁹ são destinadas à população em geral e podem induzir a diagnósticos equivocados em atletas.

Ao avaliar 1.009 atletas olímpicos de diferentes modalidades, D'Ascenzi *et al.* (2017) concluíram que o remodelamento do VD é mais expressivo em atletas de resistência aeróbia e do sexo masculino. Foi observado que 32% dos atletas avaliados apresentaram dimensões de VD que excedem os padrões recomendados pela ASE, sugerindo que, nestes casos, deve ser feita uma análise mais cuidadosa, utilizando-se valores normativos específicos para atletas⁵⁰.

Nos últimos anos o estudo do coração direito de atletas tem atraído a atenção de alguns pesquisadores, conforme observado nos parágrafos anteriores. Entretanto, pouco se sabe sobre a influência da aptidão física na morfologia e função do coração direito de atletas. Tendo isso em vista, recentemente Lazic *et al.*

(2019) avaliaram 352 atletas jovens ($19,6 \pm 3,4$ anos), de diferentes modalidades esportivas, verificando que as adaptações de VD e AD são diferentes de acordo com a modalidade praticada, e que essas adaptações cardiológicas estão associadas ao VO_2 pico. Nesse estudo não foram incluídos, porém, atletas de força, e a capacidade neuromuscular não foi avaliada ⁵¹.

Diante do exposto, nota-se que existem lacunas persistentes na literatura quanto à compreensão das adaptações observadas no lado direito do coração de atletas, principalmente quando se refere a atletas de força. Além disso, até o momento não foram evidenciadas correlações entre as diferentes adaptações morfofisiológicas do coração direito ao treinamento e a capacidade neuromuscular.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Estudar a morfologia e função cardíacas, especialmente o lado direito do coração de atletas de força e de resistência aeróbia, e comparar com grupo controle.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória de atletas de força e de resistência aeróbia e comparar com grupo controle;
- Verificar se existe correlação entre aspectos morfológicos e funcionais cardíacos e aptidão física.
- Verificar se há influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito.

3. Material e Métodos

3.1 Amostra

Neste estudo observacional transversal foram selecionados 90 homens com idade mínima de 20 anos, constituindo-se três grupos: grupo força (GF), formado por 30 atletas de musculação; grupo resistência aeróbia (GR), formado por 30 atletas de resistência aeróbia, (corrida, n= 14; triathlon, n= 8; duathlon, n= 3; aquathlon, n= 5); grupo controle (GC), formado por 30 indivíduos saudáveis não atletas.

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO I) antes do início do estudo.

O recrutamento dos atletas foi realizado nos centros de treinamento e eventos esportivos de todo o território brasileiro, principalmente no interior do estado de São Paulo, na região da cidade de Barretos, onde também foi recrutado o GC.

Este projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o número CAAE: 43671215.0.0000.5437.

3.2.1 Critérios de inclusão para os grupos de atletas

- Estar engajado num programa de treinamento há pelo menos três anos ininterruptos;
- Ter frequência semanal de treinamento de pelo menos 4 dias;
- Estar adaptado a treinamentos de alta intensidade (até 90 ou 100% da capacidade máxima).

3.1.2 Critérios de inclusão para o grupo controle

- Não estar participando e nunca ter participado de programas sistemáticos de treinamento de alta intensidade.

3.1.3 Critérios de exclusão

- Hipertensão arterial ou outras cardiopatias;
- Diabetes mellitus;
- Doença vascular periférica;
- Lesões musculoesqueléticas;
- Utilização de esteroides anabólicos androgênicos;

3.1.4 Tamanho amostral

Em um estudo prévio, foram avaliados 58 indivíduos do sexo masculino, sendo 20 atletas de força, 20 atletas de resistência aeróbia e 18 controles, no qual foram evidenciadas diferenças significativas entre os atletas e o grupo controle nas variáveis morfofisiológicas cardíacas³⁷. Entretanto, na ocasião não foram aplicados testes de aptidão física nos voluntários estudados. Sendo assim, o presente estudo propõe a continuidade da pesquisa supracitada, repetindo as avaliações cardiológicas e acrescentando os testes de aptidão física.

Com objetivos semelhantes ao que o presente estudo propõe, Steding *et al.* avaliaram 131 indivíduos, sendo 71 atletas (30 mulheres) e 60 controles (20 mulheres)¹⁷. Portanto, o cálculo de tamanho amostral foi realizado com base neste estudo. Assim, fomos conservadores, e imaginamos encontrar um coeficiente de correlação de 0,5 (bem menor que os coeficientes encontrados no artigo publicado por Steding *et al.*, adotando significância de 0,05, poder de teste 0,8 e tendo como hipótese nula coeficiente de correlação igual a zero. Desta forma, o tamanho amostral foi de 30 participantes em cada grupo, totalizando 90 participantes⁵².

3.2 Avaliações clínicas, físicas e exames complementares

Nos subitens abaixo estão apresentados de forma detalhada todos os protocolos utilizados nas avaliações, bem como os instrumentos para coleta dos dados, as variáveis e conceitos adotados.

3.2.1 Anamnese

No primeiro procedimento de avaliação aplicou-se um questionário de anamnese para coleta de dados como idade, antecedentes pessoais e familiares, modalidade de exercício praticada, tempo de prática, sessões semanais e intensidade dos treinamentos, e utilização de medicamentos ou esteroides anabólicos androgênicos.

3.2.2 Avaliação antropométrica e composição corporal

Todos os voluntários estudados passaram por uma avaliação antropométrica no Laboratório de Avaliação Física e Fisiologia do Exercício (LAFEX) do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, onde foram verificados peso, estatura, medidas de circunferência e dobras cutâneas. Para calcular percentual de gordura corporal (%G) foi aplicado o protocolo proposto por Jackson e Pollock ⁵³, utilizando a seguinte fórmula:

$$\%G = 1,11200000 - [0,00043499 (ST) + 0,00000055 (ST)^2] - [0,0002882 (idade)]$$

ST = soma das dobras cutâneas abdominal, supra ilíaca, tricipital e coxa.

3.2.2.1 Peso da gordura

Para o cálculo do peso da gordura foi utilizada a fórmula:

$$PG = (\%G/100) * MC, \text{ com resultado expresso em kg.}$$

MC = Massa Corporal Total

3.2.2.2 Peso ósseo

Para o cálculo do peso ósseo (PO) foi utilizado o protocolo de VonDöbeln, modificado por Rocha⁵⁴.

$PO = 3,02 * (Est^2 * R * F * 400)^{0,712}$, com o resultado expresso em kg.

Est² = estatura em metros, elevada ao quadrado,

R = diâmetro rádio-ulnar em metros (biestiloide),

F = diâmetro do fêmur em metros (bicondiliano).

3.2.2.3 Peso residual

O peso residual (PR) foi calculado por meio do protocolo de Würth, modificado por Pires-Neto⁵⁵, utilizando a seguinte fórmula: $PR = MC * 0,241$, onde MC = Massa corporal total e resultado expresso em kg.

3.2.2.4 Peso muscular

O peso muscular (PM) foi calculado por meio da fórmula:

$PM = MC - (PG + PO + PR)$, com resultado expresso em kg.

MC = Massa corporal total,

PG = Peso da gordura,

PO = Peso ósseo,

PR = Peso residual.

3.2.2.5 Índice de massa corporal

O índice de massa corporal (IMC) foi calculado pela fórmula:

$IMC = \text{Peso} / \text{Estatura}^2$

Sendo o peso em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m), o IMC será expresso em $(\text{kg}/\text{m}^2)^{56-58}$.

3.2.2.6 Área de superfície corporal

A área de superfície corporal (ASC) foi calculada por meio da fórmula:

$ASC = 0,007184 \times (\text{Estatura} \times 100) 0,725 \times (\text{Peso}) 0,425$, sendo o peso em quilogramas e a estatura em metros, com o resultado expresso em metros quadrados (m²)⁵⁷.

3.2.3 Exame clínico

Foi realizado por um médico cardiologista do Hospital de Câncer de Barretos – Fundação Pio XII, no departamento de Medicina Nuclear, por meio da ausculta cardiopulmonar com estetoscópio Littmann modelo Classic II SE (3M company - Maplewood, MN, EUA) e verificação da pressão arterial sistêmica com esfigmomanômetro Premium ML 040 (BIC – Itupeva, SP, Brasil). Na ocasião também foi realizado eletrocardiograma (ECG) de repouso por meio do eletrocardiógrafo de 12 derivações EP-3 (DIXTAL Biomédica – Manaus, AM, Brasil) com o voluntário na posição supina, após 5 minutos de repouso. O ECG foi realizado como parte do exame clínico com o propósito de excluir arritmias ou outras cardiopatias.

3.2.4 Avaliação ecocardiográfica

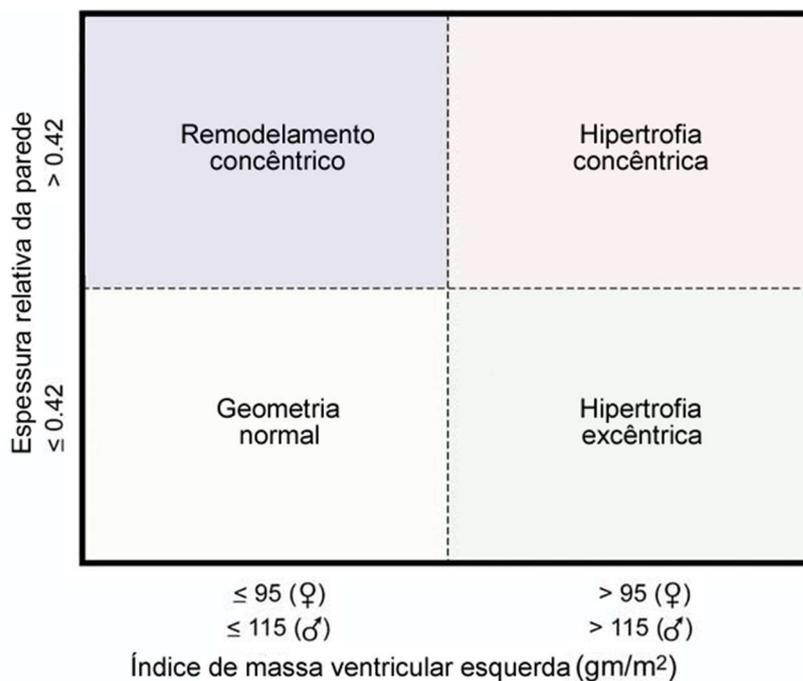
Todos os estudos ecocardiográficos foram realizados pelo mesmo médico ecocardiografista vinculado ao departamento de cardio-oncologia do Hospital de Câncer de Barretos – Fundação Pio XII. Os indivíduos foram submetidos a estudo ecocardiográfico unidimensional (modo-M), bidimensional (modo-B), com Doppler pulsado, contínuo e em cores, utilizando o aparelho Logiq 7 Pro (General Electric - Boston, MA, EUA) equipado com transdutor

multifrequencial, modelo 3S. Todas as medidas foram obtidas a partir das médias registradas derivadas de três ciclos cardíacos consecutivos, e a documentação dos exames foi realizada em CD.

Os indivíduos foram estudados em decúbito lateral esquerdo, com a cabeceira elevada a 30° e com monitorização simultânea pelo eletrocardiograma. Os seguintes cortes foram adquiridos: paraesternal eixo longo, paraesternal eixo curto ao nível de aorta/átrio esquerdo, ao nível de valva mitral e ao nível de músculo papilar, apical 4, 3 e 2 câmaras e subcostal.

A partir da janela acústica apical, as imagens bidimensionais do VE foram traçadas para calcular os volumes diastólico e sistólico final. A fração de ejeção do VE foi calculada por meio do método de Simpson biplano modificado, dividindo o VE em fatias de espessura conhecida. Com a modificação desse método, em vez de realizar cortes transversais em vários níveis, foi possível fazer a análise acurada do volume com apenas dois cortes apicais ortogonais. O volume do AE foi calculado pelo tracejado ao longo da superfície interna de sua parede e, ao nível do anel mitral, uma linha reta conectou automaticamente a base dos dois folhetos, não sendo necessário tracejar sua superfície interna. Desse tracejado excluíram-se as veias pulmonares e os apêndices atriais.

Para a determinação da massa do VE em gramas foi utilizada a fórmula proposta por Devereux: $\text{Massa VE} = 1,04 [(DDVE + PP + SIV)^3 - DDVE^3] \times 0,8 + 0,6$, onde DDVE corresponde à dimensão interna do VE, PP corresponde à espessura da parede posterior, SIV corresponde à espessura do septo interventricular, 1,04 indica a gravidade específica do miocárdio, e 0,8 é o fator de correção⁵⁹. A verificação de remodelamento cardíaco, hipertrofia concêntrica ou excêntrica foi feita por meio da Figura 3.



FONTE: Adaptado de Lang *et al.*⁵⁹

Figura 3 - Padrões de remodelamento cardíaco

A espessura relativa da parede foi calculada por meio da fórmula:

$$ERP = (SIV + PP) / DDVE.$$

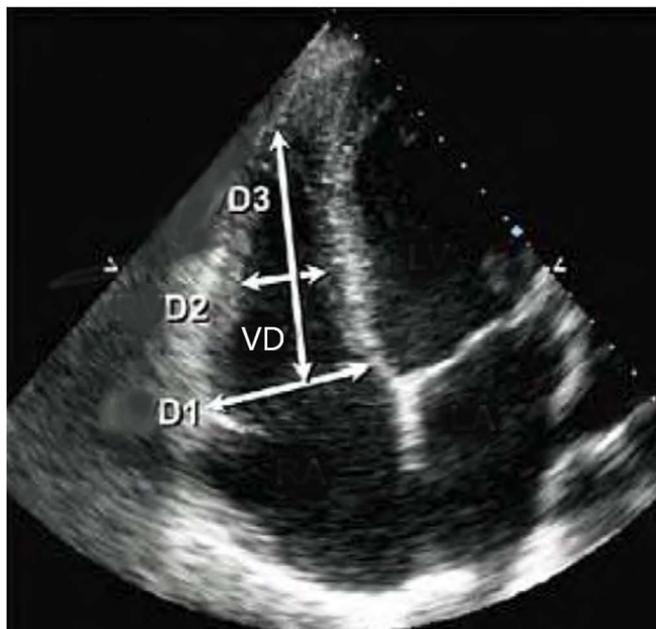
A função diastólica do ventrículo esquerdo foi analisada pelas velocidades de influxo ventricular esquerdo através do Doppler pulsado da valva mitral, com obtenção dos picos de velocidade das ondas E (m/s) e A (m/s), relação E/A e tempo de desaceleração da onda E (ms), no corte apical 4 câmaras. O tempo de relaxamento Isovolumétrico (TRIV, ms) foi obtido pelo Doppler contínuo, com a amostra de volume colocada entre as valvas aórtica e mitral, no corte apical 5 câmaras. A veia pulmonar superior direita foi avaliada a partir do corte apical 4 câmaras, e a amostra de volume foi colocada de 1 a 2 cm para dentro da veia pulmonar, com volume de amostragem de 3-5 mm. Foram obtidos os picos de

velocidades do fluxo venoso pulmonar sistólico (S), diastólico (D), e pico e duração do atrial reverso (Ar)⁵⁹.

O índice de desempenho cardíaco (IDC) ou índice de Tei do VE foi medido pela proporção do tempo total gasto na atividade isovolumétrica (tempo de contração isovolumétrica e tempo de relaxamento isovolumétrico) em relação ao tempo de ejeção. Para derivar a soma do tempo de contração isovolumétrica e tempo de relaxamento isovolumétrico, o tempo de ejeção foi subtraído do intervalo entre a cessação e início do fluxo da válvula atrioventricular⁵⁹.

A técnica empregada para quantificação da pressão sistólica de artéria pulmonar foi a análise do jato de regurgitação tricúspide pelo Doppler contínuo, quando presente. O pico do gradiente de pressão transtricúspideo sistólico entre o AD e o VD foi representado por: $4 \times (\text{pico de velocidade do refluxo Tr})^2 = \text{PVD} - \text{PAD}$; portanto, $\text{PVD} = [4 \times (\text{pico de velocidade do refluxo Tr})^2] + \text{PAD}$, onde PVD corresponde à pressão sistólica do ventrículo direito, e PAD corresponde à pressão atrial direita. Para a pressão média de átrio direito, atribuiu-se um valor empírico de 5 mmHg⁴⁹.

Em relação às medidas do VD, foram avaliados o diâmetro transversal basal (D1), ou seja, o diâmetro transversal máximo no terço basal da via de entrada na diástole máxima, e o diâmetro transversal médio (D2), isto é, a dimensão linear máxima do VD na região média da cavidade, no nível do músculo papilar em diástole máxima. Além disso, o diâmetro longitudinal do VD, que vai do plano do anel da tricúspide para a ponta do VD⁴⁹ (Figura 4).



VD: ventrículo direito; D1= diâmetro transversal basal do VD; D2= diâmetro transversal médio do VD; D3= diâmetro longitudinal do VD.

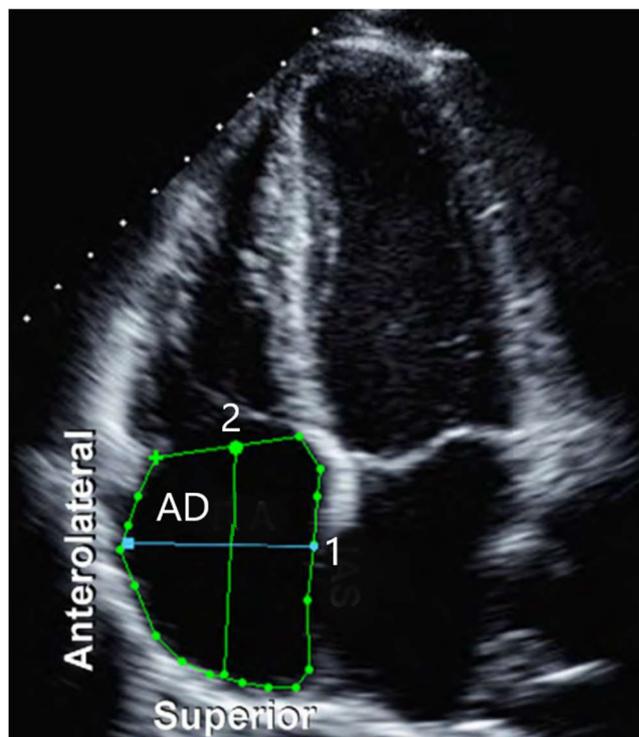
FONTE: Adaptado de Rudski *et al.*⁴⁹

Figura 4 - Diâmetros do ventrículo direito

Os diâmetros da via de saída proximal e distal do VD foram medidos no final da diástole correspondente ao pico do QRS do ECG no eixo curto ao nível de aorta/átrio esquerdo, sendo o proximal da parede aórtica anterior à parede livre do VD acima da valva aórtica, e o distal logo antes da valva pulmonar⁴⁹.

A função sistólica ventricular direita foi avaliada pela excursão no plano anular sistólico tricúspide (TAPSE, em centímetros - cm)⁴⁹.

A área do AD foi medida em corte apical quatro câmaras por planimetria no final da sístole do VD, ou seja, com maior volume. Foram excluídos os folhetos tricúspide, as veias cavas e o apêndice atrial direito. O diâmetro máximo foi obtido por uma linha do centro do anel tricúspide à parede superior do AD, paralelo ao septo interatrial. O diâmetro menor foi obtido por uma linha no meio do diâmetro máximo, que vai do septo à parede livre do AD⁴⁹ (Figura 5).



AD= átrio direito; 1= diâmetro menor do AD; 2= diâmetro maior do AD,
FONTE: Adaptado de Rudski *et al.*⁴⁹

Figura 5 - Diâmetros do átrio direito

Para análise da função diastólica do VD foram medidos os picos de velocidades precoce (E) tricúspide (m/s), tardio (A) tricúspide (m/s), relação E/A tricúspide e tempo de desaceleração da onda E tricúspide (ms). O diâmetro da veia cava inferior foi medido em corte subcostal, no qual se observa a veia em eixo longo. A medida foi feita no final da expiração, de 0,5 a 3,0 cm proximal ao óstio do AD. O índice de colapsabilidade foi definido como a diferença entre o diâmetro expiratório máximo e o diâmetro inspiratório mínimo dividido pelo diâmetro expiratório máximo⁴⁹.

3.2.5 Ventriculografia radioisotópica

A ventriculografia radioisotópica (VR) foi utilizada para avaliar a função dos ventrículos, principalmente o direito, tendo em vista ser este o método mais adequado para isso⁶⁰⁻⁶². Os exames foram realizados no departamento de Medicina

Nuclear do Hospital de Câncer de Barretos – Fundação Pio XII, sempre pelo mesmo médico nuclear vinculado ao departamento.

A aquisição das imagens da VR (*equilibrium radionuclide angiography* – ERNA) aconteceu 10 minutos após a marcação das hemácias com 20 mCi (740 MBq) de pertecnetato de sódio-^{99m}Tc. A marcação das hemácias foi realizada pela técnica *in vivo*, que consiste na injeção endovenosa periférica de pirofosfato com cloreto estanoso diluído em 3ml de soro fisiológico 0,9% e, posteriormente (após 15 minutos), administração da atividade de pertecnetato-^{99m}Tc diluído em 5 ml de soro fisiológico 0,9%. A aquisição das imagens aconteceu em gama-câmara Discovery NM 630 (GE Medical Systems Israel, Functional Imaging – Tirat Hacarmel, Israel) equipada com dois detectores de alta resolução, com o paciente em decúbito dorsal, de braços elevados e sem uso de roupas com estruturas metálicas na altura do tórax. As imagens foram adquiridas com sincronização eletrocardiográfica simultânea realizada por sistemas bipolares, e os sinais elétricos emitidos pela atividade cardíaca foram captados por três eletrodos fixados na pele do tórax⁶³⁻⁶⁶.

O protocolo de aquisição envolveu o uso de colimador de baixa energia e propósito geral (*low energy all proposes* – LEAP) Discovery NM 630 (GE Medical Systems Israel, Functional Imaging – Tirat Hacarmel, Israel), imagens planas na projeção oblíqua anterior esquerda no ângulo em que melhor se fizesse a separação entre ventrículo esquerdo e direito (entre 30 a 45 graus), com 32 quadros (ou *frames*) por ciclo cardíaco, janela de tolerância de 10% para rejeição de ciclos cardíacos a partir da média do intervalo R-R de cada paciente, fotópico em 140KeV com janela de +-10%, matriz de 64x64, zoom 2,19 x (27,3) cm com estatística de contagens de pelo menos 250.000 por quadro^{63, 67, 68}.

Foi realizado processamento das imagens adquiridas de cada paciente incluído no estudo nos *softwares EF Analysis e Peak Filling Rate* da estação de trabalho XELERIS 3 (GE Medical Systems Israel, Functional Imaging – Tirat Hacarmel, Israel), através de delimitação manual das áreas de interesse nos ventrículos direito e esquerdo por um único médico nuclear com experiência de 10 anos. Houve a construção, a partir dos *softwares* utilizados, da curva de volume ventricular (curva atividade/tempo) e de sua derivada, pela qual se obteve parâmetros numéricos de enchimento e esvaziamento ventricular esquerdo. Foi obtida a fração de ejeção do VE e VD e, com os parâmetros de enchimento ou diástole e esvaziamento ou sístole ventricular, a taxa diastólica final ou *peak filling rate* (PFR), tempo da taxa diastólica final ou *time to peak filling rate* (TPFR), a taxa sistólica final ou *peak emptying rate* (PER), e tempo da taxa sistólica final ou *time to peak emptying* (TPE). O PFR e PER foram expressos em contagens no final da diástole por segundo (CFD/seg), e os TPFR e TPE, em milissegundos (ms)^{63, 67, 68}.

3.2.6 Avaliação da capacidade neuromuscular

Todos os voluntários passaram por um procedimento de familiarização aos testes de força e resistência muscular, o que ocorreu pelo menos uma semana antes dos testes propriamente ditos. A força foi avaliada pelo teste de uma repetição máxima (1RM) pelo qual se verifica a contração voluntária máxima, sobretudo contração concêntrica. Estas avaliações foram realizadas numa academia de musculação conveniada ao Unifeb, com a supervisão de um profissional de Educação Física acompanhado de dois auxiliares. O teste foi aplicado em dois exercícios, *legpress 45°* e supino reto, conforme recomendação

do *American College of Sports Medicine* (ACSM)⁶⁹. Antes da realização do teste, foi feito um aquecimento específico com 6 a 10 repetições submáximas. Após o aquecimento e um intervalo de um minuto, realizou-se a primeira tentativa com uma carga dentro da capacidade percebida pelo avaliado de acordo com a experiência de treinamento. Para as tentativas subsequentes a carga foi aumentada em até 10% da tentativa anterior, até que não fosse possível realizar mais do que uma repetição completa. Todas as repetições foram realizadas na mesma amplitude e velocidade, sendo estabelecido o limite de cinco tentativas para encontrar a carga de 1RM, com intervalo de três a cinco minutos entre as tentativas. Caso não fosse encontrada a carga de 1RM até a quinta tentativa, o teste seria repetido em outra data, no mínimo após 72 horas⁵⁵. A carga correspondente a 1RM foi expressa em quilogramas (kg). A força relativa (FR), tanto no supino quanto no *legpress*, foi calculada dividindo-se a carga de 1RM pelo peso corporal dos participantes^{69, 70}.

A resistência muscular foi avaliada na semana subsequente ao teste de 1RM por meio do teste de repetições máximas (RM) com 50% da carga de 1RM nos mesmos exercícios, no qual o atleta realizou repetições na mesma amplitude e velocidade (1 segundo na fase excêntrica e 1 segundo na fase concêntrica) até a exaustão ou a falha concêntrica^{69, 70}.

A flexibilidade foi avaliada por meio do teste de sentar e alcançar⁷¹.

3.2.7 Teste cardiopulmonar

O teste cardiopulmonar foi realizado no Laboratório de Avaliação Física e Fisiologia do Exercício (LAFEX) do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), com a supervisão de um profissional de

Educação Física especialista em fisiologia do exercício, acompanhado de um médico cardiologista e dois auxiliares, sendo empregada a ergoespirometria em esteira rolante modelo Super ATL (Inbramed - Porto Alegre, RS, Brasil) com utilização de um analisador de gases metabólicos modelo VO200 (Medical Graphics – Saint Paul, MN, EUA). A frequência cardíaca foi monitorada através de um transmissor modelo T31 (Polar – Finlândia). Para sincronizar o controle da esteira rolante com a análise dos gases expirados e o monitoramento da frequência cardíaca foi utilizado o software Aerograph (Medical Graphics – Saint Paul, MN, EUA).

Todos os voluntários passaram por um procedimento de familiarização ao teste cardiopulmonar, o que ocorreu pelo menos uma semana antes do teste propriamente dito. O teste começou em cinco quilômetros por hora (5 km/h) para os atletas do GF e GC, e em 8km/h para os atletas do GR. Realizou-se o teste de carga crescente com incremento de um quilômetro por hora (1 km/h) a cada dois minutos, até que o indivíduo atingisse sua capacidade máxima⁷².

Neste teste foi analisada a cinética do volume de oxigênio consumido (VO_2) expresso em ($ml.kg.min^{-1}$) e da ventilação (VE) expressa em (L/min).

O sistema apresenta essas variáveis em planilhas e gráficos que viabilizam a identificação da intensidade correspondente ao VO_{2pico} , ao limiar anaeróbio (LAn) e ao limiar de compensação respiratória (LCR).

No gráfico, o VO_{2pico} é caracterizado pelo momento em que a curva do VO_2 atinge um platô. Já o LAn e o LCR foram identificados no gráfico da VE, em que o LAn corresponde ao momento do primeiro ponto de inflexão da curva da VE e o LCR corresponde ao momento do segundo ponto de inflexão da curva da VE.

3.3 Análise estatística

As variáveis foram apresentadas em forma de média e desvio padrão. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para testar se as variáveis quantitativas possuíam distribuição normal. Para a comparação entre os três grupos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e teste de Mann-Whitney com correção de Bonferroni para discriminar diferenças. A correlação entre duas variáveis quantitativas foi verificada por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Foi aplicada regressão linear simples para verificar a influência da aptidão física sobre a estrutura e função do coração direito, considerando $p < 0,10$ para selecionar as variáveis que seriam utilizadas na análise múltipla. O modelo de regressão linear múltipla foi utilizado para a etapa de análise múltipla e o método *Stepwise* foi utilizado na seleção das variáveis que compuseram o modelo final. O nível de significância foi de $p < 0,05$.

Os cálculos foram realizados por meio do programa SPSS, versão 21 (IBM – Armonk, NY, EUA). Todo o tratamento estatístico do presente estudo foi executado com o apoio e orientação do Núcleo de Epidemiologia e Bioestatística da Fundação Pio XII, Hospital de Câncer de Barretos-SP.

4. Resultados

4.1 Características demográficas e clínicas

As características demográficas e clínicas dos indivíduos foram comparadas entre os três grupos estudados, mostrando diferenças significativas em algumas variáveis que evidenciam as adaptações induzidas pelo treinamento de força e de resistência aeróbia, tais como área de superfície corporal, peso muscular e frequência cardíaca de repouso. Essas comparações podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características demográficas e clínicas dos grupos estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
Idade (anos)	GF (n=30)	29,0 (7,0)	0,128	0,076	<0,001*
	GR (n=30)	37,0 (8,0)			
	GC (n=30)	32,0 (6,0)			
Peso (kg)	GF (n=30)	89,7 (10,9)	0,002*	0,243	<0,001*
	GR (n=30)	72,0 (10,0)			
	GC (n=30)	78,4 (13,5)			
Estatura (cm)	GF (n=30)	177,5 (6,9)	N/S	N/S	N/S
	GR (n=30)	174,0 (7,2)			
	GC (n=30)	176,1 (6,1)			
IMC (kg/m ²)	GF (n=30)	28,4 (2,8)	<0,001*	0,522	<0,001*
	GR (n=30)	23,7 (2,9)			
	GC (n=30)	25,2 (4,0)			
ASC (m ²)	GF (n=30)	2,06 (0,14)	0,031*	0,167	<0,001*
	GR (n=30)	1,85 (0,15)			
	GC (n=30)	1,94 (0,17)			
Soma das dobras cutâneas (mm)	GF (n=30)	130,1 (56,2)	0,010*	<0,001*	0,003*
	GR (n=30)	74,1 (39,2)			
	GC (n=30)	181,0 (58,8)			
Percentual de gordura (%)	GF (n=30)	16,1 (6,6)	0,009*	<0,001*	0,010*
	GR (n=30)	10,6 (5,2)			
	GC (n=30)	22,3 (6,3)			
Peso da gordura (kg)	GF (n=30)	14,8 (7,1)	0,378	<0,001*	<0,001*
	GR (n=30)	7,8 (4,5)			
	GC (n=30)	17,9 (7,1)			
Peso muscular (kg)	GF (n=30)	40,8 (5,4)	<0,001*	0,014*	0,006*
	GR (n=30)	35,4 (5,3)			
	GC (n=30)	29,8 (6,1)			
Peso ósseo (kg)	GF (n=30)	12,4 (1,2)	0,284	0,467	0,006*
	GR (n=30)	11,4 (0,9)			
	GC (n=30)	11,8 (1,1)			

ASC=área de superfície corporal; DP=desvio padrão; FCR=frequência cardíaca de repouso; GC=grupo controle; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; IMC=índice de massa corporal; PAS=pressão arterial sistólica; PAD=pressão arterial diastólica.

*p<0,05 no teste de Mann-Whitney; N/S=não significante no teste de Kruskal Wallis.

Continua

Continuação

Tabela 1 - Características demográficas e clínicas dos grupos estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
Peso residual (kg)	GF (n=30)	21,6 (2,6)	0,002*	0,251	<0,001*
	GR (n=30)	17,3 (2,4)			
	GC (n=30)	18,9 (3,2)			
FCR (bpm)	GF (n=30)	72,0 (10,0)	1,000	<0,001*	<0,001*
	GR (n=30)	58,0 (7,0)			
	GC (n=30)	70,0 (8,0)			
PAS (mmHg)	GF (n=30)	124,0 (9,0)	0,035*	0,495	<0,001*
	GR (n=30)	113,0 (12,0)			
	GC (n=30)	117,0 (10,0)			
PAD (mmHg)	GF (n=30)	73,0 (19,0)	1,000	0,055	0,232
	GR (n=30)	72,0 (11,0)			
	GC (n=30)	78,0 (11,0)			

ASC=área de superfície corporal; DP=desvio padrão; FCR=frequência cardíaca de repouso; GC=grupo controle; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; IMC=índice de massa corporal; PAS=pressão arterial sistólica; PAD=pressão arterial diastólica.

*p<0,05 no teste de Mann-Whitney; N/S=não significante no teste de Kruskal Wallis.

As diferenças entre os grupos quanto a área de superfície corporal e frequência cardíaca de repouso podem ser melhor visualizadas nos gráficos apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

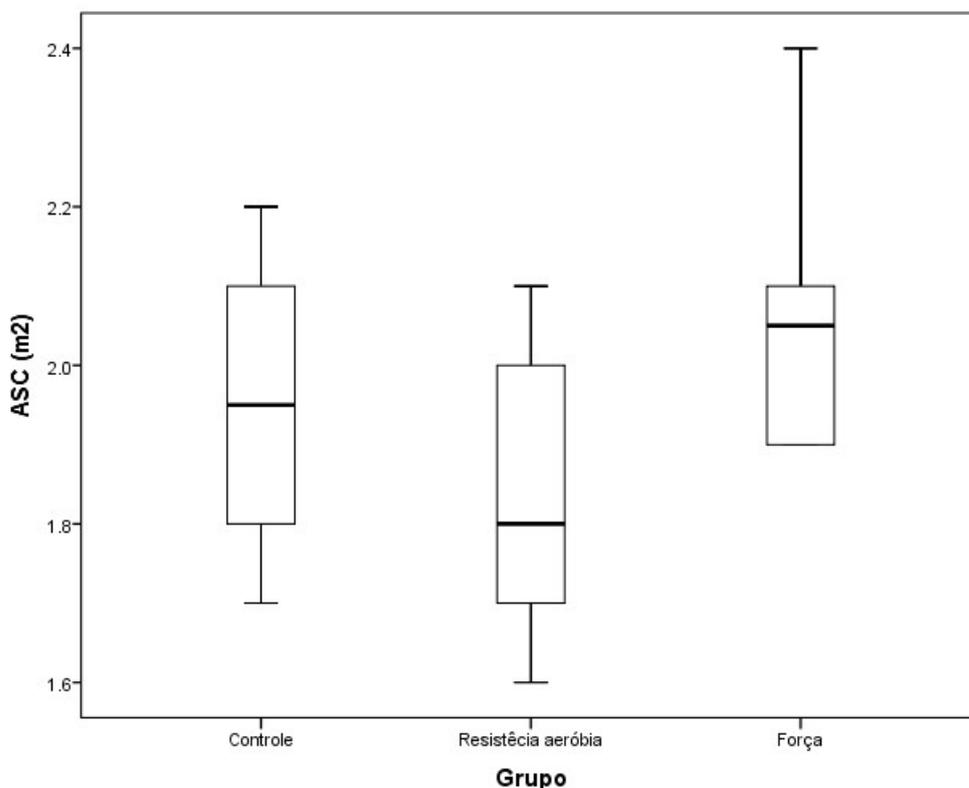


Figura 6 - Gráfico *Boxplot* da área de superfície corporal (ASC) mostrando a diferença entre os grupos

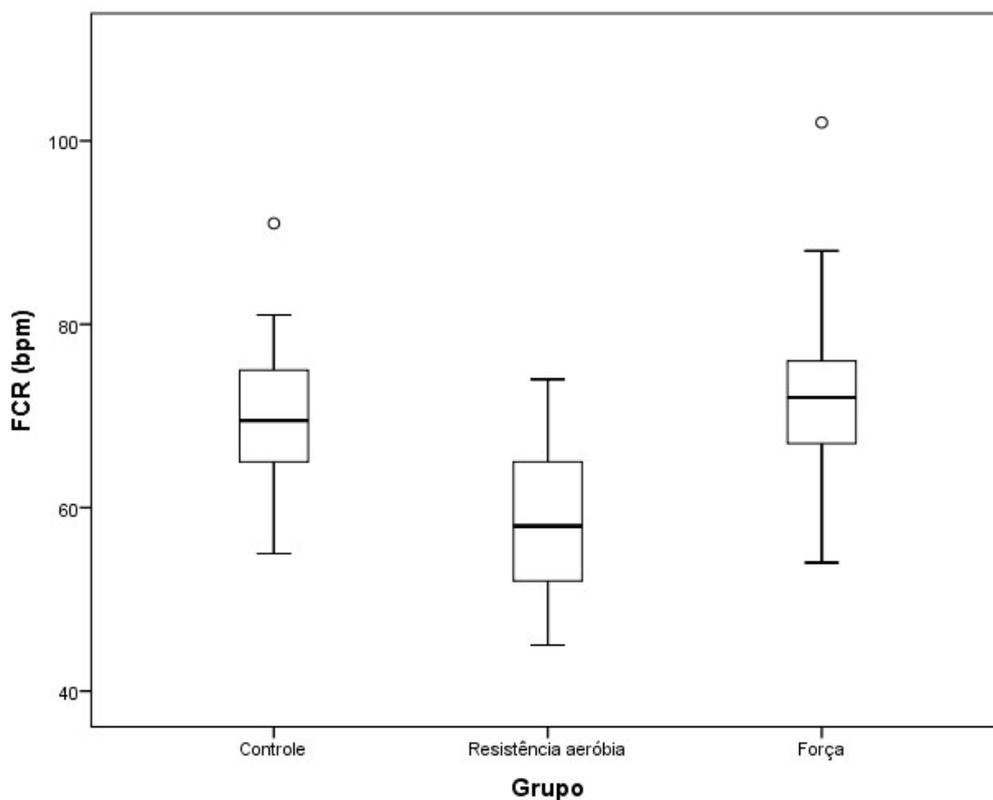


Figura 7 - Gráfico *Boxplot* da frequência cardíaca de repouso (FCR) mostrando a diferença entre os grupos

4.2 Descrição do treinamento dos atletas estudados

Conforme descrito nos critérios de inclusão para os grupos de atletas, a Tabela 2 mostra que todos os atletas avaliados no presente estudo apresentam pelo menos três anos de treinamento com frequência semanal de pelo menos quatro dias. Além disso, não há diferença entre os grupos nessas duas variáveis, bem como na carga horária semanal de treinamento.

Tabela 2 - Aspectos relacionados ao treinamento dos atletas estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	Mínimo	Máximo	P valor
Tempo de treinamento (anos)	GF (n=30)	9,0 (6,0)	3,0	27,0	0,353
	GR (n=30)	13,0 (7,0)	3,0	27,0	
Frequência semanal de treinamento (dias)	GF (n=30)	5,0 (1,0)	4,0	6,0	0,981
	GR (n=30)	5,0 (1,0)	4,0	7,0	
Horas semanais de treinamento	GF (n=30)	6,4 (0,9)	4,0	7,5	0,089
	GR (n=30)	6,8 (1,1)	4,2	8,9	

DP=desvio padrão; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia.
Nível de significância de $p < 0,05$.

4.3 Parâmetros ecocardiográficos

Os dados ecocardiográficos demonstram que tanto o GF quanto o GR apresentam adaptações cardiológicas ao treinamento, de acordo com as recomendações da ASE⁵⁹. Na análise do índice de massa do VE e da ERP, não foi observada hipertrofia cardíaca em nenhum dos grupos. No entanto, o GF e o GR apresentaram índice de massa ventricular esquerda significativamente maior quando comparado ao GC ($p < 0,001$), o que já era esperado, pois se trata de uma adaptação fisiológica normal ao treinamento³¹ (Tabela 3).

Considerando as variáveis correspondentes ao lado direito do coração, tanto GF quanto GR apresentaram adaptações cardiológicas ao treinamento quando comparados ao GC. Entretanto, todas as adaptações observadas nos grupos de atletas deste estudo estão dentro dos padrões considerados normais para a população investigada^{48, 49} (Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis ecocardiográficas avaliadas nos grupos estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
Volume diastólico do VE /ASC (ml/m ²)	GF (n=30)	72,55 (10,11)			
	GR (n=30)	71,05 (8,90)	<0,001*	<0,001*	0,628
	GC (n=30)	63,74 (5,84)			
Volume sistólico do VE /ASC (ml/m ²)	GF (n=30)	26,91 (3,93)			
	GR (n=30)	28,19 (4,31)	<0,001*	<0,001*	1,000
	GC (n=30)	22,57 (5,7)			
Fração de ejeção VE (%)	GF (n=30)	61,3 (6,2)			
	GR (n=30)	60,9 (6,9)	N/S	N/S	N/S
	GC (n=30)	60,5 (5,8)			
Espessura relativa de parede	GF (n=30)	0,38 (0,07)			
	GR (n=30)	0,34 (0,05)	<0,001*	0,010*	0,140
	GC (n=30)	0,30 (0,04)			
Índice de massa do VE (g/m ²)	GF (n=30)	92,74 (26,70)			
	GR (n=30)	83,25 (21,65)	<0,001*	<0,001*	0,417
	GC (n=30)	61,27 (13,17)			
Volume diastólico do AE /ASC(ml/m ²)	GF (n=30)	27,98(7,31)			
	GR (n=30)	28,43 (7,19)	<0,001*	<0,001*	1,000
	GC (n=30)	21,78 (4,12)			
Pico de velocidade da onda E (cm/s)	GF (n=30)	92,0 (19,0)			
	GR (n=30)	70,0 (15,0)	1,000	<0,001*	<0,001*
	GC (n=30)	91,0 (12,0)			
Tempo de desaceleração da onda E (ms)	GF (n=30)	205,42 (48,81)			
	GR (n=30)	174,08 (43,30)	N/S	N/S	N/S
	GC (n=30)	198,73 (45,43)			
Pico de velocidade da onda A (cm/s)	GF (n=30)	57,0 (14,0)			
	GR (n=30)	44,0 (9,0)	0,098	<0,001*	<0,001*
	GC (n=30)	64,0 (7,0)			
Relação E/A	GF (n=30)	1,68 (0,51)			
	GR (n=30)	1,62 (0,23)	N/S	N/S	N/S
	GC (n=30)	1,48 (0,38)			
Tempo de relaxamento isovolúmico do VE (ms)	GF (n=30)	85,30 (13,90)			
	GR (n=30)	92,40 (24,30)	<0,001*	<0,001*	0,434
	GC (n=30)	116,10 (8,90)			

DP=desvio padrão; GC=grupo controle; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; AD=átrio direito; AE=átrio esquerdo; TAPSE= excursão no plano anular sistólico tricúspide; VCI=veia cava inferior; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo.

*p<0,05 no teste de Mann-Whitney; N/S=não significante no teste de Kruskal Wallis.

Continua

Continuação

Tabela 3 - Variáveis ecocardiográficas avaliadas nos grupos estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
Pico de velocidade da onda S (cm/s)	GF (n=30)	63,0 (17,0)			
	GR (n=30)	51,0 (6,0)	0,005*	1,000	0,008*
	GC (n=30)	54,0 (13,0)			
Pico de velocidade da onda D (cm/s)	GF (n=30)	40,0 (12,0)			
	GR (n=30)	32,0 (6,0)	0,199	<0,001*	0,021*
	GC (n=30)	42,0 (6,0)			
Relação S/D	GF (n=30)	1,61 (0,42)			
	GR (n=30)	1,53 (0,15)	<0,001*	<0,001*	1,000
	GC (n=30)	1,25 (0,13)			
Pico de velocidade da onda A reversa (cm/s)	GF (n=30)	34,0 (8,0)			
	GR (n=30)	30,0 (4,0)	0,038*	<0,001*	0,123
	GC (n=30)	37,0 (4,0)			
Duração da onda A reversa (ms)	GF (n=30)	158,35 (57,15)			
	GR (n=30)	160,55 (28,57)	0,027*	<0,001*	0,402
	GC (n=30)	121,43 (17,43)			
Índice de desempenho miocárdico VE	GF (n=30)	0,34 (0,20)			
	GR (n=30)	0,33 (0,20)	N/S	N/S	N/S
	GC (n=30)	0,36 (0,18)			
Pressão sistólica da artéria pulmonar (mmHg)	GF (n=30)	26,0 (5,0)			
	GR (n=30)	25,0 (4,5)	N/S	N/S	N/S
	GC (n=30)	23,0 (4,0)			
TAPSE (cm)	GF (n=30)	2,27 (0,31)			
	GR (n=30)	2,21 (0,26)	0,250	0,470	0,345
	GC (n=30)	2,19 (0,23)			
Pico de velocidade da onda E tricúspide (cm/s)	GF (n=30)	60,0 (9,0)			
	GR (n=30)	51,0 (6,0)	0,664	<0,001*	<0,001*
	GC (n=30)	64,0 (11,0)			
Pico de velocidade da onda A tricúspide (cm/s)	GF (n=30)	39,0 (10,0)			
	GR (n=30)	29,0 (7,0)	1,000	<0,001*	<0,001*
	GC (n=30)	42,0 (11,0)			
Relação E/A tricúspide	GF (n=30)	1,61 (0,19)			
	GR (n=30)	1,87 (0,45)	1,000	0,031*	0,029*
	GC (n=30)	1,65 (0,57)			

DP=desvio padrão; GC=grupo controle; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; AD=átrio direito; AE=átrio esquerdo; TAPSE= excursão no plano anular sistólico tricúspide; VCI=veia cava inferior; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo.

*p<0,05 no teste de Mann-Whitney; N/S=não significante no teste de Kruskal Wallis.

Continua

Continuação

Tabela 3 - Variáveis ecocardiográficas avaliadas nos grupos estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
Tempo de desaceleração da onda E tricúspide (ms)	GF (n=30)	173,88 (80,80)			
	GR (n=30)	226,22 (57,67)	<0,001*	0,113	0,003*
	GC (n=30)	213,70 (72,61)			
Diâmetro de saída distal do VD (cm)	GF (n=30)	2,62 (0,46)			
	GR (n=30)	2,57 (0,41)	<0,001*	<0,001*	1,000
	GC (n=30)	1,9 (0,29)			
Diâmetro de saída proximal do VD (cm)	GF (n=30)	3,33 (0,41)			
	GR (n=30)	3,08 (0,22)	<0,001*	0,211	0,066
	GC (n=30)	2,97 (0,52)			
Diâmetro transverso médio do VD (cm)	GF (n=30)	3,30 (0,70)			
	GR (n=30)	3,00 (0,60)	<0,001*	0,003*	0,182
	GC (n=30)	2,50 (0,50)			
Diâmetro transverso basal do VD (cm)	GF (n=30)	4,70 (0,60)			
	GR (n=30)	4,00 (0,50)	<0,001*	<0,001*	0,001*
	GC (n=30)	3,20 (0,40)			
Diâmetro longitudinal do VD (cm)	GF (n=30)	8,50 (1,00)			
	GR (n=30)	7,60 (0,60)	<0,001*	0,996	<0,001*
	GC (n=30)	7,10 (0,80)			
Área do AD (cm ²)	GF (n=30)	15,95 (4,43)			
	GR (n=30)	18,71 (0,76)	<0,001*	<0,001*	0,019*
	GC (n=30)	11,18 (2,83)			
Diâmetro menor do AD (cm)	GF (n=30)	4,00 (0,60)			
	GR (n=30)	4,20 (0,20)	<0,001*	<0,001*	0,089
	GC (n=30)	3,40 (0,30)			
Diâmetro maior do AD (cm)	GF (n=30)	4,52 (0,59)			
	GR (n=30)	5,34 (0,33)	0,152	<0,001*	<0,001*
	GC (n=30)	4,10 (0,41)			
Diâmetro da VCI (cm)	GF (n=30)	1,89 (0,39)			
	GR (n=30)	1,82 (0,39)	N/S	N/S	N/S
	GC (n=30)	1,74 (0,12)			
Índice de colapsabilidade VCI (%)	GF (n=30)	59,0 (7,5)			
	GR (n=30)	58,0 (6,0)	N/S	N/S	N/S
	GC (n=30)	57,0 (3,7)			

DP=desvio padrão; GC=grupo controle; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; AD=átrio direito; AE=átrio esquerdo; TAPSE= excursão no plano anular sistólico tricúspide; VCI=veia cava inferior; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo.

*p<0,05 no teste de Mann-Whitney; N/S=não significante no teste de Kruskal Wallis.

Quando observamos as dimensões do AD e do VD, ficou evidenciado que os atletas do GF apresentam adaptações mais expressivas no VD e que os atletas do GR mostram o mesmo no AD. A Figura 6 apresenta de forma gráfica as diferenças entre os grupos estudados numa das variáveis dimensionais do VD.

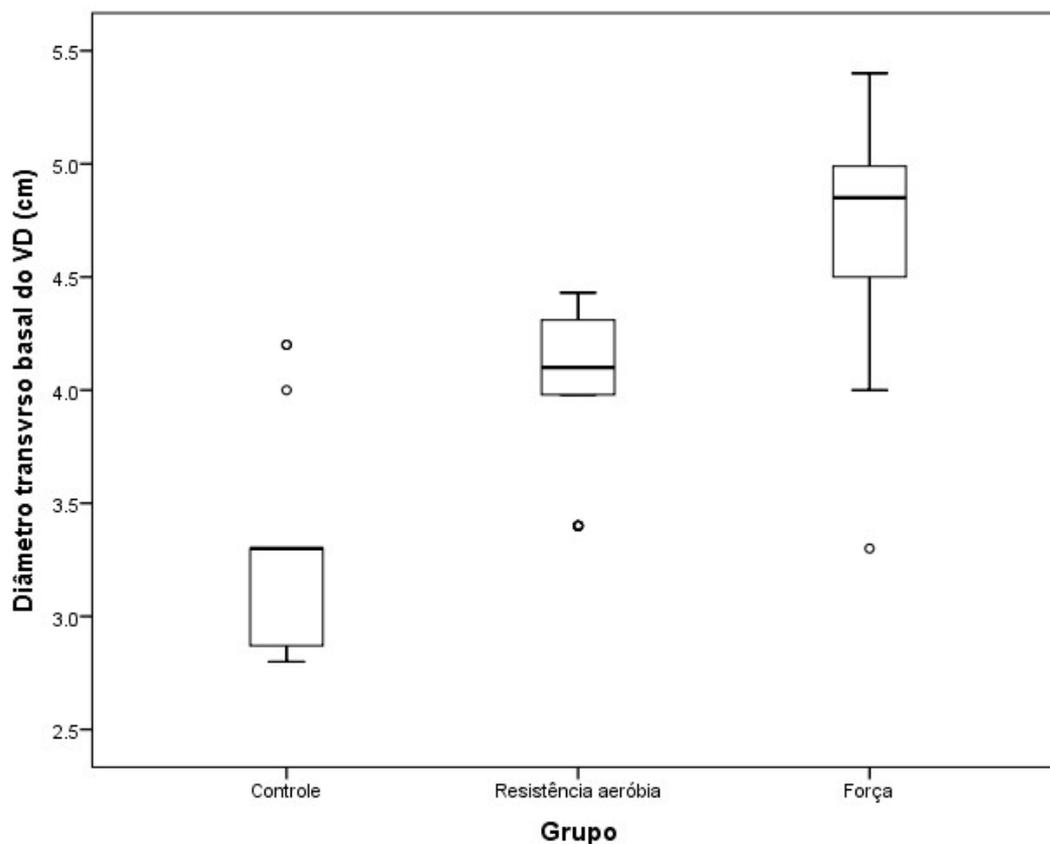


Figura 8 - Gráfico *Boxplot* do diâmetro transversal basal do VD mostrando a diferença entre os grupos

4.4 Resultados da ventriculografia radioisotópica

A ventriculografia radioisotópica (VR) é considerada procedimento padrão-ouro na avaliação da função ventricular, sobretudo do VD, cuja avaliação funcional por ecocardiograma apresenta algumas limitações. A Tabela 4 mostra os resultados da avaliação funcional de VD e VE realizadas por meio da VR.

Os resultados mostraram que a FE de VE e VD dos três grupos estudados encontra-se dentro da normalidade, não havendo diferença entre eles nessa variável (Tabela 4).

O tempo da taxa sistólica, tanto do VE quanto do VD do GR, foi significativamente maior do que no GF ($p < 0,001$ para VE e $p = 0,016$ para VD) e do que no GC ($p < 0,001$ para VE e VD), provavelmente por conta da bradicardia sinusal de repouso que GR apresenta como uma das adaptações ao treinamento aeróbio.

A taxa diastólica final de VE dos grupos de atletas se mostrou diferente do grupo controle; já a taxa diastólica final do VD foi diferente apenas no GR quando comparado ao GC (Tabela 4).

Essa avaliação mostrou que, em algumas variáveis, os atletas apresentaram função ventricular diferente do grupo controle. Contudo, tanto os atletas do GF e GR quanto o GC possuem função de VE e VD normais⁷³.

Tabela 4 - Função dos ventrículos verificada por ventriculografia radioisotópica

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
Fração de ejeção do VE (%)	GF (n=30)	61,83 (5,21)	N/S	N/S	N/S
	GR (n=30)	61,73 (5,87)			
	GC (n=30)	61,60 (4,85)			
Taxa diastólica final do VE (CFD/seg)	GF (n=30)	3,48 (0,52)	0,005*	<0,001*	0,030*
	GR (n=30)	4,80 (0,92)			
	GC (n=30)	3,20 (0,28)			
Tempo da taxa diastólica final do VE (ms)	GF (n=30)	121,67 (21,13)	N/S	N/S	N/S
	GR (n=30)	126,37 (23,66)			
	GC (n=30)	114,70 (11,27)			
Taxa sistólica final do VE (CFD/seg)	GF (n=30)	3,49 (0,50)	<0,001*	0,045*	<0,001*
	GR (n=30)	3,08 (0,35)			
	GC (n=30)	2,81 (0,56)			
Tempo da taxa sistólica final do VE (ms)	GF (n=30)	147,30 (17,03)	1,000	<0,001*	<0,001*
	GR (n=30)	165,87 (10,91)			
	GC (n=30)	137,77 (27,43)			

DP=desvio padrão; GC=grupo controle; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo.

* $p < 0,05$ no teste de Mann-Whitney; N/S=não significante no teste de Kruskal Wallis.

Continua

Continuação

Tabela 4 - Função dos ventrículos verificada por ventriculografia radioisotópica

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
Fração de ejeção do VD (%)	GF (n=30)	41,40 (8,95)	N/S	N/S	N/S
	GR (n=30)	43,43 (2,30)			
	GC (n=30)	41,63 (3,09)			
Taxa diastólica final do VD (CFD/seg)	GF (n=30)	1,80 (0,66)	0,054	0,007*	1,000
	GR (n=30)	1,84 (0,31)			
	GC (n=30)	1,50 (0,12)			
Tempo da taxa diastólica final do VD (ms)	GF (n=30)	154,00 (95,04)	N/S	N/S	N/S
	GR (n=30)	123,90 (44,72)			
	GC (n=30)	117,73 (26,36)			
Taxa sistólica final do VD (CFD/seg)	GF (n=30)	2,13 (0,54)	0,030*	1,000	0,025*
	GR (n=30)	1,81 (0,38)			
	GC (n=30)	1,84 (0,16)			
Tempo da taxa sistólica final do VD (ms)	GF (n=30)	139,43 (37,26)	0,117	<0,001*	0,016*
	GR (n=30)	178,73 (39,01)			
	GC (n=30)	134,53 (26,33)			

DP=desvio padrão; GC=grupo controle; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo.

* $p < 0,05$ no teste de Mann-Whitney; N/S=não significante no teste de Kruskal Wallis.

4.5 Capacidade neuromuscular e cardiorrespiratória

Conforme se esperava, os atletas do GR apresentaram melhor desempenho no teste cardiopulmonar e na resistência muscular. Da mesma forma, os atletas do GF apresentaram níveis de força mais elevados (Tabela 5).

Estes resultados mostram que os critérios de inclusão estabelecidos para este estudo garantiram a seleção de atletas com características específicas, de acordo com as exigências físicas a que são submetidos durante os treinamentos.

Tabela 5 - Comparação da aptidão física entre os grupos estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
LAn (km/h)	GF (n=30)	9,8 (1,6)	1,000	<0,001*	<0,001*
	GR (n=30)	14,1 (1,6)			
	GC (n=30)	9,2 (1,5)			
LCR (km/h)	GF (n=30)	11,9 (1,7)	0,313	<0,001*	<0,001*
	GR (n=30)	16,5 (1,7)			
	GC (n=30)	10,8 (1,6)			
vVO ₂ pico (km/h)	GF (n=30)	13,2 (1,6)	0,132	<0,001*	<0,001*
	GR (n=30)	17,9 (1,5)			
	GC (n=30)	11,9 (1,7)			
VO ₂ pico (ml.kg.min)	GF (n=30)	44,1 (7,0)	0,035*	<0,001*	<0,001*
	GR (n=30)	58,2 (7,2)			
	GC (n=30)	39,0 (6,4)			
1RM supino (kg)	GF (n=30)	121,8 (23,2)	<0,001*	0,219	<0,001*
	GR (n=30)	69,4 (21,6)			
	GC (n=30)	55,8 (11,3)			
FR supino	GF (n=30)	1,38 (0,29)	<0,001*	0,006*	<0,001*
	GR (n=30)	0,95 (0,22)			
	GC (n=30)	0,77 (0,38)			
1RM <i>legpress</i> (kg)	GF (n=30)	384,0 (76,9)	<0,001*	0,002*	<0,001*
	GR (n=30)	282,8 (62,1)			
	GC (n=30)	186,3 (88,4)			
FR <i>legpress</i>	GF (n=30)	4,31 (0,84)	<0,001*	<0,001*	0,677
	GR (n=30)	3,95 (0,67)			
	GC (n=30)	2,40 (1,11)			
RM supino (rep)	GF (n=30)	24,6 (6,3)	0,063	<0,001*	0,025*
	GR (n=30)	30,0 (7,9)			
	GC (n=30)	20,5 (5,4)			

DP=desvio padrão; FR=força relativa; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; rep=número de repetições; RM= repetições máximas; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico; 1RM=uma repetição máxima.

*p<0,05 no teste de Mann-Whitney.

Continua

Continuação

Tabela 5 - Comparação da aptidão física entre os grupos estudados

Variáveis	Grupo	Média (DP)	GF vs GC	GR vs GC	GF vs GR
RM <i>legpress</i> (rep)	GF (n=30)	23,1 (7,6)	1,000	0,006*	<0,001*
	GR (n=30)	32,0 (9,8)			
	GC (n=30)	24,7 (6,2)			
Flexibilidade (cm)	GF (n=30)	30,2 (7,1)	0,005*	<0,001*	0,504
	GR (n=30)	32,6 (6,9)			
	GC (n=30)	22,8 (8,5)			

DP=desvio padrão; FR=força relativa; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; rep=número de repetições; RM= repetições máximas; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico; 1RM=uma repetição máxima.

*p<0,05 no teste de Mann-Whitney.

As principais variáveis que caracterizam os atletas do GF e do GR são nível de força e consumo máximo de oxigênio, respectivamente (Figuras 7 e 8).

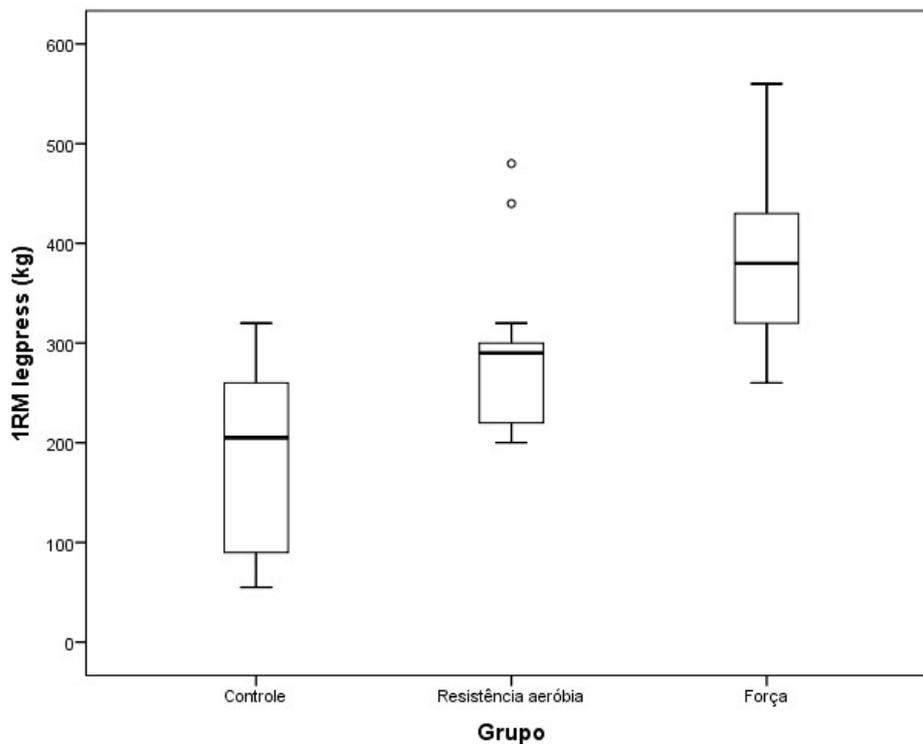


Figura 9 - Gráfico *Boxplot* de 1RM *legpress* mostrando a diferença entre os grupos

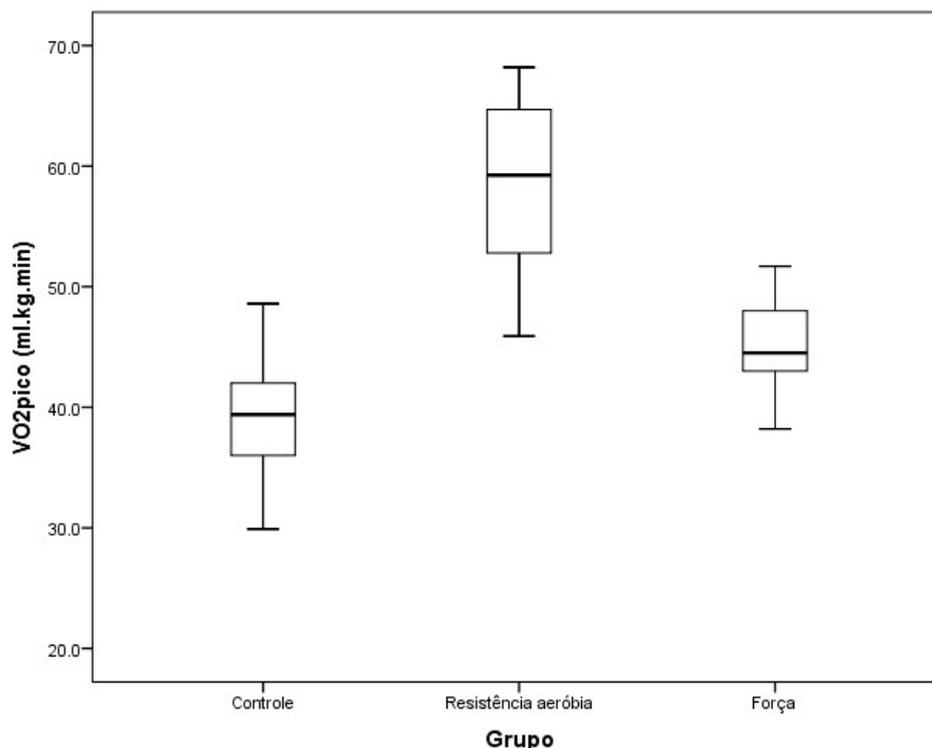


Figura 10 - Gráfico *Boxplot* do VO₂pico mostrando a diferença entre os grupos

4.6 Correlação entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física

Nesta parte do estudo foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, evidenciando correlações importantes entre as variáveis cardiológicas, tanto morfológicas quanto funcionais, e aptidão física, o que foi observado considerando tanto o lado esquerdo quanto o lado direito do coração.

Considerando o lado esquerdo do coração, o volume sistólico do VE apresentou correlação positiva com força relativa *legpress* ($r = 0,430$ $p < 0,001$) e o volume diastólico do AE com 1RM *legpress* ($r = 0,450$ $p < 0,001$). O índice de massa ventricular esquerda e a espessura relativa da parede apresentaram correlação positiva com 1RM supino ($r = 0,411$ $p < 0,001$) e ($r = 0,480$ $p < 0,001$), respectivamente. O pico de velocidade da onda E e da onda A apresentaram correlação negativa com vVO_2 pico ($r = -0,588$ $p < 0,001$) e ($r = -0,516$ $p < 0,001$),

respectivamente. Já a relação SD apresentou correlação positiva com 1RM *legpress* ($r = 0,549$ $p < 0,001$) e com força relativa *legpress* ($r = 0,556$ $p < 0,001$).

As correlações referentes ao lado direito do coração foram mais expressivas. As dimensões do VD apresentaram maior correlação positiva com o nível de força, principalmente o diâmetro transverso basal do VD, que apresentou correlação positiva com todas as variáveis relacionadas a força máxima dos participantes, 1RM supino ($r = 0,616$ $p < 0,001$), força relativa supino ($r = 0,604$ $p < 0,001$), 1RM *legpress* ($r = 0,578$ $p < 0,001$), e força relativa *legpress* ($r = 0,555$ $p < 0,001$). O diâmetro longitudinal do VD mostrou correlação positiva com 1RM supino ($r = 0,447$ $p < 0,001$) e com 1RM *legpress* ($r = 0,452$ $p < 0,001$). O diâmetro de saída distal do VD mostrou correlação positiva com 1RM *legpress* ($r = 0,442$ $p < 0,001$) e com a flexibilidade ($r = 0,501$ $p < 0,001$).

Já as dimensões do AD demonstraram maior correlação positiva com a aptidão cardiopulmonar, como a área do AD, que apresentou $r = 0,574$ e $p < 0,001$ para vVO_2 pico, e $r = 0,542$ e $p < 0,001$ para VO_2 pico. O diâmetro menor do AD apresentou $r = 0,499$ e $p < 0,001$ para vVO_2 pico, e $r = 0,489$ e $p < 0,001$ para VO_2 pico, enquanto que o diâmetro maior do AD apresentou $r = 0,589$ e $p < 0,001$ para vVO_2 pico, e $r = 0,532$ e $p < 0,001$ para VO_2 pico. O pico de velocidade da onda E tricúspide mostrou correlação negativa com vVO_2 pico ($r = -0,486$ $p < 0,001$), o pico de velocidade da onda A tricúspide mostrou correlação negativa com RCT ($r = -0,386$ $p < 0,001$), e o tempo de desaceleração da onda E tricúspide apresentou correlação negativa com 1RM supino ($r = -0,452$ $p < 0,001$).

Os resultados de todas as correlações entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Correlação entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física

Variáveis		LAn (km/h)	LCR (km/h)	vVO ₂ (km/h)	VO ₂ pico (ml.kg.min)	1RM supino (kg)	FR supino	1RM legpress (kg)	FR legpress	RM supino (rep)	RM legpress (rep)	Flex. (cm)
Índice de massa do VE (g/m ²)	<i>r</i>	-0,154	-0,186	-0,148	-0,053	0,411	0,361	0,340	0,224	-0,126	-0,061	0,126
	<i>p</i>	0,149	0,079	0,163	0,621	<0,001	<0,001	0,001	0,034	0,235	0,567	0,235
Espessura relativa de parede	<i>r</i>	0,106	0,133	0,187	0,142	0,483	0,406	0,413	0,322	0,244	0,036	0,170
	<i>p</i>	0,321	0,212	0,077	0,182	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,020	0,734	0,109
Volume diastólico do VE /ASC (ml/m ²)	<i>r</i>	-0,263	-0,265	-0,240	-0,229	-0,093	-0,166	-0,102	-0,167	-0,318	-0,262	-0,262
	<i>p</i>	0,012	0,012	0,023	0,030	0,386	0,117	0,340	0,115	0,002	0,013	0,012
Volume sistólico do VE /ASC (ml/m ²)	<i>r</i>	0,336	0,367	0,391	0,368	0,389	0,381	0,416	0,430	0,129	-0,152	0,316
	<i>p</i>	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,224	0,153	0,002
Fração de ejeção VE (%)	<i>r</i>	-0,270	-0,262	-0,270	-0,282	-0,139	-0,175	-0,146	-0,210	-0,073	0,022	-0,211
	<i>p</i>	0,010	0,012	0,010	0,007	0,191	0,099	0,170	0,047	0,497	0,835	0,046
Volume diastólico do AE /ASC(ml/m ²)	<i>r</i>	0,152	0,176	0,213	0,189	0,393	0,374	0,450	0,428	0,080	0,023	0,209
	<i>p</i>	0,154	0,097	0,044	0,075	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,455	0,832	0,048
Pressão sistólica de artéria pulmonar (mmHg)	<i>r</i>	-0,132	-0,200	-0,258	-0,220	-0,071	-0,049	-0,215	-0,268	0,012	0,095	0,086
	<i>p</i>	0,215	0,058	0,014	0,037	0,508	0,643	0,042	0,011	0,910	0,374	0,421
Pico de velocidade da onda E (cm/s)	<i>r</i>	-0,499	-0,580	-0,588	-0,540	0,151	0,075	-0,085	-0,274	-0,190	-0,145	-0,074
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,157	0,484	0,424	0,009	0,072	0,172	0,488
Tempo de desaceleração da onda E (ms)	<i>r</i>	-0,256	-0,237	-0,255	-0,216	0,008	-0,045	0,054	-0,009	-0,187	-0,071	-0,110
	<i>p</i>	0,015	0,025	0,015	0,041	0,943	0,674	0,612	0,934	0,078	0,506	0,300
Pico de velocidade da onda A (cm/s)	<i>r</i>	-0,520	-0,537	-0,516	-0,504	0,052	-0,078	-0,105	-0,272	-0,269	-0,294	-0,377
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,628	0,466	0,324	0,010	0,010	0,005	<0,001

GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; GC=grupo controle; AD=átrio direito; AE=átrio esquerdo; TAPSE= excursão no plano anular sistólico tricúspide; VCI=veia cava inferior; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo; DP=desvio padrão; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

Continua

Continuação

Tabela 6 - Correlação entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física

Variáveis		LAN (km/h)	LCR (km/h)	vVO ₂ (km/h)	VO ₂ pico (ml.kg.min)	1RM supino (kg)	FR supino	1RM legpress (kg)	FR legpress	RM supino (rep)	RM legpress (rep)	Flex. (cm)
Relação E/A	<i>r</i>	0,029	-0,025	-0,045	-0,021	0,122	0,152	0,053	0,018	0,081	0,131	0,284
	<i>p</i>	0,784	0,812	0,672	0,845	0,250	0,152	0,618	0,865	0,448	0,219	0,007
Tempo de relaxamento isovolúmico do VE (ms)	<i>r</i>	-0,225	-0,251	-0,270	-0,255	-0,381	-0,297	-0,498	-0,434	-0,265	-0,245	-0,424
	<i>p</i>	0,033	0,017	0,010	0,015	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,012	0,020	<0,001
Pico de velocidade da onda S (cm/s)	<i>r</i>	-0,257	-0,270	-0,308	-0,231	0,226	0,167	0,233	0,130	-0,052	0,224	0,148
	<i>p</i>	0,014	0,010	0,003	0,028	0,033	0,116	0,027	0,224	0,628	0,034	0,163
Pico de velocidade da onda D (cm/s)	<i>r</i>	-0,352	-0,424	-0,495	-0,411	-0,127	-0,173	-0,233	-0,348	-0,125	0,088	-0,067
	<i>p</i>	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,234	0,103	0,027	0,001	0,241	0,409	0,533
Relação S/D	<i>r</i>	0,064	0,122	0,146	0,156	0,397	0,371	0,549	0,556	0,038	0,076	0,218
	<i>p</i>	0,547	0,253	0,170	0,143	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,724	0,479	0,039
Pico de velocidade da onda A reversa (cm/s)	<i>r</i>	-0,418	-0,415	-0,425	-0,414	-0,039	-0,092	-0,145	-0,221	-0,245	-0,212	-0,337
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,715	0,386	0,173	0,037	0,020	0,045	0,001
Duração da onda A reversa (ms)	<i>r</i>	0,141	0,131	0,134	0,147	0,179	0,229	0,325	0,402	0,096	0,036	0,160
	<i>p</i>	0,184	0,218	0,210	0,166	0,091	0,030	0,002	<0,001	0,367	0,737	0,131
Índice de desempenho miocárdico VE	<i>r</i>	0,256	0,301	0,354	0,321	-0,106	0,026	-0,099	0,073	0,038	-0,134	-0,107
	<i>p</i>	0,015	0,004	0,001	0,002	0,321	0,811	0,353	0,492	0,721	0,207	0,314
TAPSE (cm)	<i>r</i>	-0,194	-0,143	-0,085	-0,064	0,359	0,321	0,318	0,254	-0,079	-0,052	0,018
	<i>p</i>	0,066	0,179	0,428	0,549	0,001	0,002	0,002	0,016	0,461	0,627	0,864
Pico de velocidade da onda E tricúspide (cm/s)	<i>r</i>	-0,436	-0,457	-0,486	-0,398	-0,194	-0,286	-0,137	-0,230	-0,271	-0,071	-0,226
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,068	0,006	0,197	0,029	0,010	0,504	0,032

GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; GC=grupo controle; AD=átrio direito; AE=átrio esquerdo; TAPSE= excursão no plano anular sistólico tricúspide; VCI=veia cava inferior; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo; DP=desvio padrão; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAN=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

Continua

Continuação

Tabela 6 - Correlação entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física

Variáveis		LAN (km/h)	LCR (km/h)	vVO ₂ (km/h)	VO ₂ pico (ml.kg.min)	1RM supino (kg)	FR supino	1RM legpress (kg)	FR legpress	RM supino (rep)	RM legpress (rep)	Flex. (cm)
Pico de velocidade da onda A tricúspide (cm/s)	<i>r</i>	-0,357	-0,383	-0,344	-0,293	0,045	-0,013	-0,052	-0,168	-0,231	-0,184	-0,217
	<i>p</i>	0,001	<0,001	0,001	0,005	0,675	0,907	0,628	0,114	0,029	0,082	0,040
Relação E/A tricúspide	<i>r</i>	0,125	0,140	0,078	0,073	-0,240	-0,216	-0,090	-0,001	0,050	0,138	0,033
	<i>p</i>	0,242	0,187	0,467	0,494	0,022	0,041	0,400	0,989	0,641	0,193	0,756
Tempo de desaceleração da onda E tricúspide (ms)	<i>r</i>	0,130	0,092	0,106	0,104	-0,452	-0,425	-0,344	-0,286	-0,031	0,100	-0,069
	<i>p</i>	0,220	0,391	0,320	0,327	<0,001	<0,001	0,001	0,006	0,770	0,349	0,520
Diâmetro de saída distal do VD (cm)	<i>r</i>	0,321	0,331	0,334	0,301	0,390	0,386	0,442	0,436	0,291	0,178	0,501
	<i>p</i>	0,002	0,001	0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,094	<0,001
Diâmetro de saída proximal do VD (cm)	<i>r</i>	-0,193	-0,241	-0,217	-0,230	-0,143	-0,227	-0,102	-0,199	-0,201	-0,087	-0,117
	<i>p</i>	0,068	0,022	0,040	0,029	0,179	0,032	0,340	0,060	0,057	0,416	0,271
Diâmetro transverso médio do VD (cm)	<i>r</i>	0,095	0,091	0,084	0,136	0,361	0,350	0,350	0,309	0,129	0,030	0,220
	<i>p</i>	0,372	0,392	0,433	0,200	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,225	0,777	0,038
Diâmetro transverso basal do VD (cm)	<i>r</i>	0,125	0,165	0,170	0,215	0,616	0,604	0,578	0,555	0,180	-0,036	0,346
	<i>p</i>	0,241	0,120	0,110	0,042	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,089	0,737	0,001
Diâmetro longitudinal do VD (cm)	<i>r</i>	-0,062	-0,026	-0,033	0,030	0,447	0,389	0,452	0,378	0,112	0,165	0,230
	<i>p</i>	0,564	0,805	0,759	0,778	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,292	0,121	0,029
Área do AD (cm ²)	<i>r</i>	0,530	0,554	0,574	0,542	0,227	0,270	0,343	0,425	0,360	0,285	0,352
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,031	0,010	0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,001
Diâmetro menor do AD (cm)	<i>r</i>	0,477	0,492	0,499	0,489	0,239	0,261	0,349	0,414	0,376	0,276	0,301
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,023	0,013	0,001	<0,001	<0,001	0,008	0,004

GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; GC=grupo controle; AD=átrio direito; AE=átrio esquerdo; TAPSE= excursão no plano anular sistólico tricúspide; VCI=veia cava inferior; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo; DP=desvio padrão; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAN=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

Continua

Continuação

Tabela 6 - Correlação entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física

Variáveis		LAn (km/h)	LCR (km/h)	vVO ₂ (km/h)	VO ₂ pico (ml.kg.min)	1RM supino (kg)	FR supino	1RM legpress (kg)	FR legpress	RM supino (rep)	RM legpress (rep)	Flex. (cm)
Diâmetro maior do AD (cm)	<i>r</i>	0,581	0,592	0,589	0,532	0,016	0,096	0,153	0,280	0,375	0,363	0,376
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,880	0,367	0,149	0,008	<0,001	<0,001	<0,001
Diâmetro da VCI (cm)	<i>r</i>	-0,016	0,002	0,053	0,024	0,257	0,189	0,186	0,065	0,143	0,281	0,139
	<i>p</i>	0,881	0,988	0,620	0,820	0,014	0,074	0,079	0,541	0,179	0,007	0,190
Índice de colapsabilidade VCI (%)	<i>r</i>	0,190	0,259	0,324	0,251	0,046	0,084	0,040	0,082	0,206	0,284	0,143
	<i>p</i>	0,072	0,014	0,002	0,017	0,667	0,430	0,706	0,441	0,051	0,007	0,180

GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; GC=grupo controle; AD=átrio direito; AE=átrio esquerdo; TAPSE= excursão no plano anular sistólico tricúspide; VCI=veia cava inferior; VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo; DP=desvio padrão; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

5.7 Correlação entre variáveis da ventriculografia radioisotópica e aptidão física

Diferente do que foi observado nas variáveis ecocardiográficas, a função de VE e VD verificada por meio da ventriculografia radioisotópica apresentou pouca correlação com a aptidão física, com exceção do tempo da taxa sistólica final do VE, que apresentou correlação positiva com as variáveis do teste cardiopulmonar, LAn ($r = 0,508$ $p < 0,001$), LCR ($r = 0,537$ $p < 0,001$), vVO_2 pico ($r = 0,596$ $p < 0,001$), e VO_2 pico ($r = 0,541$ $p < 0,001$). Essas correlações corroboram o fato de que o tempo da taxa sistólica final foi maior nos atletas do GR, conforme mostrado anteriormente na Tabela 4, o que provavelmente está associado à bradicardia sinusal de repouso que esses atletas apresentam como adaptação ao treinamento.

Os resultados de todas as correlações entre variáveis da ventriculografia e aptidão física estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Correlação entre variáveis da ventriculografia e aptidão física

Variáveis		LAn (km/h)	LCR (km/h)	vVO ₂ (km/h)	VO ₂ pico (ml.kg.min)	1RM supino (kg)	FR supino	1RM legpress (kg)	FR legpress	RM supino (rep)	RM legpress (rep)	Flex. (cm)
Fração de ejeção do VE (%)	<i>r</i>	-0,051	-0,064	-0,100	-0,060	0,032	0,008	-0,017	-0,045	0,056	0,049	0,080
	<i>p</i>	0,636	0,547	0,350	0,574	0,765	0,939	0,872	0,672	0,597	0,645	0,452
Taxa diastólica final do VE (CFD/seg)	<i>r</i>	0,184	0,164	0,151	0,189	-0,089	-0,057	-0,058	0,002	0,205	0,139	0,168
	<i>p</i>	0,082	0,122	0,155	0,074	0,403	0,595	0,586	0,987	0,053	0,191	0,113
Tempo da taxa diastólica final do VE (ms)	<i>r</i>	0,169	0,132	0,134	0,200	0,055	0,053	0,154	0,173	0,315	0,328	0,203
	<i>p</i>	0,110	0,213	0,207	0,059	0,607	0,623	0,148	0,103	0,002	0,002	0,055
Taxa sistólica final do VE (CFD/seg)	<i>r</i>	-0,060	-0,072	-0,112	-0,043	0,338	0,293	0,299	0,232	0,019	-0,017	0,174
	<i>p</i>	0,575	0,502	0,293	0,691	0,001	0,005	0,004	0,028	0,858	0,874	0,101
Tempo da taxa sistólica final do VE (ms)	<i>r</i>	0,508	0,537	0,596	0,541	0,014	0,108	0,155	0,311	0,283	0,120	0,212
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,898	0,311	0,146	0,003	0,007	0,258	0,045
Fração de ejeção do VD (%)	<i>r</i>	0,175	0,166	0,121	0,115	-0,160	-0,075	-0,118	-0,026	-0,031	-0,044	0,104
	<i>p</i>	0,099	0,117	0,255	0,279	0,133	0,483	0,266	0,808	0,772	0,679	0,331
Taxa diastólica final do VD (CFD/seg)	<i>r</i>	0,204	0,246	0,234	0,159	0,057	0,069	0,066	0,079	0,050	-0,056	0,191
	<i>p</i>	0,054	0,019	0,026	0,134	0,597	0,519	0,535	0,460	0,638	0,599	0,071
Tempo da taxa diastólica final do VD (ms)	<i>r</i>	-0,036	-0,068	-0,057	-0,053	0,197	0,202	0,231	0,245	-0,019	-0,039	0,054
	<i>p</i>	0,737	0,525	0,590	0,619	0,063	0,056	0,029	0,020	0,860	0,716	0,615
Taxa sistólica final do VD (CFD/seg)	<i>r</i>	-0,082	-0,064	-0,135	-0,101	0,131	0,142	0,123	0,123	-0,251	-0,286	0,059
	<i>p</i>	0,445	0,550	0,203	0,344	0,219	0,182	0,249	0,248	0,017	0,006	0,582
Tempo da taxa sistólica final do VD (ms)	<i>r</i>	0,045	0,076	0,085	0,056	0,152	0,128	0,163	0,138	0,107	0,004	-0,006
	<i>p</i>	0,670	0,475	0,425	0,603	0,153	0,229	0,124	0,194	0,317	0,973	0,956

VD=ventrículo direito; VE=ventrículo esquerdo; DP=desvio padrão; GF=grupo força; GR=grupo resistência aeróbia; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM=repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

5.8 Regressão linear entre variáveis ecocardiográficas e aptidão física

Considerando que o foco do presente estudo foi investigar a influência da aptidão neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito de atletas, a regressão linear foi aplicada apenas nas variáveis correspondentes ao lado direito do coração que apresentaram maior correlação com a aptidão física, conforme destacado anteriormente no item 4.6.

Sendo assim, a Tabela 8 apresenta a regressão linear simples e múltipla entre dimensões do AD e aptidão física. Neste caso, destacam-se a regressão múltipla entre área do AD e vVO_2 pico ($R^2 = 0,462$ $\beta = 0,827$ $p < 0,001$), e entre diâmetro menor do AD e vVO_2 pico ($R^2 = 0,387$ $\beta = 0,086$ $p < 0,001$). Tendo isso em vista, as Figuras 9 e 10 apresentam o gráfico de dispersão e o resultado do coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis supracitadas.

Em seguida, a Tabela 9 apresenta a regressão linear simples e múltipla entre dimensões do VD e aptidão física, das quais se destacam a regressão múltipla entre diâmetro transverso basal do VD e 1RM no supino ($R^2 = 0,497$ $\beta = 0,012$ $p < 0,001$) e força relativa no *legpress* ($R^2 = 0,497$ $\beta = 0,147$ $p < 0,035$). Além disso, as Figuras 11 e 12 apresentam o gráfico de dispersão e o resultado do coeficiente de correlação de Pearson entre o diâmetro transverso basal do VD e 1RM no supino e Força relativa no *legpress*.

Tabela 8 - Regressão linear entre dimensões do átrio direito e aptidão física

Variáveis	Área do AD				Diâmetro maior de AD				Diâmetro menor do AD			
	Simples		Múltipla (R²=0,462)		Simples		Múltipla (R²=0,384)		Simples		Múltipla (R²=0,387)	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
LAn (km/h)	0,852	<0,001			0,148	<0,00*			0,092	<0,001		
LCR (km/h)	0,804	<0,001			0,136	<0,001	0,122	<0,001	0,086	<0,001		
vVO ₂ (km/h)	0,825	<0,001	0,827	<0,001	0,134	<0,001			0,086	<0,001	0,086	<0,001
VO ₂ pico (ml.kg.min)	0,223	<0,001			0,034	<0,001			0,024	<0,001		
1RM supino (kg)	0,028	0,031	0,043	<0,001	<0,001	0,880			0,003	0,023	0,005	<0,001
FR supino	2,976	0,010			0,167	0,367			0,346	0,013		
1RM <i>legpress</i> (kg)	0,013	0,001			0,001	0,149			0,002	0,001		
FR <i>legpress</i>	1,529	<0,001			0,159	0,008			0,179	<0,001		
RM supino (rep)	0,206	<0,001			0,034	<0,001			0,026	<0,001		
RM <i>legpress</i> (rep)	0,141	0,006	0,089	0,036	0,028	<0,001	0,015	0,032	0,016	0,008	0,012	0,033
Flex. (cm)	0,179	0,001			0,030	<0,001			0,018	0,004		

AD=átrio direito; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

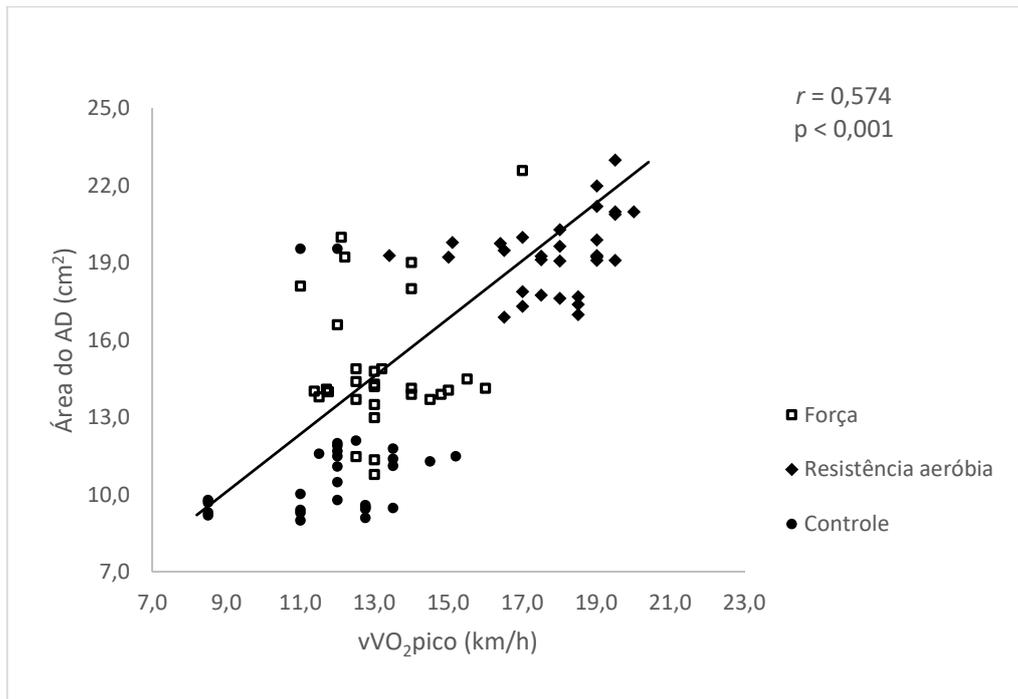


Figura 11 - Gráfico de dispersão mostrando o coeficiente de correlação de Pearson entre a Área do AD e vVO₂pico

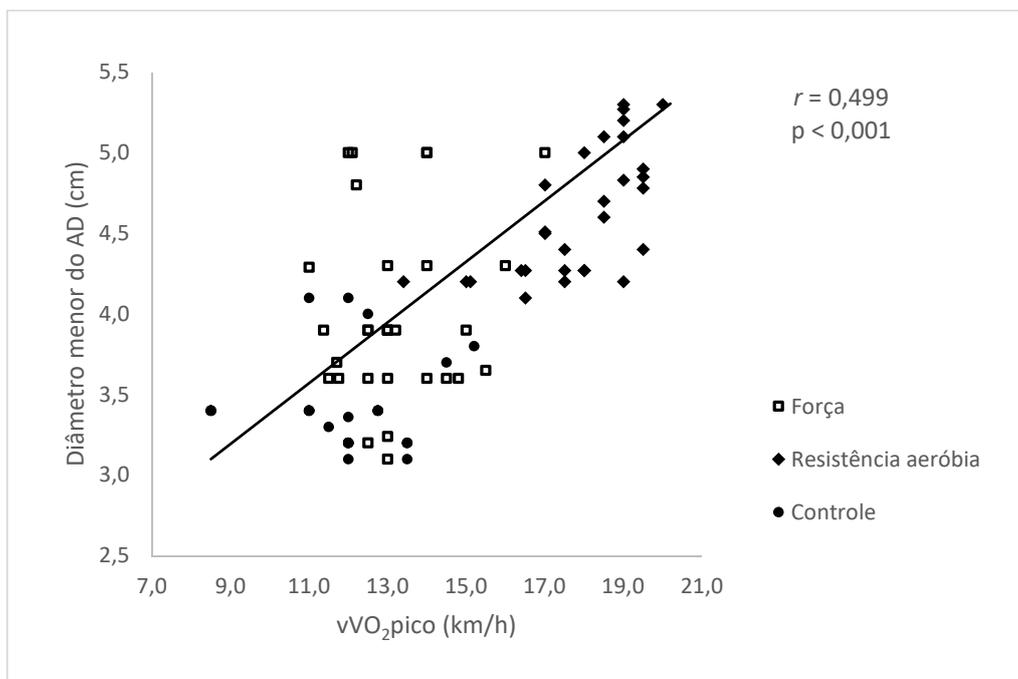


Figura 12 - Gráfico de dispersão mostrando o coeficiente de correlação de Pearson entre o diâmetro menor do AD e vVO₂pico.

Tabela 9 - Regressão linear entre dimensões do ventrículo direito e aptidão física

Variáveis	Diâmetro de saída distal do VD (cm)				Diâmetro transverso basal do VD (cm)				Diâmetro longitudinal do VD (cm)			
	Simples		Múltipla (R²=0,428)		Simples		Múltipla (R²=0,497)		Simples		Múltipla (R²=0,243)	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
LAn (km/h)	0,605	0,002	0,518	0,007	0,037	0,241			-0,023	0,564		
LCR (km/h)	0,564	0,001			0,044	0,120			-0,009	0,805		
vVO ₂ (km/h)	0,563	0,001			0,045	0,110			-0,011	0,759		
VO ₂ pico (ml.kg.min)	0,145	0,004			0,016	0,042	0,014	0,043	0,003	0,778		
1RM supino (kg)	0,055	<0,001			0,014	<0,001	0,012	<0,001	0,012	<0,001	0,007	0,038
FR supino	4,981	<0,001	3,428	0,007	1,218	<0,001			0,983	<0,001		
1RM <i>legpress</i> (kg)	0,020	<0,001	0,012	0,010	0,004	<0,001			0,004	<0,001	0,002	0,029
FR <i>legpress</i>	1,840	<0,001			0,366	<0,001	0,147	0,035	0,311	<0,001		
RM supino (rep)	0,195	0,005			0,019	0,089*			0,015	0,292		
RM <i>legpress</i> (rep)	0,103	0,094			-0,003	0,737			0,019	0,121		
Flex. (cm)	0,298	<0,001	0,146	0,019	0,032	0,001			0,027	0,029		

VD=ventrículo direito; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

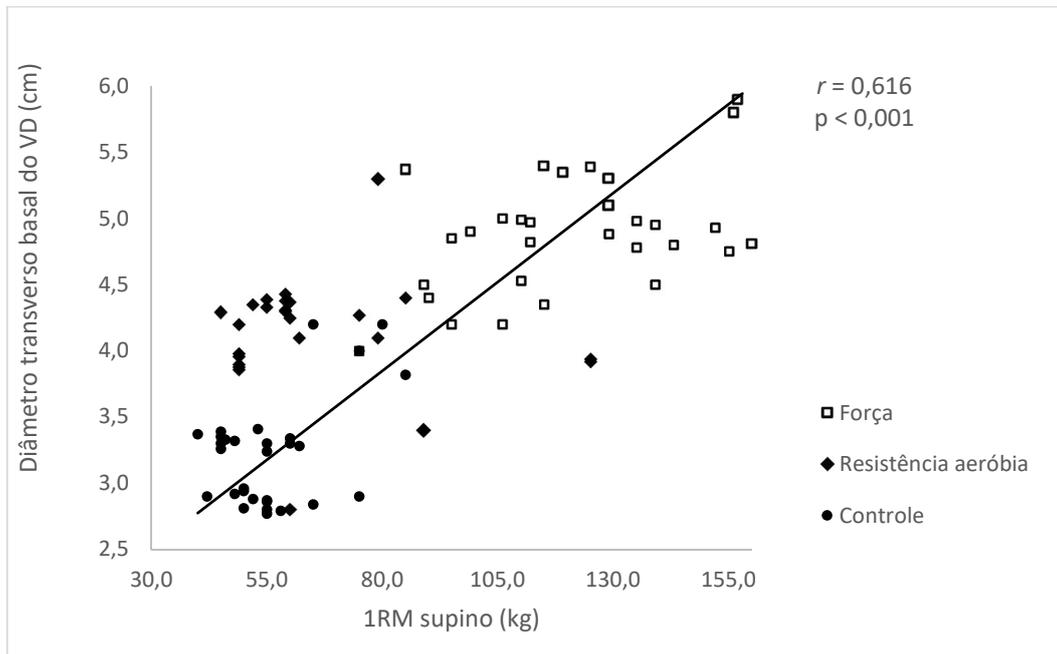


Figura 13 - Gráfico de dispersão mostrando o coeficiente de correlação de Pearson entre o diâmetro transversal basal do VD e 1RM no supino

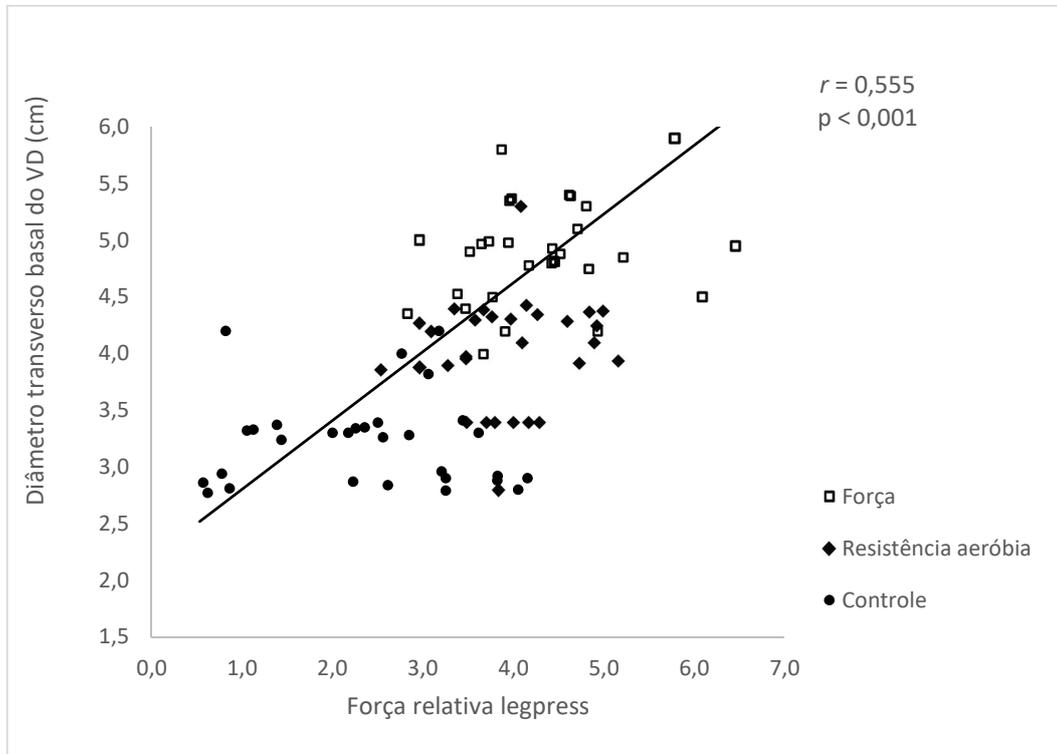


Figura 14 - Gráfico de dispersão mostrando o coeficiente de correlação de Pearson entre o diâmetro transversal basal do VD e Força relativa no *legpress*

Os dados apresentados acima sugerem que há influência do consumo de oxigênio sobre as dimensões do AD, bem como da aptidão neuromuscular sobre as dimensões do VD.

Sendo assim, este estudo propõe as seguintes equações preditivas:

$$\text{Área do AD} = (-2.502 + (0.827 * v\text{VO}_2\text{pico}) + (0.043 * 1\text{RM supino}) + (0.089 * \text{RM legpress}))$$

Onde: $v\text{VO}_2\text{pico}$ (km/h); 1RM supino (kg); RM *legpress* (número de repetições)

$$\text{Diâmetro transverso basal do VD} = (1.781 + (0.012 * 1\text{RM supino}) + (0.147 * \text{FR legpress}) + (0.014 * \text{VO}_2\text{pico}))$$

Onde: 1RM supino (kg); FR *legpress* (1RM *legpress* / peso corporal); VO_2pico (ml.kg.min)

A $v\text{VO}_2\text{pico}$ também mostrou pequena influência sobre o pico de velocidade da onda E tricúspide ($R^2 = 0,336$ $\beta = -0,017$ $p < 0,001$), no entanto, nossos dados não evidenciaram influência das capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória sobre as demais variáveis funcionais do VD, conforme pode ser observado na Tabela 10, que apresenta a regressão linear simples e múltipla entre função do VD avaliada por meio do ecocardiograma e aptidão física, e na Tabela 11 que apresenta a regressão linear simples e múltipla entre função do VD avaliada por meio da VR e aptidão física.

Tabela 10 - Regressão linear entre função do ventrículo direito avaliada no ecocardiograma e aptidão física

Variáveis	TAPSE (cm)				Pico de velocidade da onda E tricúspide (cm/s)				Pico de velocidade da onda A tricúspide (cm/s)			
	Simples		Múltipla (R²=0,129)		Simples		Múltipla (R²=0,336)		Simples		Múltipla (R²=0,147)	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
LAn (km/h)	-0,016	0,066			-0,017	<0,001			-0,014	0,001		
LCR (km/h)	-0,010	0,179			-0,016	<0,001			-0,014	<0,001	-0,014	<0,001
vVO ₂ (km/h)	-0,006	0,428			-0,017	<0,001	-0,017	<0,001	-0,012	0,001		
VO ₂ pico (ml.kg.min)	-0,001	0,549			-0,004	<0,001			-0,003	0,005		
1RM supino (kg)	0,002	0,001	0,002	<0,001	-0,001	0,068			<0,001	0,675		
FR supino	0,178	0,002			-0,076	0,006	-0,084	0,001	-0,003	0,907		
1RM <i>legpress</i> (kg)	0,001	0,002			<0,001	0,197			<0,001	0,628		
FR <i>legpress</i>	0,046	0,016			-0,020	0,029			-0,015	0,114		
RM supino (rep)	-0,002	0,461			-0,004	0,010			-0,003	0,029		
RM <i>legpress</i> (rep)	-0,001	0,627			-0,001	0,504			-0,002	0,082		
Flex. (cm)	<0,001	0,864			-0,003	0,032			-0,003	0,040		

TAPSE=excursão no plano anular sistólico tricúspide; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

Tabela 11 - Regressão linear entre função do ventrículo direito avaliada na ventriculografia e aptidão física

Variáveis	Taxa diastólica final do VD (CFD/seg)				Taxa sistólica final do VD (CFD/seg)				Tempo da taxa diastólica final do VD (ms)			
	Simples		Múltipla (R²=0,061)		Simples		Múltipla (R²=0,082)		Simples		Múltipla (R²=0,060)	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
LAn (km/h)	0,034	0,054			-0,012	0,445			-0,847	0,737		
LCR (km/h)	0,037	0,019	0,037	0,019	-0,009	0,550			-1,445	0,525		
vVO ₂ (km/h)	0,035	0,026			-0,018	0,203			-1,211	0,590		
VO ₂ pico (ml.kg.min)	0,007	0,134			-0,004	0,344			-0,320	0,619		
1RM supino (kg)	0,001	0,597			0,002	0,219			0,349	0,063		
FR supino	0,078	0,519			0,148	0,182			32,582	0,056		
1RM <i>legpress</i> (kg)	<0,001	0,535			<0,001	0,249			0,133	0,029		
FR <i>legpress</i>	0,029	0,460			0,042	0,248			12,923	0,020*	12,923	0,020
RM supino (rep)	0,003	0,638			-0,014	0,017			-0,158	0,860		
RM <i>legpress</i> (rep)	-0,003	0,599			-0,013	0,006	-0,013	0,006	-0,282	0,716		
Flex. (cm)	0,010	0,005			0,003	0,582			0,401	0,615		

VD=ventrículo direito; 1RM=uma repetição máxima; FR=força relativa; RM= repetições máximas; rep=número de repetições; Flex=flexibilidade; LAn=limiar anaeróbio; LCR=limiar de compensação respiratória; VO₂pico=consumo máximo de oxigênio; vVO₂=velocidade correspondente ao VO₂pico.

5. Discussão

O objetivo do presente estudo foi avaliar a morfologia e função cardíaca, com foco no lado direito do coração dos grupos GF, GR e GC. Para tanto, além da morfofisiologia cardíaca, foram avaliadas as capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória, a fim de verificar a influência dessas capacidades sobre a estrutura e função do coração direito.

5.1 Morfologia e função cardíacas

Nossos dados mostraram que os atletas, tanto do GF quanto do GR, apresentaram dimensões cardíacas maiores do que o GC. Apesar de ser esperado que após alguns anos de treinamento intenso os atletas apresentem algum nível de hipertrofia cardíaca como adaptação fisiológica^{16, 31}, analisando a média dos grupos estudados no índice de massa ventricular esquerda e na espessura relativa da parede, ambos, GF e GR, apresentaram geometria cardíaca normal de acordo com as diretrizes da ASE^{49, 59}, corroborando evidências anteriores^{16, 37}.

Os aspectos funcionais, diastólicos e sistólicos, do lado direito e esquerdo do coração dos atletas do GF e GR, também se mostraram diferentes quando comparados ao GC, mantendo-se, no entanto, dentro dos padrões de normalidade na avaliação ecocardiográfica^{49, 59} e na VR^{63, 73}. Na avaliação funcional biventricular por VR, os atletas do GR apresentaram tempo da taxa sistólica final de VE e VD significativamente maior quando comparado ao GF e GC, provavelmente em consequência da bradicardia sinusal de repouso que o GR apresentou. No entanto, mais estudos com avaliação funcional do VE e VD por meio da VR em atletas são necessários. Apesar de haver diferença entre os grupos, todos apresentaram valores normais^{63, 73}

Comparando as dimensões do coração direito entre os grupos aqui estudados, notou-se que os atletas do GF apresentaram dimensões do VD significativamente maiores, enquanto que as dimensões do AD se mostraram maiores nos atletas do GR. Considerando as recomendações da ASE, o limite superior para o diâmetro transversal basal do VD é de 42 mm (4,2 cm)⁴⁹. Nossos resultados mostraram que a média do GF para esta variável foi de 4,7 cm, o que seria classificado como anormal. Entretanto, D'Ancenzi *et al.* (2017) publicaram uma importante metanálise com valores normativos para o coração direito de atletas, cujo o diâmetro transversal basal do VD pode chegar até 4,9 cm em atletas considerados saudáveis⁴⁸. Sendo assim, quando se trata da avaliação do coração direito de atletas é necessário utilizar valores normativos específicos para essa população, uma vez que a normatização aplicada para a população em geral pode induzir a diagnósticos equivocados em atletas, visto que estes apresentam remodelamento cardíaco fisiológico⁵⁰.

Além disso, Utomi *et al.* (2013) evidenciaram que a indexação das dimensões cardiológicas à ASC é necessária para fins de diagnóstico em atletas³⁹, lembrando que, no presente estudo, as dimensões do VD não estão indexadas à ASC, de acordo com as recomendações da ASE⁴⁹. Apesar dos atletas do GF apresentarem ASC significativamente maior do que o GR e o GC, não foram observadas alterações patológicas no VD.

Quando comparados ao GC, os atletas do GR também apresentaram dimensões de VD maiores. Contudo, o que chamou mais atenção nesse grupo foram as dimensões do AD, pois se mostraram significativamente maiores do que o GF e o GC. Apesar de aumentadas, as dimensões do AD no GR estão dentro dos

limites superiores para a população em geral de acordo com a ASE⁴⁹, bem como do que é esperado em atletas de resistência aeróbia⁴⁸.

O presente estudo evidenciou que tanto GF quanto GR apresentaram adaptações do coração direito ao treinamento. No entanto, as adaptações morfológicas de VD foram maiores no GF e de AD maiores no GR. Provavelmente isso demonstra uma adaptação cardiológica específica à modalidade de treinamento predominantemente praticada pelo atleta, visto que, o exercício de força, sobretudo o de alta intensidade, amplia o componente isométrico da contração muscular esquelética e, conseqüentemente, aumenta a resistência vascular periférica e alveolar impondo sobrecarga pressórica aos ventrículos, enquanto que o exercício aeróbio impõe sobrecarga volêmica ao miocárdio devido à grande quantidade de unidades motoras envolvidas na atividade¹⁶.

5.2 Capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória

A avaliação das capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória evidenciou diferenças significativas entre os grupos, pois, conforme esperado, os atletas do GR apresentaram melhor desempenho no teste cardiopulmonar, enquanto os atletas do GF apresentaram níveis de força mais elevados, demonstrando que os critérios de inclusão estabelecidos para a seleção dos participantes foram rigorosos o bastante para garantir uma amostra que representasse de maneira fidedigna a população investigada, uma vez que nosso foco foi verificar a hipótese de que as capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória influenciam na morfologia e função do coração direito.

5.3 Correlação entre morfologia e função cardíacas e aptidão física

Foram analisadas as correlações entre as variáveis cardiológicas e de aptidão física. Nossos resultados mostraram que as capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória se correlacionaram de maneira mais expressiva com os aspectos morfológicos do lado direito do coração, dos quais destacamos a correlação entre diâmetro transverso basal do VD e 1RM supino ($r = 0,616$ $p < 0,001$) e área do AD e vVO_2 pico ($r = 0,574$ $p < 0,001$), mostrando uma adaptação específica à modalidade praticada pelo atleta. Com objetivos semelhantes, Kasikcioglu *et al.* (2005) avaliaram 52 atletas e 43 sedentários, encontrando boa correlação entre índice de desempenho miocárdico avaliado pelo VD e VO_2 pico ($r = -0,61$ $p < 0,001$)⁷⁴. Ainda neste sentido, Christophe *et al.* (2009) avaliaram 46 indivíduos, sendo 24 atletas e 22 não atletas, e mostraram correlação entre função atrial e desempenho cardiopulmonar⁷⁵. No entanto, os dois estudos supracitados limitaram a avaliação da aptidão física ao teste cardiopulmonar, de modo que não foi possível avaliar a influência da capacidade neuromuscular sobre as adaptações cardiológicas induzidas pelo treinamento, bem como a influência da modalidade de treinamento sobre tais adaptações.

Considerando os aspectos funcionais cardíacos, nossos dados mostraram que o lado esquerdo do coração apresentou maior correlação com a aptidão física. Neste caso, destaca-se o tempo da taxa sistólica final do VE avaliado pela VR, que mostrou boa correlação com a vVO_2 pico ($r = 0,596$ $p < 0,001$), o que também pode ser explicado como adaptação ao treinamento aeróbio. No entanto, estudos futuros utilizando a VR para avaliar a função biventricular de atletas são necessários.

5.4 Influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito

Após a aplicação do coeficiente de correlação, a investigação foi aprofundada aplicando-se regressão linear simples e múltipla para avaliar a influência das capacidades neuromuscular e aeróbia sobre a morfologia e função do coração direito, uma vez que esse foi o foco central do presente estudo. Assim, observou-se que a vVO_2 pico influencia principalmente a área e o diâmetro menor do AD, ($R^2 = 0,462$ $\beta = 0,827$ $p < 0,001$) e ($R^2 = 0,387$ $\beta = 0,086$ $p < 0,001$), respectivamente, e que 1RM supino influencia principalmente o diâmetro transverso basal do VD ($R^2 = 0,497$ $\beta = 0,012$ $p < 0,001$). A vVO_2 pico também mostrou influência sobre o pico de velocidade da onda E tricúspide ($R^2 = 0,336$ $\beta = -0,017$ $p < 0,001$). Estes dados corroboram os achados de La Gerche *et al.* (2012), que avaliaram 55 indivíduos, sendo 15 não atletas, 32 atletas amadores e oito atletas de elite, concluindo que o VO_2 pico pode ser melhor predito pelos aspectos dimensionais cardíacos do que os aspectos funcionais, destacando-se que La Gerche *et al.* não avaliaram a capacidade neuromuscular⁷⁶. Por outro lado, Popovic *et al.* (2011) mostraram que a função sistólica do VD pode ser utilizada como preditor da capacidade funcional máxima, mas também não avaliaram a capacidade neuromuscular⁷⁷.

Steding *et al.* (2010) avaliaram 131 indivíduos, sendo 71 atletas (30 mulheres) e 60 controles (20 mulheres), e concluíram que o volume cardíaco total é um forte preditor do VO_2 pico ($R^2 = 0,74$ $\beta = 0,512$ $p < 0,001$). No entanto, vale ressaltar que o referido estudo utilizou ressonância magnética cardíaca e incluiu mulheres na amostra¹⁷.

Na mesma direção, Bernheim *et al.* (2013) concluíram que a área do VD no final da diástole pode prever o desempenho de triatletas amadores numa competição de longa distância ($R^2 = 0,64$ $\beta = -16,7$ $p < 0,003$), ou seja, quanto maior a área do VD menor o tempo para concluir o percurso da competição⁷⁸.

Com objetivos semelhantes aos do presente estudo, Lazic *et al.* (2019) avaliaram 352 atletas jovens ($19,6 \pm 3,4$ anos), sendo 160 jogadores de futebol, 92 jogadores de polo aquático e 100 jogadores de basquetebol, e verificaram que as adaptações de VD e AD são diferentes de acordo com a modalidade praticada e que essas adaptações cardiológicas estão associadas ao $VO_{2\text{pico}}$. Entretanto, assim como os demais estudos citados nessa discussão, a capacidade neuromuscular não foi avaliada⁵¹.

Sendo assim, o presente estudo se diferencia dos demais por ter avaliado a capacidade neuromuscular. Além disso, a comparação entre atletas de força, resistência aeróbia e grupo controle contribuiu para elucidar tanto as adaptações cardiológicas ao treinamento quanto a influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito.

5.5 Limitações

Neste estudo apenas homens foram incluídos, portanto, os resultados aqui apresentados não podem ser extrapolados para mulheres.

A avaliação ecocardiográfica não contou com Doppler tecidual, o que limitou a investigação de alguns aspectos funcionais cardíacos. No entanto, foi feita

a avaliação do fluxo venoso pulmonar, complementando assim a análise da função diastólica. Além disso, o estudo incluiu a ventriculografia radioisotópica, que ofereceu informações adicionais importantes na avaliação da função biventricular.

Os atletas do GR apresentaram média de idade superior ao GF e ao GC, tornando os grupos diferentes nesse aspecto. Entretanto, ao compararmos as variáveis de treinamento não observamos diferenças entre o GF e GR, o que torna os grupos comparáveis. Além disso, todos os atletas aqui estudados estavam em atividade ininterrupta há pelo menos três anos.

6. Conclusão

6.1 Morfologia e função cardíacas

Diante dos dados apresentados conclui-se que os atletas do GF e do GR apresentaram adaptações cardíacas morfológicas e funcionais, tanto do lado esquerdo quanto do lado direito do coração, quando comparados ao GC. Essas adaptações se diferenciam de acordo com a modalidade de treinamento predominantemente praticada pelo atleta.

Considerando o lado esquerdo do coração, as dimensões cardíacas dos atletas do GF, bem como dos atletas do GR, são significativamente maiores quando comparadas ao GC. No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos de atletas avaliados nesse estudo. Além disso, apesar de aumentadas, as dimensões cardíacas desses atletas estão dentro dos padrões de normalidade.

Quando se trata do lado direito do coração, observou-se que os dois grupos de atletas possuem dimensões cardíacas significativamente maiores do que o GC. Além disso, foram evidenciadas diferenças significativas entre os grupos de atletas, visto que as dimensões do VD são maiores no GF e as dimensões do AD são maiores nos atletas do GR.

As adaptações funcionais cardíacas induzidas pelo treinamento se mostraram mais expressivas nos atletas do GR. Contudo, tanto os grupos de atletas quanto o GC desse estudo se enquadram nos padrões de normalidade para função sistólica e diastólica. Na VR foi observado que o tempo da taxa sistólica do VE e VD foi significativamente maior nos atletas do GR, o que provavelmente se explica pela bradicardia sinusal de repouso que este grupo apresentou.

6.2 Capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória

Os atletas do GF apresentaram níveis de força mais elevados e os atletas do GR apresentaram melhor desempenho no teste cardiopulmonar, mostrando diferenças significativas tanto nas comparações com o GC quanto nas comparações entre GF e GR, ou seja, a seleção dos participantes desse estudo foi criteriosa o bastante e garantiu uma amostra que representou fidedignamente as populações investigadas.

6.3 Correlação entre morfologia e função cardíaca e aptidão física

Foi observada correlação da morfologia e função cardíaca com as capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória. As correlações mais expressivas foram observadas entre as dimensões do VD e força muscular, tanto de membros superiores quanto inferiores, e entre as dimensões do AD e aptidão cardiorrespiratória.

Considerando a avaliação funcional biventricular por VR, foi observada correlação expressiva apenas entre o tempo da taxa sistólica final do VE e desempenho no teste cardiopulmonar.

6.4 Influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia e função do coração direito

Foi evidenciado que há influência da capacidade neuromuscular e do consumo de oxigênio na morfologia do coração direito de atletas de força e de resistência aeróbia. Entretanto, os dados do presente estudo não mostraram a mesma influência sobre os aspectos funcionais do coração direito, o que talvez

possa ser encontrado considerando variáveis funcionais cardíacas não avaliadas no presente estudo.

Por fim, os dados aqui apresentados sugerem que em atletas de força e de resistência aeróbia é possível prever as dimensões do VD e AD por meio das capacidades neuromuscular e cardiorrespiratória, as quais podem ser avaliadas utilizando-se testes de aptidão física simples e de baixo custo. No entanto, estudos futuros são necessários para validação desses métodos preditivos.

Referências

1. Brandao MU, Wajngarten M, Rondon E, Giorgi MC, Hironaka F, Negrao CE. *Left ventricular function during dynamic exercise in untrained and moderately trained subjects.* **J Appl Physiol.** 1993;75(5):1989-95.
2. D'Andrea A, Caso P, Severino S, Galderisi M, Sarubbi B, Limongelli G, et al. *Effects of different training protocols on left ventricular myocardial function in competitive athletes: a Doppler tissue imaging study.* **Ital Heart J.** 2002;3(1):34-40.
3. Menapace FJ, Hammer WJ, Ritzer TF, Kessler KM, Warner HF, Spann JF, et al. *Left ventricular size in competitive weight lifters: an echocardiographic study.* **Med Sci Sports Exerc.** 1982;14(1):72-5.
4. Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan MA, Spirito P. *The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes.* **N Engl J Med.** 1991;324(5):295-301.
5. Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. *The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function.* **Circulation.** 2000;101(3):336-44.
6. Spirito P, Pelliccia A, Proschan MA, Granata M, Spataro A, Bellone P, et al. *Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports.* **Am J Cardiol.** 1994;74(8):802-6.
7. McArdle WD. *Fisiologia do Exercício - Energia, Nutrição e Desempenho Humano.* 6 ed. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A.;** 2008. 1099 p.
8. McGuire DK, Levine BD, Williamson JW, Snell PG, Blomqvist CG, Saltin B, et al. *A 30-year follow-up of the Dallas Bedrest and Training Study: II. Effect of age on cardiovascular adaptation to exercise training.* **Circulation.** 2001;104(12):1358-66.
9. Nottin S, Nguyen LD, Terbah M, Obert P. *Left ventricular function in endurance-trained children by tissue Doppler imaging.* **Med Sci Sports Exerc.** 2004;36(9):1507-13.
10. George KP, Wolfe LA, Burggraf GW. *The 'athletic heart syndrome'. A critical review.* **Sports Med.** 1991;11(5):300-30.
11. Pelliccia A, Thompson PD. *The genetics of left ventricular remodeling in competitive athletes.* **J Cardiovasc Med (Hagerstown).** 2006;7(4):267-70.
12. Hoogsteen J, Hoogeveen A, Schaffers H, Wijn PF, van Hemel NM, van der Wall EE. *Myocardial adaptation in different endurance sports: an echocardiographic study.* **Int J Cardiovasc Imaging.** 2004;20(1):19-26.
13. Nottin S, Nguyen LD, Terbah M, Obert P. *Long-term endurance training does not prevent the age-related decrease in left ventricular relaxation properties.* **Acta Physiol Scand.** 2004;181(2):209-15.

-
14. Whyte GP, George K, Sharma S, Firoozi S, Stephens N, Senior R, et al. *The upper limit of physiological cardiac hypertrophy in elite male and female athletes: the British experience.* **Eur J Appl Physiol.** 2004;92(4-5):592-7.
 15. Strauss HC, Bigger JT, Saroff AL, Giardina EG. *Electrophysiologic evaluation of sinus node function in patients with sinus node dysfunction.* **Circulation.** 1976;53(5):763-76.
 16. Muhl C, Dassen WR, Kuipers H. *Cardiac remodelling: concentric versus eccentric hypertrophy in strength and endurance athletes.* **Neth Heart J.** 2008;16(4):129-33.
 17. Steding K, Engblom H, Buhre T, Carlsson M, Mosen H, Wohlfart B, et al. *Relation between cardiac dimensions and peak oxygen uptake.* **J Cardiovasc Magn Reson.** 2010;12:8.
 18. Barbier J, Ville N, Kervio G, Walther G, Carre F. *Sports-specific features of athlete's heart and their relation to echocardiographic parameters.* **Herz.** 2006;31(6):531-43.
 19. Fagard RH. *Athlete's heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience.* **Int J Sports Med.** 1996;17 Suppl 3:S140-4.
 20. Goodman JM, Liu PP, Green HJ. *Left ventricular adaptations following short-term endurance training.* **J Appl Physiol.** 2005;98(2):454-60.
 21. Dart AM, Meredith IT, Jennings GL. *Effects of 4 weeks endurance training on cardiac left ventricular structure and function.* **Clin Exp Pharmacol Physiol.** 1992;19(11):777-83.
 22. Matsuo S, Nakamura Y, Takahashi M, Matsui T, Kusukawa J, Yoshida S, et al. *Cardiac sympathetic dysfunction in an athlete's heart detected by ¹²³I-metaiodobenzylguanidine scintigraphy.* **Jpn Circ J.** 2001;65(5):371-4.
 23. Gustafsson F, Ali S, Hanel B, Toft JC, Secher NH. *The heart of the senior oarsman: an echocardiographic evaluation.* **Med Sci Sports Exerc.** 1996;28(8):1045-8.
 24. Palka P, Lange A, Nihoyannopoulos P. *The effect of long-term training on age-related left ventricular changes by Doppler myocardial velocity gradient.* **Am J Cardiol.** 1999;84(9):1061-7.
 25. Maron BJ, Pelliccia A, Spataro A, Granata M. *Reduction in left ventricular wall thickness after deconditioning in highly trained Olympic athletes.* **Br Heart J.** 1993;69(2):125-8.
 26. Obert P, Mandigout S, Vinet A, N'Guyen LD, Stecken F, Courteix D. *Effect of aerobic training and detraining on left ventricular dimensions and diastolic function in prepubertal boys and girls.* **Int J Sports Med.** 2001;22(2):90-6.

-
27. Cavallaro V, Petretta M, Betocchi S, Salvatore C, Morgano G, Bianchi V, et al. *Effects of sustained training on left ventricular structure and function in top level rowers.* **Eur Heart J.** 1993;14(7):898-903.
28. Gamelin FX, Berthoin S, Sayah H, Libersa C, Bosquet L. *Effect of training and detraining on heart rate variability in healthy young men.* **Int J Sports Med.** 2007;28(7):564-70.
29. Maron BJ. *Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography.* **J Am Coll Cardiol.** 1986;7(1):190-203.
30. Vinereanu D, Florescu N, Sculthorpe N, Tweddel AC, Stephens MR, Fraser AG. *Differentiation between pathologic and physiologic left ventricular hypertrophy by tissue Doppler assessment of long-axis function in patients with hypertrophic cardiomyopathy or systemic hypertension and in athletes.* **Am J Cardiol.** 2001;88(1):53-8.
31. Ghorayeb N, Batlouni M, Pinto IM, Dioguardi GS. *[Left ventricular hypertrophy of athletes: adaptative physiologic response of the heart].* **Arq Bras Cardiol.** 2005;85(3):191-7.
32. Achar S, Rostamian A, Narayan SM. *Cardiac and metabolic effects of anabolic-androgenic steroid abuse on lipids, blood pressure, left ventricular dimensions, and rhythm.* **Am J Cardiol.** 2010;106(6):893-901.
33. Hassan NA, Salem MF, Sayed MA. *Doping and effects of anabolic androgenic steroids on the heart: histological, ultrastructural, and echocardiographic assessment in strength athletes.* **Hum Exp Toxicol.** 2009;28(5):273-83.
34. Urhausen A, Albers T, Kindermann W. *Are the cardiac effects of anabolic steroid abuse in strength athletes reversible?* **Heart.** 2004;90(5):496-501.
35. Azevedo LF, Brum PC, Roseblatt D, Perlingeiro Pde S, Barretto AC, Negrao CE, et al. *Cardiac and metabolic characteristics in long distance runners of sport and exercise cardiology outpatient facility of a tertiary hospital.* **Arq Bras Cardiol.** 2007;88(1):17-25.
36. De Luca A, Stefani L, Pedrizzetti G, Pedri S, Galanti G. *The effect of exercise training on left ventricular function in young elite athletes.* **Cardiovasc Ultrasound.** 2011;9:27.
37. Miranda DP, dos Santos MJ, Salemi VM, de Oliveira EP, Verberne HJ, da Rocha ET. *Differential effects of variation in athletes training on myocardial morphophysiological adaptation in men: focus on (1)(2)(3)I-MIBG assessed myocardial sympathetic activity.* **J Nucl Cardiol.** 2014;21(3):570-7.
38. Obert P, Stecken F, Courteix D, Lecoq AM, Guenon P. *Effect of long-term intensive endurance training on left ventricular structure and diastolic function in prepubertal children.* **Int J Sports Med.** 1998;19(2):149-54.

-
39. Utomi V, Oxborough D, Whyte GP, Somauroo J, Sharma S, Shave R, et al. *Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart.* **Heart.** 2013;99(23):1727-33.
40. Major Z, Csajagi E, Kneffel Z, Kovats T, Szauder I, Sido Z, et al. *Comparison of left and right ventricular adaptation in endurance-trained male athletes.* **Acta Physiol Hung.** 2015;102(1):23-33.
41. Sitges M, Merino B, Butakoff C, de la Garza MS, Pare C, Montserrat S, et al. *Characterizing the spectrum of right ventricular remodelling in response to chronic training.* **Int J Cardiovasc Imaging.** 2017;33(3):331-9.
42. Maron BJ, Maron BA. *Revisiting Athlete's Heart Versus Pathologic Hypertrophy: ARVC and the Right Ventricle.* **JACC Cardiovasc Imaging.** 2017;10(4):394-7.
43. Sanz-de la Garza M, Giraldeau G, Marin J, Grazioli G, Esteve M, Gabrielli L, et al. *Influence of gender on right ventricle adaptation to endurance exercise: an ultrasound two-dimensional speckle-tracking stress study.* **Eur J Appl Physiol.** 2017;117(3):389-96.
44. Scopus. Eijsvogels TMH, Fernandez AB, Thompson PD. *Are there deleterious cardiac effects of acute and chronic endurance exercise?* **Physiological Reviews.** 2016;96(1):1-2.
45. Scopus. Heidbüchel H, La Gerche A. *The right heart in athletes: Evidence for exercise-induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy.* **Herzschrittmachertherapie und Elektrophysiologie.** 2012;23(2):82-6.
46. Medline. Bauce B, Frigo G, Benini G, Michieli P, Basso C, Folino AF, et al. *Differences and similarities between arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and athlete's heart adaptations.* **British journal of sports medicine.** 2010;44(2):148-54.
47. D'Andrea A, La Gerche A, Golia E, Teske AJ, Bossone E, Russo MG, et al. *Right heart structural and functional remodeling in athletes.* **Echocardiography.** 2015;32 Suppl 1:S11-22.
48. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Solari M, Piu P, Loiacono F, Anselmi F, et al. *Normative Reference Values of Right Heart in Competitive Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis.* **J Am Soc Echocardiogr.** 2017;30(9):845-58.e2.
49. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. *Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography.* **J Am Soc Echocardiogr.** 2010;23(7):685-713; quiz 86-8.
50. D'Ascenzi F, Pisicchio C, Caselli S, Di Paolo FM, Spataro A, Pelliccia A. *RV Remodeling in Olympic Athletes.* **JACC Cardiovasc Imaging.** 2017;10(4):385-93.

-
51. Embase Medline. Lazic JS, Tadic M, Antic M, Radovanovic D, Nestic D, Rakocevic R, et al. *The relationship between right heart and aerobic capacity in large cohort of young elite athletes*. **International Journal of Cardiovascular Imaging**. 2019.
52. Hulley SBea. *Delineando a pesquisa clínica: Uma abordagem epidemiológica*. 3, editor2008. 384 p.
53. Jackson ASP, M. *Practical assessment of body composition*. **The physical and sports medicine**. 1985:2.
54. Rocha JML. *Peso ósseo do brasileiro de ambos os sexos. (VON DÖBLEN, modificado por Rocha, 1975)*. **Arquivos de Anatomia e Antropologia**. 1975;1(445).
55. CHARRO MAB, R. F. P.; NAVARRO, F.; PONTER JUNIOR, F. L., editor. *Manual de avaliação física*. **São Paulo**2010.
56. Anjos LA. *Índice de massa corporal (massa corporal.estatura-2) como indicador do estado nutricional de adultos: revisão da literatura*. **Revista de Saúde Pública**. 1992;26:431-6.
57. Du Bois E, Du Bois EF. *A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known*. 1916. **Nutrition**. 1989;5:303-11.
58. Quételet A. *Antropométrie ou mesure des différentes facultés de l'homme*. Bruxelles, C. Muquardt. 1870.
59. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, 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*. **J Am Soc Echocardiogr**. 2015;28(1):1-39.e14.
60. Bontemps L, Merabet Y, Chevalier P, Itti R. *Clinical validation of the planar radionuclide ventriculography in patients with right ventricular dysfunction*. **Rev Esp Med Nucl Imagen Mol**. 2013;32(6):364-70.
61. Sanz J, Conroy J, Narula J. *Imaging of the right ventricle*. **Cardiol Clin**. 2012;30(2):189-203.
62. van der Maas N, Braam RL, van der Zaag-Loonen HJ, Meerman J, Cozijnsen L, Scholte AJ. *Right ventricular ejection fraction measured by multigated planar equilibrium radionuclide ventriculography is an independent prognostic factor in patients with ischemic heart disease*. **J Nucl Cardiol**. 2012;19(6):1162-9.
63. Hesse B, Lindhardt TB, Acampa W, Anagnostopoulos C, Ballinger J, Bax JJ, et al. *EANM/ESC guidelines for radionuclide imaging of cardiac function*. **Eur J Nucl Med Mol Imaging**. 2008;35(4):851-85.

-
64. Carlsen O. *A new, simple and precise method for the determination of right ventricle forward ejection fraction in first-pass radionuclide cardiography*. **Nucl Med Commun**. 1989;10(12):879-90.
65. Johnson LL, Lawson MA, Blackwell GG, Tauxe EL, Russell K, Dell'Italia LJ. *Optimizing the method to calculate right ventricular ejection fraction from first-pass data acquired with a multicrystal camera*. **J Nucl Cardiol**. 1995;2(5):372-9.
66. Pfisterer ME, Battler A, Zaret BL. *Range of normal values for left and right ventricular ejection fraction at rest and during exercise assessed by radionuclide angiocardiology*. **Eur Heart J**. 1985;6(8):647-55.
67. Corbett JR, Akinboboye OO, Bacharach SL, Borer JS, Botvinick EH, DePuey EG, et al. *Equilibrium radionuclide angiocardiology*. **J Nucl Cardiol**. 2006;13(6):e56-79.
68. Thom AF, Smanio PEP, editors. *Medicina Nuclear em Cardiologia - da Metodologia à Clínica*. 1ª ed. **São Paulo - SP: Atheneu**; 2007.
69. ACMS, editor. *Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde*. **Rio de Janeiro**2011.
70. Cesareo KR, Mason JR, Saracino PG, Morrissey MC, Ormsbee MJ. *The effects of a caffeine-like supplement, TeaCrine(R), on muscular strength, endurance and power performance in resistance-trained men*. 2019;16(1):47.
71. Wells KF DE. *Katharine F. Wells & Evelyn K. Dillon (1952) The Sit and Reach—A Test of Back and Leg Flexibility, Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*. 2013;23(1):115-8.
72. Bertucci DR, Sousa NMF PG, Papini CB, Souza GS, Albano DP, Togashi GB, Perez SEA, Baldissera V. *Protocol choice influences cardiopulmonary outcomes in type 2 diabetes patients*. **Journal of Exercise Physiology online**. 2016;19(2):11.
73. Reuvekamp EJ, Bulten BF, Nieuwenhuis AA, Meekes MR, de Haan AF, Tol J, et al. *Does diastolic dysfunction precede systolic dysfunction in trastuzumab-induced cardiotoxicity? Assessment with multigated radionuclide angiography (MUGA)*. **J Nucl Cardiol**. 2016;23(4):824-32.
74. Embase
Medline. Kasikcioglu E, Oflaz H, Akhan H, Kayserilioglu A. *Right ventricular myocardial performance index and exercise capacity in athletes*. **Heart and Vessels**. 2005;20(4):147-52.
75. Embase
Medline. Christophe C, Chodek-Hingray A, Pruna A, Bruntz JF, Chometon F, Groben L, et al. *Correlation between atrial function and functional capacity in highly trained subjects*. **Annales de Cardiologie et d'Angéiologie**. 2009;58(3):144-50.

-
76. La Gerche A, Burns AT, Taylor AJ, Macisaac AI, Heidbuchel H, Prior DL. *Maximal oxygen consumption is best predicted by measures of cardiac size rather than function in healthy adults.* **Eur J Appl Physiol.** 2012;112(6):2139-47.
77. Medline. Popovic D, Damjanovic S, Markovic V, Vujisic-Tesic B, Petrovic M, Nedeljkovic I, et al. *Systolic right ventricular adaptive changes in athletes as predictors of the maximal functional capacity: A pulsed tissue Doppler study.* **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.** 2011;51(3):452-61.
78. Medline. Bernheim AM, Attenhofer Jost CH, Zuber M, Pfyffer M, Seifert B, De Pasquale G, et al. *Right ventricle best predicts the race performance in amateur ironman athletes.* **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 2013;45(8):1593-9.

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME: :.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº

..... APTO:

BAIRRO: CIDADE

.....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)

.....

2. RESPONSÁVEL LEGAL

.....

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO: Nº APTO:

.....

BAIRRO: CIDADE:

.....

CEP: TELEFONE: DDD

(.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: INFLUÊNCIA DA CAPACIDADE NEUROMUSCULAR E DO CONSUMO DE OXIGÊNIO NA MORFOLOGIA E FUNÇÃO DO CORAÇÃO DIREITO DE ATLETAS DE FORÇA E DE RESISTÊNCIA.

PESQUISADOR: DOUGLAS PINHEIRO MIRANDA

CARGO/FUNÇÃO: ALUNO PÓS GRADUAÇÃO

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 040736-G/SP (CREF)

UNIDADE DO HCFMUSP: INCOR

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO RISCO MAIOR

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 48 MESES

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Você está sendo convidado(a) a participar deste estudo que está vinculado ao programa de pós-graduação (Doutorado) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – Instituto do coração (InCor) e que será realizado no Hospital de Câncer de Barretos - Fundação Pio XII. Este Termo de Consentimento explica porque este estudo está sendo realizado e qual será a sua participação, caso você aceite o convite. Este documento também descreve os possíveis riscos e benefícios se você quiser participar. Após analisar as informações com a pessoa que explica este Termo de Consentimento, e esclarecer suas dúvidas, você deverá ter o conhecimento necessário para tomar uma decisão esclarecida sobre sua participação ou não neste estudo.

JUSTIFICATIVA PARA O ESTUDO

Quando o exercício físico é praticado regularmente, promove algumas mudanças positivas no tamanho e no funcionamento do coração, além de melhorar a aptidão física do praticante, como por exemplo, aumento da força muscular e da capacidade cardiorrespiratória. Estudar estas mudanças provocadas pelo exercício físico pode ajudar a melhorar os programas de exercício para diversos objetivos, tais como melhora do condicionamento físico, prevenção ou reabilitação de doenças cardíacas.

Neste estudo serão avaliadas 90 pessoas entre homens e mulheres, divididos em três grupos de 30 pessoas, sendo: 30 atletas de musculação, 30 corredores de longa distância ou triatletas e 30 indivíduos não atletas. Nós vamos comparar os resultados de um grupo com o outro e relacionar os exames cardiológicos com os testes de aptidão física.

Os exames serão realizados do Hospital de Câncer de Barretos e os testes físicos serão realizados no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (Unifeb).

Será necessário um dia (manhã e tarde) para realização de todos os procedimentos.

OBJETIVO DO ESTUDO

Estudar a estrutura e o funcionamento do coração de indivíduos previamente submetidos a diferentes modalidades de treinamento físico, a fim de compreender melhor as adaptações cardiológicas provenientes da prática regular e vigorosa de exercícios.

PROCEDIMENTOS

Inicialmente o (a) senhor(a) passará por uma avaliação clínica feita por um médico cardiologista, durante a qual será aplicado questionário sobre o histórico pessoal e familiar (anamnese), aferição da pressão arterial e ausculta cardíaca. Em seguida será realizado uma bateria de exames cardiológicos, a começar pelo eletrocardiograma de repouso, seguido por ecocardiograma (ultrassom do coração), cintilografia do coração (exame de imagem parecido com Raio X). Todos os procedimentos citados acima serão realizados no Hospital de Câncer de Barretos. Assim que esses exames forem concluídos, o (a) senhor(a) será encaminhado(a) ao Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (Unifeb) para realização dos testes de força muscular e de capacidade cardiorrespiratória (realizado em esteira ergométrica). Um dia será suficiente para realização de todos os procedimentos.

RISCOS E DESCONFORTOS PARA OS PARTICIPANTES

Todos os exames que serão realizados são seguros e utilizados frequentemente para fins diagnósticos, porém, é importante enfatizar que para a realização da cintilografia é necessário tomar uma injeção com um elemento radioativo cuja dose é pequena, mas adequada para realização de exames diagnósticos. Este exame não oferece riscos para o senhor(a) e nem para as pessoas próximas, não provoca reações indesejáveis nem alérgicas, mas o local da injeção pode, raramente, inflamar. Depois da injeção, o (a)

senhor(a) passará por um aparelho que não lhe incomodará nem encostará em seu corpo. Por fim, é importante reforçar que este tipo de exame é tão seguro que é rotineiramente realizado também em crianças.

O teste de força muscular pode provocar um cansaço natural no momento da realização e, em alguns casos, pode ocorrer uma pequena dor muscular no dia seguinte. Já o teste cardiorrespiratório, que será realizado na esteira ergométrica, é exaustivo, pois exige esforço máximo. No entanto, poderá ser interrompido caso o (a) senhor(a) solicitar.

BENEFÍCIOS ESPERADOS

Ao participar deste estudo o (a) senhor(a) terá acesso gratuito a exames e avaliações cardiológicas importantes para a prevenção de doenças cardíacas. Além disso, outras pessoas poderão se beneficiar dos resultados deste estudo, tanto no diagnóstico e tratamento de doenças cardíacas quanto na prevenção das mesmas.

LIBERDADE DE RECUSA

A sua participação neste estudo é voluntária e não é obrigatória. Você pode aceitar participar do estudo e depois desistir a qualquer momento sem que tenha qualquer prejuízo. Você também poderá pedir a qualquer momento que as suas informações sejam excluídas completamente deste estudo e que elas não sejam usadas para mais nada.

GARANTIA DE SIGILO

O pesquisador tomará todas as medidas para manter suas informações pessoais (como nome, endereço e outras) em sigilo. Durante todo o estudo e mesmo depois que terminar, quando os resultados deste estudo forem publicados em revistas científicas ou apresentados em congressos ou reuniões, a sua identidade será guardada em segredo, não sendo revelada qualquer informação a seu respeito que possa identificar você publicamente. Contudo, durante o estudo, algumas pessoas do Hospital de Câncer de Barretos ou do Instituto do coração, envolvidas diretamente na pesquisa, poderão ter acesso aos seus dados. Mesmo assim, os seus dados serão preservados e não serão divulgados publicamente.

CUSTOS, REMUNERAÇÃO E INDENIZAÇÃO

A participação neste estudo não terá custos a mais para você. Além disso, você terá acesso aos resultados de todos os exames realizados neste estudo gratuitamente. Os custos relacionados diretamente com o estudo serão pagos pela(s) instituição(ões) que está(ão) participando deste estudo. Também não haverá qualquer tipo de pagamento devido à sua participação (mesmo que haja patentes ou descobertas). Se você sofrer algum dano a sua saúde como resultado da sua participação nesse estudo, você terá direito a reclamar indenização e receberá todo o tratamento pelo tempo que for necessário e de forma gratuita. Você poderá ser ressarcido pelos gastos com alimentação e transporte no dia da consulta e dos exames. Ao assinar este Termo de Consentimento, você não perderá nenhum direito, inclusive o de obter indenização por dano a sua saúde se isto acontecer.

GARANTIA DE ACESSO E ESCLARECIMENTOS ADICIONAIS

Você poderá tirar qualquer dúvida sobre o estudo, fazer críticas, sugestões e reclamações diretamente com os pesquisadores, Prof. Douglas Pinheiro Miranda no telefone (11) 970786773 ou (17) 981129161 ou email: douglas@pinheimiranda.com, que pode ser encontrado no endereço: Laboratório de Avaliação Física e Fisiologia do Exercício (LAFEX/ Unifeb) Avenida Professor Roberto Frade Monte, 389, CEP: 14783-226, Barretos-SP. Dúvidas sobre a ética em pesquisa, entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CEP-FMUSP): **Av. Dr. Arnaldo, 251 - Cerqueira César - São Paulo - SP -21º andar – sala 36- CEP: 01246-000** Tel: 3893-4401/4407 E-mail: cep.fm@usp.br .

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “INFLUÊNCIA DA CAPACIDADE NEUROMUSCULAR E DO CONSUMO DE OXIGÊNIO NA MORFOLOGIA E FUNÇÃO DO CORAÇÃO DIREITO DE ATLETAS DE FORÇA E DE RESISTÊNCIA AERÓBIA.”. Eu discuti com o Prof. Douglas Pinheiro Miranda sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal Data ____ / ____ / ____

Assinatura da testemunha Data ____ / ____ / ____

para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo Data ____ / ____ / ____