



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
FACULDADE DE MEDICINA  
INSTITUTO DO CORAÇÃO EDSON SAAD

**DIEGO PORTO DE ALMEIDA**

AVALIAÇÃO POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DO  
REMODELAMENTO CARDÍACO EM  
PRATICANTES AMADORES DE TRIATLO

RIO DE JANEIRO

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
FACULDADE DE MEDICINA  
INSTITUTO DO CORAÇÃO EDSON SAAD

AVALIAÇÃO POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DO  
REMODELAMENTO CARDÍACO EM PRATICANTES AMADORES DE  
TRIATLO

DIEGO PORTO DE ALMEIDA

Dissertação submetida ao Corpo Docente da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Cardiovasculares.

Orientadores: Prof. Dr. Ronaldo de Souza Leão Lima  
Dr. Ilan Gottlieb

RIO DE JANEIRO

2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

Almeida, Diego Porto

Avaliação do remodelamento cardíaco em praticantes amadores de triatlo por ressonância magnética/ Diego Porto de Almeida. Rio de Janeiro: UFRJ / Faculdade de Medicina, 2016. P447a, 56f.

Orientadores: Ronaldo de Souza Leão Lima e Ilan Gottlieb.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Medicina (Cardiologia / Ciências Cardiovasculares), 2016.

Referências bibliográficas: f.49-56.

1. Remodelamento Cardíaco. 2. Ressonância Magnética. 3. Triatlo. 4. Atletas amadores. 5. Coração de atleta - Tese I. Lima, Ronaldo de Souza Leão. II. Gottlieb, Ilan. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Medicina, Pós-Graduação em Medicina (Cardiologia / Ciências Cardiovasculares). IV. Título.

# AVALIAÇÃO DO REMODELAMENTO CARDÍACO EM PRATICANTES AMADORES DE TRIATLO POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Diego Porto de Almeida

Orientadores: Prof. Dr. Ronaldo de Souza Leão Lima e Dr. Ilan Gottlieb

Dissertação submetida ao Corpo Docente da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Cardiovasculares.

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Michel Silva Reis

---

Prof. Dr. Marcia Garnica Maiolino

---

Prof. Dr. Gustavo Luiz Gouvêa Almeida Junior

Rio de Janeiro  
2016

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RM	Ressonância Magnética
SCMR	<i>Society for Cardiovascular Magnetic Resonance</i>
FEVE	Fração de ejeção do ventrículo esquerdo
FEVD	Fração de ejeção do ventrículo direito
VDF	Volume diastólico final do ventrículo esquerdo
VSF	Volume sistólico final do ventrículo esquerdo
VEJ	Volume ejetivo do ventrículo esquerdo
VAE	Volume do átrio esquerdo
VDFVD	Volume diastólico final do ventrículo direito
M	Massa do ventrículo esquerdo
S	Espessura do septo
PL	Espessura da parede lateral
VE	Ventrículo Esquerdo
ERP	Espessura relativa de parede
IR	Índice de Remodelamento
RMC	Ressonância Magnética Cardíaca

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1	Número de incidentes fatais nos Estados Unidos no período de 2003 à 2011, divididos por modalidade	21
Figura 2	Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância <i>ironman</i> ®, organizados pela chancela <i>ironman</i> ®, de 2012 até 2015	22
Figura 3	Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância <i>half-ironman</i> ®, organizados pela chancela <i>ironman</i> ®, de 2012 até 2015	24
Figura 4	Imagens representativas da sequência de cine-RM, cortes em eixo curto e longo de realização das medidas cardíacas	29
Figura 5	Imagens representativas da medição do VAE em corte apical quatro e duas câmaras	30
Tabela 1	Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância <i>ironman</i> ® (3,8km de natação, 180km de ciclismo e 42km de corrida), organizados pela chancela <i>ironman</i> ®, nos anos de 2012 e 2015	22
Tabela 2	Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância <i>half-ironman</i> ® (1,9km de natação, 90km de ciclismo e 21km de corrida), organizados pela chancela <i>ironman</i> ®, nos anos de 2012 e 2015	23
Tabela 3	Dados demográficos dos triatletas amadores e controles	34
Tabela 4	Índices volumétricos e de massa dos triatletas amadores e controles	
Tabela 5	Espessura relativa de parede, índice de massa do VE indexada por superfície corporal e índice de remodelamento de todos os triatletas amadores	39
Tabela 6	Grau de relacionamento das variáveis, coeficiente de correlação e nível de significância	41

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Expõe os Índices volumétricos indexados por superfície corporal e a diferença percentual para o grupo controle	36
Gráfico 2	Expõe as frações de ejeção do ventrículo esquerdo e direito e a diferença percentual para o grupo controle	36
Gráfico 3	Expõe os Índices de massa, septo e parede lateral e a diferença percentual para o grupo controle	37
Gráfico 4	Expõe o percentual de triatletas que tiveram suas variáveis cardíacas acima dos limites superiores dos valores de referência para o exame de RM cardíaca em adultos	37
Gráfico 5	Relacionamento da ERP com o índice massa do VE dos triatletas	38
Gráfico 6	Espessura Relativa de Parede	40
Gráfico 7	Índice de Remodelamento	40
Gráfico 8	Correlação do VEJ indexado com o volume de treinamento	42
Gráfico 9	Correlação do VDF index com o volume de treinamento	43
Gráfico 10	Correlação da FEVE com o volume de treinamento	43
Gráfico 11	Correlação do Septo com o volume de treinamento	44

## RESUMO

### AVALIAÇÃO DO REMODELAMENTO CARDÍACO EM PRATICANTES AMADORES DE TRIATLO POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

DIEGO PORTO DE ALMEIDA, RONALDO LEÃO, ILAN GOTTLIEB

Universidade Federal do Rio de Janeiro, RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL

**Introdução:** O triatlo vem apresentando um aumento exponencial no número de praticantes após ser incluído nas Olimpíadas de Sidney em 2000. É um esporte relativamente recente e sobre o qual se produziu pouca documentação com relação ao remodelamento cardíaco (RC) que possa desencadear em seus atletas. O presente estudo busca identificar e descrever as características do RC que possa estar relacionado à prática do triatlo de *endurance* por atletas amadores.

**Objetivo:** Comparar índices estruturais e funcionais cardíacos entre triatletas amadores (TA) com indivíduos saudáveis não praticantes do esporte (GC), obtidos a partir de exame de ressonância magnética cardíaca (RMC). Identificar se há uma correlação dos índices com o volume de treinamento aeróbico semanal dos triatletas

**Métodos:** Os TA foram definidos por questionário estruturado. Foram submetidos à RMC, em aparelho de 1,5 tesla, 21 TA e 20 GC. As imagens foram avaliadas em softwares específicos por dois médicos examinadores experientes, sendo adotada a média dos valores. Foram avaliados fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) e direito (FEVD), volumes diastólico (VDF), sistólico finais (VSF) e ejetivo (VEJ) do ventrículo esquerdo, volume do átrio esquerdo (VAE), volume diastólico final do ventrículo direito (VD) massa do VE (M), espessura do septo (S) e da parede lateral (PL). Todos os valores volumétricos e de massa foram indexados pela superfície corporal..

**Resultados:** Dos 41 participantes (36,1±6,5 anos), 28 (68,3%) eram do sexo masculino. Em comparação com os controles, os atletas apresentaram: menor FEVE (62,5 ± 5,4% vs 68 ± 6,2%, p=0,005) e igual FEVD (55,2 ± 5,5 % vs 55,1 ± 6,2%, p=0,962); maior VDF (103,3 ±13,7ml/m<sup>2</sup> vs 69,6 ± 13ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001), VSF (38,7 ±



7,8 ml/m<sup>2</sup> vs 22,6 ± 6,6 ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001) e VEJ (64,9 ± 10,2 ml/m<sup>2</sup> vs 47,1 ± 9 ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001) do ventrículo esquerdo; maior VAE (46,9 ± 7,8 ml/m<sup>2</sup> vs 33,3 ± 8,3 ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001), maior VD (101,3 ± 13 ml/m<sup>2</sup> vs 72,4 ± 19 ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001); maior massa do VE (M: 70,3 ± 15,7 g/m<sup>2</sup> vs 40,2 ± 6 g/m<sup>2</sup>, p<0,0001); maior espessura do septo (S: 10 ± 1,7mm vs 8,1 ± 1,6mm, p<0,001) e da parede lateral (PL: 9,8 ± 1,7 mm vs 7 ± 1,6 mm, p<0,0001). A correlação de Pearson foi feita avaliando 21 TA, (76,2% masculino; 35,7±5,5 anos). A média de treinamento aeróbico semanal foi de 14,1±3,4 horas. De todas as variáveis analisadas, os VDF (r de Pearson= 0,513; p=0,017), VEJ (r de Pearson= 0,750; p<0,0001) e FEVE (r de Pearson= 0,494; p=0,023) do VE e a espessura do septo (r de Pearson= 0,459; p=0,036) obtiveram correlação significativa com o volume de treinamento semanal.

**Conclusão:** Mesmo praticado de forma amadora, o triatlo pode ser capaz de promover alterações estruturais cardíacas significativas semelhantes aos achados na literatura científica com atletas profissionais. O volume de treinamento aeróbico é proporcional ao aumento do VDF, VEJ e FEVE do VE e da espessura do septo, que provavelmente é um mecanismo importante de adaptação do treinamento e permite um melhor desempenho atlético.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF CARDIAC REMODELING BY CARDIOVASCULAR MAGNETIC RESONANCE IN AMATEUR TRIATHLON PRACTITIONERS

DIEGO PORTO DE ALMEIDA, RONALDO LEÃO, ILAN GOTTLIEB

Universidade Federal do Rio de Janeiro, RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL

**Background:** triathlon became an olympic sport in the Sidney Olympic Games of 2000. Since then, there has been an exponential increase in the number of its practitioners. The triathlon is a relatively recent sport with little scientific evidence regarding cardiac remodelling (CR) it may trigger in the athletes. The present study aims at identifying and describing the characteristics of the CR that may be associated to the practice of endurance triathlon by amateur triathletes.

**Objectives:** To compare structural cardiac anatomy and function obtained by cardiovascular magnetic resonance (CMR) in amateur triathletes (AT) to those in healthy individuals which do not practice this sport (CG), and to identify if there is an index correlation with weekly volume aerobic training triathletes .

**Methods:** High performance AT were defined by the use of a structured questionnaire. A total of 12 AT e 17 GC were submitted to CMR using a 1.5T system. The images were evaluated by two experienced medical examiners, and the average of the values was adopted. Left (LVEF) and right (RVEF) ventricular ejection fraction, end-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV) and ejective volume (EV) of left ventricular, left atrium volume (LAV), right ventricular end-diastolic volume (RVEDV), left ventricular mass (LVM), thickness of the septum (S) and side-wall thickness (SW) were evaluated. Volumetric and mass measures were indexed to body surface area.

**Results:** Of a total of 41 participants (mean age  $36,1 \pm 6,5$  years), 28 (68,3%) were male. In comparison with the controls, the athletes presented: lower LVEF ( $62,5 \pm 5,4\%$  vs  $68 \pm 6,2\%$ ,  $p=0,005$ ) and same RVEF ( $55,2 \pm 5,5\%$  vs  $55,1 \pm 6,2\%$ ,  $p=0,962$ ); larger EDV ( $103,3 \pm 13,7\text{ml/m}^2$  vs  $69,6 \pm 13\text{ml/m}^2$ ,  $p<0,0001$ ), ESV ( $38,7 \pm 7,8\text{ ml/m}^2$  vs  $22,6 \pm 6,6\text{ ml/m}^2$ ,  $p<0,0001$ ) and EV ( $64,9 \pm 10,2\text{ ml/m}^2$  vs  $47,1 \pm 9$

ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001) of left ventricle; largest LAV (46,9 ± 7,8 ml/m<sup>2</sup> vs 33,3 ± 8,3 ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001), larger RVEDV (101,3 ± 13 ml/m<sup>2</sup> vs 72,4 ± 19 ml/m<sup>2</sup>, p<0,0001); larger LVM (70,3 ± 15,7 g/m<sup>2</sup> vs 40,2 ± 6 g/m<sup>2</sup>, p<0,0001); thicker S (10 ± 1,7mm vs 8,1 ± 1,6mm, p<0,001) and SW (9,8 ± 1,7 mm vs 7 ± 1,6 mm, p<0,0001). 21 AT were analyzed during this study (76,2 % male; 35.7 ± 5.5 years). The average of weekly aerobic training was 14.1 ± 3.4 hours. Of all variables measured, EDV( Pearson's r = 0.513 ; p = 0.017), EV( Pearson's r = 0.750 ; p<0.0001), LVEF( Pearson's r = 0.494 ; p = 0.023) of the left ventricular and thickness of the septum( Pearson's r = 0.459 ; p = 0.036) was significantly correlated with weekly volume training.

**Conclusion:** Even when practiced at amateur level, triathlon may promote significant alterations in cardiac structures similar to the ones found in professional athletes. Aerobic training volume was significantly correlated to LV ejection volume, end-diastolic volume, left ventricular ejection fraction and thickness of the septum which may be an important mechanism for training and increasing athletic performance.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Exercício Físico e Epidemiologia do Risco Cardiovascular.....	14
2.2	Exercício Físico e a Melhor Dose/Resposta para a Saúde.....	15
2.3	Exercício Físico e o Coração de Atleta.....	17
2.4	Epidemiologia da Prática do Triatlo.....	19
2.5	Ressonância Magnética Cardíaca.....	25
3	JUSTIFICATIVA.....	26
4	OBJETIVOS.....	27
4.1	Objetivo Primário.....	27
4.2	Objetivos Secundários.....	27
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
5.1	Casuística.....	28
5.2	População do Estudo.....	28
5.3	Variáveis Coletadas e Protocolo de RM Cardíaca.....	29
5.4	Variabilidade Interobservador das Medidas de RM Cardíaca.....	31
5.5	Análise Estatística.....	31
5.6	Aspectos Éticos.....	33
6	RESULTADOS.....	34
6.1	Resultados das Variáveis Demográficas.....	34
6.2	Resultados dos Índices Volumétricos e de Massa.....	35
6.3	Análise do Remodelamento Cardíaco e Identificação de Hipertrofia Cardíaca nos Triatletas Amadores.....	38
6.4	Análise do Grau de Relacionamento das Variáveis da RM Cardíaca e dos Índices de Remodelamento com o Volume de Treinamento Aeróbico Semanal dos Triatletas Amadores.....	41
6.5	Medida de Variabilidade Interobservador.....	44
7	DISCUSSÃO.....	45
8	CONCLUSÃO.....	49
9	REFERÊNCIAS.....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A prática regular de exercício físico é incentivada na prevenção de doenças e na manutenção da saúde do indivíduo. Estudos longitudinais e meta-análises com essa temática já são amplamente investigados na literatura científica, sobretudo sob o aspecto de uma melhor qualidade de vida e longevidade<sup>2,3</sup>. As provas de pedestrianismo tornaram-se populares no Brasil nas últimas décadas, especialmente pela ampla divulgação nas mídias sociais e televisiva dos benefícios à saúde de um estilo de vida saudável<sup>4,5</sup>. Mais recentemente, após se tornar um esporte olímpico em Sidney no ano de 2000, o Triatlo também vem ganhando popularidade. A modalidade surgiu em 1977 no Havaí – Estados Unidos e a primeira prova, o Ironman aconteceu um ano mais tarde. Esta prova consistiu em 3,8 km de natação, 180 km de ciclismo e 42 km de corrida<sup>6,7</sup>.

A Confederação Brasileira de Triatlo (CBTri) estima que 50.000 pessoas (98% amadoras) praticam o triatlo no Brasil de forma regular e que mais de 2.000.000 de pessoas praticam esse esporte no mundo. Não somente o número de praticantes amadores de triatlo vem crescendo, como também o de praticantes que buscam um melhor desempenho.

Por ser relativamente recente, pouco se conhece sobre o remodelamento cardíaco em triatletas, em especial nos praticantes amadores.

As adaptações cardiovasculares de indivíduos que praticam treinamento físico regular permite uma melhora do desempenho esportivo. Esse treinamento intenso e prolongado parece estimular modificações morfológicas e funcionais no coração, e ocasionalmente este remodelamento fisiológico e elétrico pode resultar em arritmias e outras patologias<sup>83</sup>. O chamado coração de atleta é uma condição caracterizada pelo aumento das cavidades, espessuras de parede e massa muscular cardíacas que representam uma adaptação fisiológica ao treinamento desportivo regular<sup>8,9,10</sup>.

As adaptações estruturais cardíacas obedecem a um padrão dicotômico de acordo com o tipo de treinamento praticado. No treinamento de resistência ou de *endurance*, ocorre hipertrofia excêntrica do músculo cardíaco, com aumento proporcional das cavidades e paredes, enquanto no treinamento de força esta hipertrofia se dá de forma concêntrica, privilegiando um espessamento dos septos e

paredes cardíacas. Estas alterações refletem um padrão de sobrecarga hemodinâmica distinto para cada situação: na primeira temos uma sobrecarga de volume e na segunda uma sobrecarga de pressão<sup>11,12,13</sup>.

Diferentes esportes produzem diferentes graus de uma ou outra alteração, e a penetrância dessas adaptações em longo prazo e seu valor prognóstico ainda são controversos na literatura<sup>14,12,15</sup>.

A diferenciação do coração de atleta de alguma patologia estrutural, por vezes, ainda é um dilema. Nesta perspectiva, conhecer as possíveis alterações cardiovasculares específicas da modalidade praticada pelo paciente é uma ferramenta fundamental para um melhor diagnóstico e prática clínica na cardiologia do esporte.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Exercício Físico e Epidemiologia do Risco Cardiovascular

Com a progressão do desenvolvimento industrial, doenças crônico-degenerativas como diabetes e cardiopatia hipertensiva tornaram-se predominantes, sobretudo pela adoção de dietas com teor de gordura e sódio elevados atrelado ao estilo de vida sedentário ou com doses ineficazes de exercício físico<sup>16,17</sup>.

Em contrapartida, estudos epidemiológicos começaram a demonstrar informações essenciais no planejamento e implementação de programas de exercícios físicos sistemáticos e adesão de um estilo de vida saudável. Foi observado que homens praticam mais exercícios que mulheres, e que a prática regular de exercício é diretamente relacionada com o nível de escolaridade e que o gasto calórico diário tende a diminuir na adolescência<sup>19,20</sup>. Este achado também foi verdadeiro em estudo realizado no Rio de Janeiro<sup>18</sup>.

Contudo, estes estudos com longo tempo de seguimento, revelaram que a prática regular de exercício físico é um meio de proteção contra a incidência de eventos desfavoráveis, reduzindo não somente a mortalidade cardiovascular como por todas as causas,<sup>21,3</sup> sendo essa, associada à prática de exercício recente e não ao longo de anos<sup>22</sup>.

Um estudo com 1.294 homens finlandeses, com tempo de seguimento de 10 anos, mostrou inversa correlação entre o risco de morte cardiovascular e a condição aeróbica avaliada pelo consumo máximo de oxigênio e duração do teste de esforço<sup>23</sup>.

Em estudo de coorte, com adultos de 51 a 61 anos, onde os pesquisadores ajustaram as populações em níveis de atividade física, condições de saúde e socioeconômicas, foi constatado que atividade física regular de moderada a vigorosa intensidade foi associada com a mortalidade substancialmente mais baixa em comparação com indivíduos sedentários. Não foi encontrada associação entre moderado risco cardiovascular, atividade física e mortalidade na mesma proporção. E concluiu-se que intervenções de exercício físico para grupos com alto risco cardiovascular devem ser prioridade de saúde médica e pública<sup>24</sup>.

Um dos primeiros estudos que identificaram o risco cardiovascular de uma população brasileira foi publicado na década de 90, demonstrando alta prevalência para o sedentarismo (69,3%), declinando progressivamente para o tabagismo (37,9%), hipertensão arterial (22,3%), obesidade (18%) e alcoolismo (7,7%)<sup>25</sup>.

O exercício físico agudo mostrou-se eficaz na melhora da perfusão miocárdica em pacientes coronariopatas<sup>26</sup>. Um estudo constatou que a associação de exercícios regulares com uma dieta de baixo teor de gordura corroborou para a redução de placas ateroscleróticas prévias e possível formação de vasos colaterais e reduziu também os níveis de colesterol e triglicerídeos, porém com tempo de seguimento de seis anos, sugerindo benefício crônico da adoção do exercício e de uma dieta saudável nos indivíduos em prevenção secundária<sup>27</sup>.

Portanto, estratégias de prevenção primária desses fatores de risco tornam-se indispensáveis para que se tenha um impacto considerável na aderência de exercícios físicos sistemáticos e de um estilo de vida saudável promovendo o controle adequado das taxas de mortalidade por doença cardiovascular.

## **2.2 Exercício Físico e a Melhor Dose/Resposta para a Saúde**

Embora pesquisas demonstrem eminentes benefícios com a prática de exercícios físicos, a relação dose-resposta da intensidade e volume desses exercícios para a saúde perpassa por uma controvérsia salutar.

Em recomendação publicada pelo *American College of Sports Medicine* e *American Heart Association*, o mínimo de prática de exercício físico aeróbico para adultos saudáveis entre 18 e 65 anos deve ser de 30 minutos de intensidade moderada cinco vezes por semana, ou atividade de vigorosa intensidade por 20 minutos três vezes por semana. Para indivíduos de meia idade e idosos a recomendação é similar, levando em consideração a condição aeróbica na prescrição de exercício, e incluir exercícios de flexibilidade, força muscular e equilíbrio principalmente na população idosa<sup>28</sup>.

A Organização Mundial da Saúde em suas diretrizes publicadas em 2010 identifica a inatividade física como o quarto principal fator para a mortalidade global, ficando atrás somente da cardiopatia hipertensiva, tabagismo e hiperglicemia. Suas



recomendações são agrupadas em três faixas etárias. Indivíduos de 5 a 17 anos devem fazer 60 minutos diários de atividade física de moderada à vigorosa intensidade, em sua maioria aeróbica, mas também incluindo exercícios de força muscular. Indivíduos de 18 a 64 anos devem fazer 150 minutos de atividade aeróbica moderada ou pelo menos 75 minutos de atividade vigorosa por semana, incluindo exercícios de força muscular dois ou mais dias por semana. As recomendações para indivíduos de 65 anos ou mais são as mesmas para o grupo de 18 a 64 anos, incluindo exercícios para melhorar o equilíbrio e evitar quedas em três ou mais dias por semana, e que indivíduos desta faixa etária que não podem cumprir as recomendações por limitações de saúde, devem ser tão fisicamente ativos quanto sua aptidão física permitir<sup>29</sup>.

Contudo, estudos divergem acerca de definições como: intensidade do exercício, nomenclatura dos níveis de intensidade e do nível de treinamento dos indivíduos estudados, quantificação e classificação dos níveis de exercício e do condicionamento físico, não somente para a prescrição e execução de exercícios, como para realização de testes pré-participação para a prática esportiva. Conceitos que são usados num artigo para caracterizar sua amostra como altamente treinados ou como de alta capacidade aeróbica são usados com o conceito de níveis moderados em outras amostras. As mesmas distinções são encontradas com exames que avaliam adaptações ao treinamento.<sup>30,31,32</sup>

Estudos diferem do mesmo modo, sobre os benefícios de atividades físicas no lazer, no trabalho ou em atividades domésticas no tocante à longevidade e redução do risco de doença cardiovascular.

Em um dos subestudos da coorte Framingham, o aumento da quantidade de exercício sistemático trouxe benefício, porém associado a atividades físicas no âmbito das atividades de trabalho, não obteve associação significativa com a longevidade<sup>33</sup>. Já um estudo que acompanhou mais de trinta mil indivíduos, e constatou que a associação de atividade física realizada durante o trabalho, lazer e locomoção com a mortalidade em ambos os gêneros foi inversamente proporcional<sup>34</sup>.

Estudos que levaram em consideração a intensidade da prática de exercício, concluíram que a prática de exercícios mais intensos foi um fator protetor contra a incidência de cardiopatia hipertensiva<sup>35</sup>, porém com modesta influência na

mortalidade. Ainda, que a prática de caminhada vigorosa (acima de 4,8km/h) foi protetora quanto a incidência de eventos coronarianos<sup>36</sup>.

Neste sentido, valores normativos para indivíduos treinados de acordo com suas modalidades específicas e níveis de treinamento estratificados por volume e intensidade da prática esportiva, assim como valores de referência específicos de exames que orientem as adaptações fisiológicas e anatômicas resultantes do treinamento se fazem necessários.

### **2.3 Exercício Físico e o Coração de Atleta**

O treinamento físico intenso e prolongado acarreta adaptações cardiovasculares morfológicas, funcionais e elétricas, conferindo uma melhora no desempenho atlético, podendo gerar arritmias e alterações morfológicas apenas pelas adaptações fisiológicas<sup>37</sup>, pela expressão da exposição crônica da prática esportiva. Porém, o perfil clínico de acordo com os diferentes graus de profundidade dessas adaptações evoluiu com a acessibilidade a novos métodos e equipamentos de avaliação, com o aumento no número de desportistas, no conhecimento de novas unidades nosológicas.

Entretanto, a distinção entre a adaptação benigna da patológica nem sempre é uma tarefa fácil para o diagnóstico clínico. Algumas alterações encontradas em atletas convergem com alterações observadas em cardiomiopatias, como a cardiomiopatia dilatada e hipertrófica. Essa área de interseção é denominada como área cinzenta<sup>38</sup>.

O chamado coração de atleta é uma condição caracterizada pelo aumento das cavidades e massa cardíaca, acompanhado de aumento na espessura das paredes ventriculares com função diastólica e sistólica geralmente preservadas que representam uma adaptação fisiológica aumentando a eficiência hemodinâmica ao treinamento desportivo regular<sup>39</sup>.

Morganroth e cols.<sup>40</sup> foram os primeiros a citar que o remodelamento cardíaco as custas do treinamento se desenvolvia especificamente e de forma dicotômica de acordo com o tipo de modalidade praticada. No treinamento de resistência (dinâmico, aeróbico ou isotônico) ocorre hipertrofia excêntrica do músculo cardíaco,

com dilatação cavitária e proporcional aumento na espessura das paredes e massa. Enquanto no treinamento de força (estático, anaeróbico ou isométrico) esta hipertrofia se dá de forma concêntrica, privilegiando um espessamento das paredes cardíacas e de massa com discreto ou nenhum aumento cavitário. Estas alterações refletem um padrão de sobrecarga hemodinâmica distinto para cada situação: na primeira temos uma sobrecarga de volume e na segunda uma sobrecarga de pressão.

A maioria dos esportes combina, em diferentes proporções, estas duas formas de demanda ou estresse. O remo e o ciclismo, por exemplo, exigem de forma equilibrada os dois tipos de sobrecarga. Desta forma, o modelo e a magnitude desses incrementos no miocárdio podem variar de acordo com a natureza do treinamento desportivo e adaptações específicas e distintas podem ser encontradas em diferentes modalidades<sup>15,39</sup>.

Knackstedt e cols.<sup>41</sup> avaliaram 12 ex-atletas de natação de nível mundial, com média de 45 anos, 24 anos após aposentadoria do treinamento competitivo, comparando os achados com exames feitos quando ainda estavam em atividade. Alguns ex-atletas apresentaram aumento discreto na função ventricular esquerda, assim como hipertrofia septal remanescente em alguns casos. Todos tiveram função ventricular direita normal, medidos pelo ecocardiograma de repouso. Nenhuma alteração cardíaca estrutural significativa foi encontrada. Não encontramos estudos com nadadores profissionais em atividade.

Hoogsteen e cols.<sup>42</sup> avaliaram com ecocardiograma 101 ciclistas de competição, divididos em dois grupos de acordo com a faixa etária. O grupo mais jovem tinha média de idade de 17 anos e já apresentavam alterações significativa da função diastólica (média da onda E neste grupo foi  $0,87 \pm 0,17$  m/s) e 60% dos atletas de ambos os grupos já apresentavam hipertrofia ventricular esquerda. As alterações foram ainda mais intensas no grupo de ciclistas mais velhos.

Spirito e cols.<sup>43</sup> comparam 947 atletas de 27 esportes diferentes quanto a alterações morfológicas cardíacas promovidas ao ecocardiograma. O que se observa é uma miríade de alterações possíveis tanto entre intensidade quanto na relação entre o aumento cavitário e o espessamento de parede. Corredores de longa distância, por exemplo, possuem mais espessamento de parede que dilatação cavitária, ao passo que ciclistas possuem, numa intensidade muito maior (a maior

entre todos os esportes) mais dilatação da cavidade ventricular esquerda e espessamento de parede.

Um estudo realizado com 286 ciclistas profissionais que participaram da competição ciclística mais importante do mundo, o Tour de France, mostrou que 51,4% dos ciclistas apresentaram diâmetro diastólico do VE acima de 60 mm e mais da metade apresentaram FEVE abaixo de 60% e 9% dos atletas tiveram FEVE inferior a 52%, padrão de cardiomiopatia dilatada. A espessura do septo foi maior que 13 mm em 9% dos atletas, sendo que destes, menos de 1% não tiveram dilatação do VE, mostrando que a grande maioria manifestou adaptação proporcional de cavidade e parede<sup>44</sup>.

Pelliccia e cols.<sup>45</sup> avaliaram 40 atletas de elite, incluindo finalistas ou medalhistas olímpicos, em sua maioria ciclistas e remadores (esportes com característica de remodelamento combinado) após aposentadoria, com média de 5,6 anos afastados do treinamento competitivo. Média de 24 anos no pico esportivo e de 33 anos quando reavaliados. A dimensão da cavidade do VE reduziu 7%, a espessura de parede reduziu em 15% e a massa do VE reduziu em 15% após o destreino. Porém, na análise individual a dimensão de cavidade do VE manteve-se em 22% dos ex-atletas e a espessura de parede voltou aos limites de normalidade na totalidade dos indivíduos. Indicando a possibilidade de que esse remodelamento cardíaco residual, pode ter implicações clínicas futuras não obstante ao destreino à longo prazo, e devem ser bem investigados.

## **2.4 Epidemiologia da Prática do Triatlo**

O Triatlo surgiu em 1977 no Havaí, Estados Unidos e a primeira prova da modalidade foi realizada em 1978, combinando em um só evento, as três modalidades de maior resistência física realizadas no Havaí: uma maratona aquática de 3,8km em Waikiki, uma prova de ciclismo de 180km em O'ahu e a maratona (42km) de Honolulu. Doze homens realizaram a prova e o vencedor terminou-a em 11 horas e 46 minutos. A primeira mulher competiu no Ironman Havaí seguinte, no mesmo ano e terminou em 12 horas e 55 minutos<sup>46</sup>.

A primeira prova realizada no Brasil foi em 1983. Em 1985 foi fundada a Federação de Triathlon do Estado do Rio de Janeiro. Em 1989, na França, foi fundada a ITU - *International Triathlon Union*. Finalmente em 1992 foi fundada a Confederação Brasileira de Triathlon. Com um crescimento rápido e impressionante, no ano de 2000, o triatlo recebeu sua maior prova de sucesso e reconhecimento mundiais, com a inclusão da modalidade nos Jogos Olímpicos de Sidney - Austrália<sup>47,7</sup>.



















































Devido o incipiente surgimento do triatlo, há escassez de informações na literatura científica, na base de dados Medline, o triatlo apresenta apenas 20 descritores, que apresentam pouco menos de 3.000 artigos sobre o tema<sup>48</sup>.


Alguns estudos já apresentam resultados intrigantes, ainda que inconclusivos acerca da prática do triatlo, referenciando-o como uma modalidade que pode gerar alto nível de remodelamento cardíaco<sup>43,49,50</sup>, que confere um alta capacidade de resistência em seus praticantes<sup>51,52</sup>, e que podem apresentar algum grau de risco para morte súbita em seus praticantes<sup>38,53</sup>.


Em artigo publicado no JAMA em 2010, foram investigadas as mortes súbitas em eventos sancionados pela federação de Triathlon americana de 2006 à 2008. Mais de 950.000 indivíduos participaram de triatlos neste período e 14 mortes foram registradas, com média etária de 44 anos, contribuindo para uma taxa de 1,5 morte por 100.000 participantes. Treze foram registradas na natação e uma no ciclismo<sup>53</sup>.


Em relatório publicado em 2012 pela própria federação de Triathlon americana, foram analisadas as mortes súbitas em eventos sancionados pela mesma, no período de 2003 a 2011, com o intuito de identificar padrões e causas subjacentes que aumentassem o risco de um evento desfavorável. Cerca de 480.000 pessoas participam de eventos de triatlo no país, em cerca de 4.400 eventos anuais. Neste período, ocorreram 45 casos de morte súbita, melhor observados na figura 1. A taxa de morte súbita por participante foi de 1 por 76.000, e a faixa etária mais acometida foi de 40-49 anos, seguida da 50-59 anos.


Figura 1: Número de incidentes fatais nos Estados Unidos no período de 2003 à 2011, divididos por modalidade.


Year	Number of Fatalities	Type of Fatalities
2003	1	
2004	2	 
2005	7	       
2006	3	  
2007	6	      
2008	8	        
2009	3	  
2010	3	  
2011	12	             
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	

 Fatality occurred during the swim portion of an event

 Fatality occurred during the bike portion of an event

 Fatality occurred during the run portion of an event

 Fatality occurred after the victim completed the race

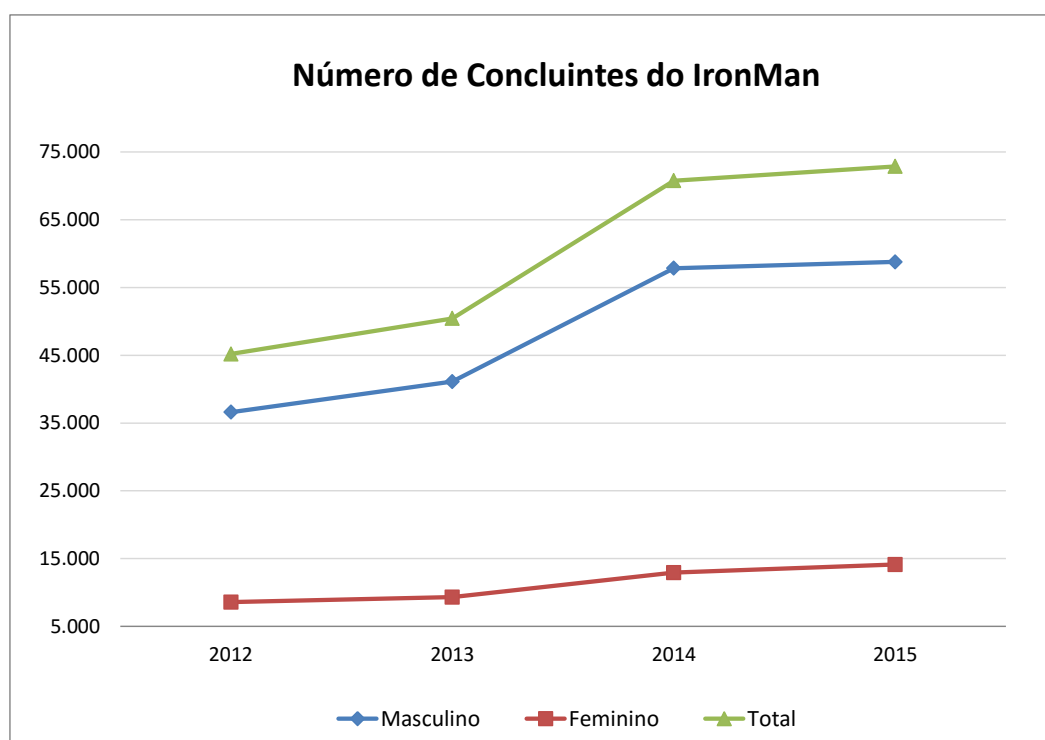
 Fatality was a spectator at a race

A chancela *ironman*® é a maior organizadora de competições de triatlo no mundo, foi vendida em 2015 por U\$ 650 milhões, após ter lucro líquido de 40% por quatros anos consecutivos. Responde por 91% dos eventos globais de triatlo de longa distância, tendo mais que dobrado o número de eventos nos últimos cinco anos, totalizando 274 eventos anuais em cinco continentes distintos. No Brasil, passou de dois para cinco eventos por ano<sup>54,55</sup>. Atualmente é a única que detém um histórico de participação de atletas amadores em seus eventos, registrados somente a partir do ano 2012 e que podem ser apreciados nas Tabelas 1 e 2 e nas Figuras 2 e 3.

Tabela 1: Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância *ironman*® (3,8km de natação, 180km de ciclismo e 42km de corrida), organizados pela chancela *ironman*®, nos anos de 2012 e 2015.

MASCULINO				FEMININO			
IRONMAN® 2012		IRONMAN® 2015		IRONMAN® 2012		IRONMAN® 2015	
18-24 anos	838	18-24 anos	1.288	18-24 anos	174	18-24 anos	313
25-29 anos	3.041	25-29 anos	4.353	25-29 anos	887	25-29 anos	1.210
30-34 anos	5.907	30-34 anos	8.131	30-34 anos	1.650	30-34 anos	2.259
35-39 anos	7.070	35-39 anos	10.316	35-39 anos	1.632	35-39 anos	2.500
40-44 anos	8.257	40-44 anos	12.559	40-44 anos	1.768	40-44 anos	2.846
45-49 anos	5.783	45-49 anos	10.452	45-49 anos	1.229	45-49 anos	2.352
50-54 anos	3.498	50-54 anos	6.905	50-54 anos	830	50-54 anos	1.583
55-59 anos	1.401	55-59 anos	2.896	55-59 anos	273	55-59 anos	694
60-64 anos	556	60-64 anos	1.202	60-64 anos	94	60-64 anos	248
65-69 anos	178	65-69 anos	420	65-69 anos	23	65-69 anos	70
70-74 anos	52	70-74 anos	129	70-74 anos	2	70-74 anos	18
75-79 anos	16	75-79 anos	43	75-79 anos	1	75-79 anos	1
80-84 anos	3	80-84 anos	4	80-84 anos	1	80-84 anos	1
85-89 anos	-	85-89 anos	2	85-89 anos	-	85-89 anos	1
Deficientes	17	Deficientes	73	Deficientes	4	Deficientes	17
<b>TOTAL</b>	<b>36.617</b>	<b>TOTAL</b>	<b>58.773</b>	<b>TOTAL</b>	<b>8.568</b>	<b>TOTAL</b>	<b>14.113</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>45.185</b>			<b>TOTAL GERAL</b>	<b>72.886</b>		

Figura 2: Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância *ironman*®, organizados pela chancela *ironman*®, de 2012 até 2015.



Podemos observar que mais da metade dos concluintes se encontram na faixa de 40 a 44 anos, no entanto, 57% abrangem dos 40 aos 65 anos. O número de deficientes físicos quadruplicou em quatro anos. E a categoria 85-89 anos foi inaugurada em 2015 com dois homens e uma mulher. Mostrando que o triatlo pode ser um esporte muito extenuante, onde o campeão profissional conclui a prova em pouco menos de 8h e o último a cruzar a linha de chegada o faz em pouco menos de 17h, mas também com praticantes longevos. Relatos mostram que atletas mais velhos podem alcançar níveis extraordinários de desempenho em provas de ultra-resistência que são definidas por excederem seis horas de duração<sup>56</sup>.

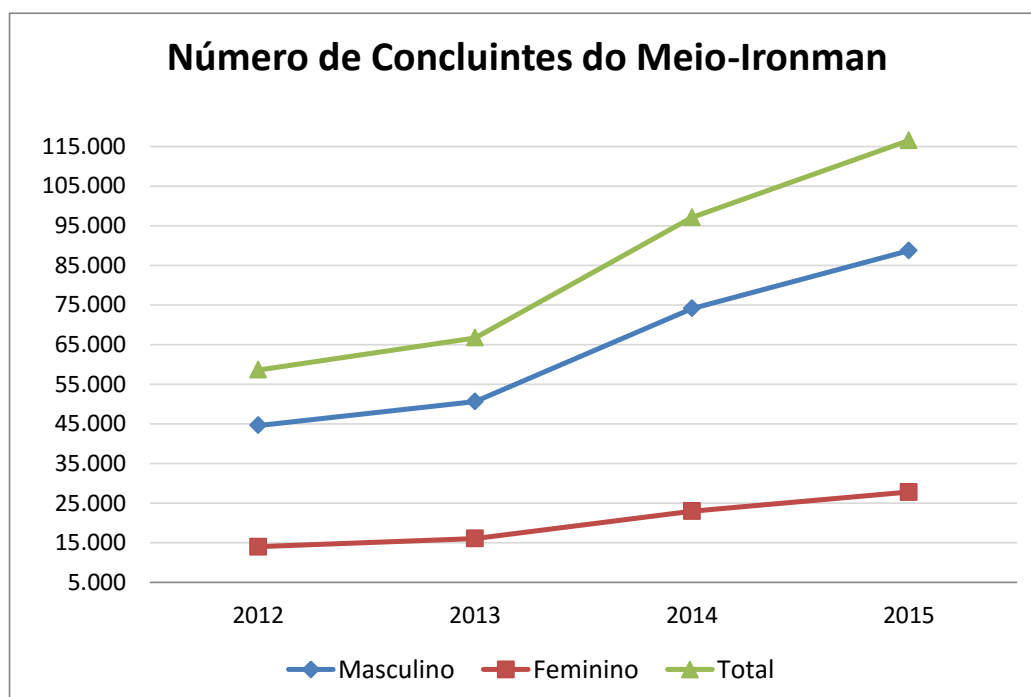
Em relação às provas na distância *half-ironman*® (1,9km de natação, 90km de ciclismo e 21km de corrida), o crescimento é ainda maior.

Tabela 2: Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância *half-ironman*® (1,9km de natação, 90km de ciclismo e 21km de corrida), organizados pela chancela *ironman*®, nos anos de 2012 e 2015.

MASCULINO				FEMININO			
HALF-IRONMAN® 2012		HALF-IRONMAN® 2015		HALF-IRONMAN® 2012		HALF-IRONMAN® 2015	
18-24 anos	1.713	18-24 anos	3.045	18-24 anos	566	18-24 anos	1.045
25-29 anos	4.591	25-29 anos	8.611	25-29 anos	1.920	25-29 anos	3.394
30-34 anos	7.508	30-34 anos	14.163	30-34 anos	2.811	30-34 anos	4.922
35-39 anos	8.948	35-39 anos	16.876	35-39 anos	2.810	35-39 anos	5.256
40-44 anos	9.378	40-44 anos	17.609	40-44 anos	2.654	40-44 anos	5.139
45-49 anos	6.276	45-49 anos	13.843	45-49 anos	1.758	45-49 anos	3.926
50-54 anos	3.691	50-54 anos	8.362	50-54 anos	939	50-54 anos	2.484
55-59 anos	1.477	55-59 anos	3.826	55-59 anos	387	55-59 anos	1.144
60-64 anos	656	60-64 anos	1.472	60-64 anos	125	60-64 anos	393
65-69 anos	237	65-69 anos	574	65-69 anos	34	65-69 anos	96
70-74 anos	74	70-74 anos	186	70-74 anos	7	70-74 anos	25
75-79 anos	23	75-79 anos	48	75-79 anos	1	75-79 anos	2
80-84 anos	6	80-84 anos	6	80-84 anos	2	80-84 anos	3
85-89 anos	-	85-89 anos	2	85-89 anos	-	85-89 anos	1
Deficientes	38	Deficientes	99	Deficientes	6	Deficientes	1
<b>TOTAL</b>	<b>44.616</b>	<b>TOTAL</b>	<b>88.722</b>	<b>TOTAL</b>	<b>14.020</b>	<b>TOTAL</b>	<b>27.831</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>58.636</b>			<b>TOTAL GERAL</b>	<b>116.553</b>		



Figura 3: Crescimento no número de concluintes de provas de triatlo na distância *half-ironman*®, organizados pela chancela *ironman*®, de 2012 até 2015.



Nas provas nesta distância, o aumento foi mais significativo e proporcional, comprovando que o número de concluintes dobrou em quase todas as faixas etárias e entre os gêneros. Corroborando para um aumento de maior magnitude em comparação com a distância *ironman*®. A categoria 50-54 anos tem um maior número de concluintes que a 18-24 anos em ambos os gêneros, destacando o desafio por provas mais longas em indivíduos mais velhos. A proporção de mulheres concluindo provas de triatlo não mudou ao longo dos anos em nenhuma das distâncias verificadas, ficando sempre em torno de 20% em relação a participação geral.

Achados relevantes que evidenciam o exponencial crescimento do número de praticantes amadores de triatlo, sobretudo indivíduos de meia idade e idosos. Reforçando a importância de investigar o valor prognóstico de um esporte de alta estamina.

## 2.5 Ressonância Magnética Cardíaca

A ressonância magnética cardíaca (RMC) é o método padrão-ouro para avaliação de morfologia e função cardíacas<sup>57,58</sup> e promove um aprofundamento sobre as alterações morfológicas presentes no coração de atletas quando comparada com técnicas mais tradicionais como o ecocardiograma.

A RMC permite a avaliação da estrutura cardíaca com alta resolução espacial e sem problemas de janelamento, sendo possível a realização de qualquer corte anatômico do órgão. Adicionalmente, a RMC permite o cálculo dos volumes cavitários cardíacos de forma volumétrica, sem necessidade de inferências geométricas nas medidas de volume. Medidas de volume ao ecocardiograma dependem de fórmulas derivadas de experimentações passadas, que assumem que todos os corações têm aproximadamente a mesma forma geométrica (elipsóide), e onde medidas de diâmetros ou áreas cavitários são incluídas em fórmulas e elevadas ao quadrado (Simpson) ou ao cubo (Teicholz), onde pequenos erros de medida geram grandes erros nos volumes totais.

Dessa forma, a RMC demonstrou ter variabilidade muito inferior (melhor) que a do ecocardiograma para as medidas de volumes e função ventriculares<sup>84</sup>.

A RM é mundialmente utilizada na avaliação de alterações morfológicas em participantes do processo adaptativo de remodelamento cardiovascular de indivíduos profissionais do esporte ou até mesmo praticantes recreativos de treinamento físico de longo prazo<sup>60,61,62,63,64</sup>.

### 3 JUSTIFICATIVA

O triatlo é um esporte recente e sobre o qual se produziu pouca documentação científica com relação ao remodelamento cardíaco que possa desencadear em seus atletas. No Brasil não encontramos publicação neste sentido.

O aumento exponencial do número de praticantes, assim como a busca crescente por desempenho em triatletas amadores, pode levar à incidência de alterações morfológicas e funcionais cardíacas desconhecidas na prática clínica atual, sobretudo se houver um efeito sinérgico entre as alterações cardiovasculares promovidas pelas três disciplinas associadas ao aumento do número de horas de treinamento.

Acreditamos que o presente estudo possa colaborar em discernir adaptações cardíacas normais de patológicas, além de contribuir para compreensão das características do remodelamento miocárdico relacionado à prática do triatlo na condição de prática amadora de forma consistente.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo Primário

- Comparar as alterações cardíacas morfológicas e funcionais, verificadas na ressonância magnética (RM), de praticantes amadores de triatlo com indivíduos controle saudáveis.

### 4.2 Objetivos Secundários

- Comparar os índices cardíacos dos triatletas amadores com os valores de referência do exame.
- Caracterizar o tipo de remodelamento cardíaco em uma coorte de triatletas amadores e identificar se há a presença de algum tipo hipertrofia cardíaca.
- Identificar o grau de correlação entre as variáveis medidas na RM cardíaca e os índices de remodelamento com o volume de treinamento aeróbico semanal dos triatletas amadores.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Casuística

Estudo transversal observacional com coleta prospectiva de dados.

### 5.2 População do Estudo

A busca para identificação dos triatletas amadores foi feita junto à Federação de Triatlo do Rio de Janeiro, com os atletas filiados a mesma. Uma vez identificados, os triatletas foram consultados por correio eletrônico, quando foi solicitada a permissão para que os mesmos fossem abordados quanto ao interesse em participar da pesquisa. Após essa autorização inicial, os atletas foram abordados pessoalmente pelo pesquisador principal. Foram convidados a participar do estudo indivíduos com idade entre 18 e 60 anos, de ambos os gêneros. Um questionário estruturado foi elaborado e validado, com o intuito de identificar o nível de treinamento de todos os indivíduos, histórico de doenças e exercício físico pregresso. Foi adotado como critério de inclusão no grupo de triatletas amadores, somente indivíduos com, no mínimo dois anos de prática de triatlo, que tenham histórico de, nos últimos dois anos, no mínimo 2 provas de triatlo na distância *half-ironman*<sup>®</sup> (1,9 km de natação, 90 km de ciclismo e 21km de corrida) ou 1 prova de triatlo na distância *ironman*<sup>®</sup> (3,8km de natação, 180km de ciclismo e 42km de corrida) ou ainda 1 prova em distância superior a essa. Pelo menos uma dessas provas deverá ter sido feita nos últimos 12 meses de sua inclusão na pesquisa. Esses indivíduos deverão ainda ter, nos últimos seis meses, no mínimo 2 horas semanais de treinamento por modalidade (natação, ciclismo e corrida).

Os triatletas amadores foram definidos como tal pela presença de uma atividade profissional não relacionada a treinamento desportivo que lhe ocupasse pelo menos 8h do dia. E que não tivessem participado de nenhuma competição como triatleta profissional nos últimos dois anos.

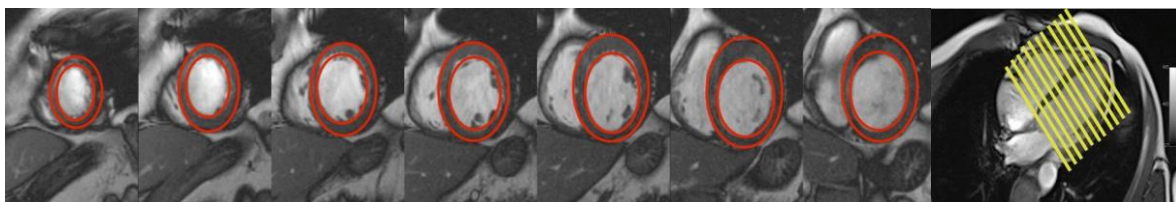
O grupo controle foi constituído por indivíduos saudáveis com no máximo 3 horas de exercício físico, de qualquer modalidade, por semana. A busca pelos indivíduos controle foi feita em consultórios do corpo clínico e no quadro de funcionários da Casa de Saúde São José. Os médicos e funcionários cadastrados foram consultados por correio eletrônico com informações sobre a pesquisa com telefone e correio eletrônico de contato do examinador, caso se voluntariassem a participar da pesquisa.

Foram excluídos do estudo indivíduos com cardiopatia hipertensiva, cardiopatia isquêmica, cardiopatia hipertrófica, doença arterial coronariana e qualquer outra patologia que pudesse gerar hipertrofia que não fosse pelo treinamento desportivo<sup>65,63</sup>.

### 5.3 Variáveis Coletadas e Protocolo de RM Cardíaca

Os triatletas amadores e os controles foram escaneados por RM cardíaca em 1,5 tesla, por aparelho comercialmente disponível (Magnetom Essenza, Siemens<sup>®</sup>), realizados em cine-RM para avaliação dos volumes cavitários e massa do VE, com cortes em eixo curto cobrindo todo o coração e eixos longos. Medidas de volume ventriculares foram obtidas pela soma (sem inferências geométricas) de todos os cortes no eixo curto, multiplicado pela espessura do corte e somado ao *GAP* do corte, conforme diretrizes internacionais e como demonstrado nas figuras 4<sup>66</sup>.

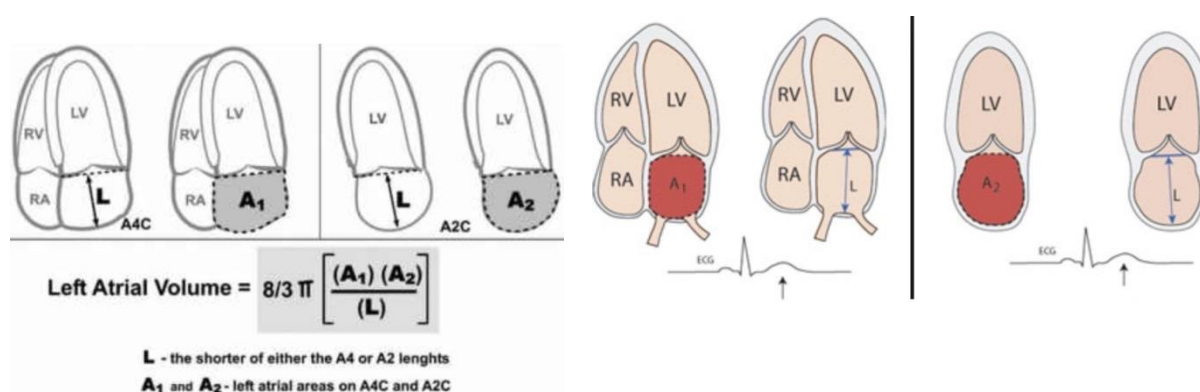
Figura 4: Imagens representativas da sequência de cine-RM, cortes em eixo curto e longo de realização das medidas cardíacas.



O limite superior dos ventrículos foi definido como o último corte com mais de 180 graus de miocárdio ao redor.

Já a medida do VAE foi obtida por meio do método biplanar de discos (regra de Simpson modificada), com a utilização do corte apical quatro e duas câmaras em sístole ventricular esquerda final, como apresentado na figura 5.

Figura 5: Imagens representativas da medição do VAE em corte apical quatro e duas câmaras.



Os dois grupos foram submetidos à RM cardíaca, 21 atletas amadores praticantes de triatlo e 17 indivíduos controle. As imagens foram avaliadas na própria estação de trabalho, utilizando software específico (Osirix Imaging Software<sup>®</sup>, versão 7.0.1 para Mac<sup>®</sup>), por dois médicos examinadores com pelo menos três anos de experiência, e a média dos dois valores foi considerada. Foram avaliados: fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) e direito (FEVD), volume diastólico final (VDF), sistólico final (VSF) e ejetivo (VEJ) do ventrículo esquerdo, volume do átrio esquerdo (VAE), volume diastólico final do ventrículo direito (VDFVD), massa (M), espessura do septo (S) e da parede lateral (PL) do ventrículo esquerdo. Todos os valores volumétricos e de massa foram indexados pela superfície corporal.

A comparação dos índices medidos nos triatletas amadores com os valores de referência para RM cardíaca foi feita com a base de dados do estudo de Kawel-Boehm e cols.<sup>62</sup>.

Para identificação do tipo de remodelamento cardíaco que se demonstra no praticante de triatlo, foi utilizada a Espessura Relativa de Parede (2X espessura da parede lateral / diâmetro interno do VE no final da diástole)<sup>67</sup>.

Para diagnosticar a presença ou não de algum tipo de hipertrofia fisiológica ou patológica na amostra de triatletas foi empregado o índice de remodelamento cardíaco (razão da maior espessura da parede hipertrofiada na diástole máxima pelo volume diastólico final indexado pela superfície corpórea, sendo normal abaixo de 0,15 mm/m<sup>2</sup>/ml) como ponto de corte<sup>63</sup>.

#### **5.4 Variabilidade Interobservador das Medidas de RM Cardíaca**

Um terceiro avaliador, cego para os dados demográficos e clínicos dos sujeitos do estudo, e sem conhecimento das avaliações dos dois primeiros avaliadores, avaliou 10 indivíduos do grupo de triatletas amadores e 10 indivíduos do grupo controle, e essas medidas foram utilizadas para o cálculo de variabilidade interobservador.

#### **5.5 Análise Estatística**

As variáveis contínuas foram expressas em média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil de acordo com a presença ou não de distribuição normal, avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. As variáveis categóricas foram expressas em percentual.

Para comparação entre as médias foi utilizado o teste t de Student e o teste Chi-quadrado para as variáveis categóricas.

Para avaliar o grau de relacionamento das variáveis obtidas na RM cardíaca com o volume de treinamento dos triatletas amadores estimado em horas de treinamento semanal foi utilizada a Correlação de Pearson.



A variabilidade interobservador foi calculada através coeficiente de variação (desvio padrão das diferenças entre duas medidas, divididas pela média e apresentada em percentual)<sup>68</sup>.

Diferenças com valor de  $p < 0,05$  foram consideradas estatisticamente significativas. As análises foram feitas usando o software estatístico SPSS, versão 23.0 (SPSS Inc.®).

## **5.6 Aspectos Éticos**

O projeto de pesquisa foi submetido à apreciação ética através da Plataforma Brasil (<http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil>) e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa Clínica da Casa de Saúde São José.

Os indivíduos foram submetidos a termo de consentimento livre e esclarecido, apresentado e devidamente explicado pelo pesquisador principal.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Resultados das Variáveis Demográficas

Foram avaliados 21 atletas amadores praticantes de triatlo (76% homens) e 20 controles (60% homens),  $p=0,279$ . A média etária dos triatletas amadores foi semelhante a dos controles ( $35,7 \pm 5,3$  vs  $36,6 \pm 7,3$  anos, respectivamente  $p=0,668$ ), assim como a massa corporal ( $70 \pm 9,6$  vs  $72 \pm 11$  kg,  $p=0,569$ ), altura ( $1,72 \pm 0,08$  vs  $1,71 \pm 0,06$  m,  $p=0,662$ ), área de superfície corporal ( $1,83 \pm 0,15$  vs  $1,83 \pm 0,17$  m<sup>2</sup>,  $p=0,927$ ), índice de massa corporal ( $23,5 \pm 2,4$  vs  $24,3 \pm 2,7$  kg/m<sup>2</sup>,  $p=0,288$ ). O volume de treinamento aeróbico estimado em horas por semana para os triatletas amadores foi de  $14,1 \pm 3,4$  h/semana. Todos os dados demográficos estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3: Dados demográficos dos triatletas amadores e controles.

<b>Parâmetros (média ± DP)</b>	<b>Triatletas (n=21)</b>	<b>Controles (n=20)</b>	<b>p-valor</b>
Homens (%)	76	60	0,279
Idade (anos)	$35,7 \pm 5,3$	$36,65 \pm 7,3$	0,668
Massa Corporal (kg)	$70 \pm 9,6$	$72 \pm 11$	0,569
Altura (m)	$1,72 \pm 0,08$	$1,71 \pm 0,06$	0,662
Área de Superfície Corporal (m <sup>2</sup> )	$1,83 \pm 0,15$	$1,83 \pm 0,17$	0,927
Índice de Massa Corporal (kg/m <sup>2</sup> )	$23,5 \pm 2,4$	$24,3 \pm 2,7$	0,288
Tempo de Treinamento (horas/semana)	$14,1 \pm 3,4$	NA	

## 6.2 Resultados dos Índices Volumétricos e de Massa

Em comparação com os controles, os triatletas apresentaram: menor FEVE ( $62,5 \pm 5,4\%$  vs  $68 \pm 6,2\%$ ,  $p=0,005$ ) e igual FEVD ( $55,2 \pm 5,5\%$  vs  $55,1 \pm 6,2\%$ ,  $p=0,962$ ); maior VDF ( $103,3 \pm 13,7$  ml/m<sup>2</sup> vs  $69,6 \pm 13$  ml/m<sup>2</sup>,  $p<0,0001$ ), maior VSF ( $38,7 \pm 7,8$  ml/m<sup>2</sup> vs  $22,6 \pm 6,6$  ml/m<sup>2</sup>,  $p<0,0001$ ) e maior VEJ ( $64,9 \pm 10,2$  ml/m<sup>2</sup> vs  $47,1 \pm 9$  ml/m<sup>2</sup>,  $p<0,0001$ ) do ventrículo esquerdo; maior VAE ( $46,9 \pm 7,8$  ml/m<sup>2</sup> vs  $33,3 \pm 8,3$  ml/m<sup>2</sup>,  $p<0,0001$ ), maior VDFVD ( $101,3 \pm 13$  ml/m<sup>2</sup> vs  $72,4 \pm 19$  ml/m<sup>2</sup>,  $p<0,0001$ ); maior M ( $70,3 \pm 15,7$  g/m<sup>2</sup> vs  $40,2 \pm 6$  g/m<sup>2</sup>,  $p<0,0001$ ); maior S ( $10 \pm 1,7$  mm vs  $8,1 \pm 1,6$  mm,  $p<0,001$ ) e PL ( $9,8 \pm 1,7$  mm vs  $7 \pm 1,3$  mm,  $p<0,0001$ ). Os resultados volumétricos, indexados por superfície corpórea, estão expressos na tabela 4.

Tabela 4: Índices volumétricos e de massa dos triatletas amadores e controles.

Medidas (média $\pm$ DP)	Triatletas (n=21)	Controles (n=20)	p-valor
<b>Volumétricas</b>			
Vol. diastólico final (mL/m <sup>2</sup> )	103,3 $\pm$ 13,7	69,6 $\pm$ 13	<0,0001
Vol. sistólico final (mL/m <sup>2</sup> )	38,7 $\pm$ 7,8	22,6 $\pm$ 6,6	<0,0001
Vol. ejetivo (mL/m <sup>2</sup> )	64,9 $\pm$ 10,2	47,1 $\pm$ 9	<0,0001
Vol. de átrio esquerdo (mL/m <sup>2</sup> )	46,9 $\pm$ 7,8	33,3 $\pm$ 8,3	<0,0001
Vol. diast do ventrículo direito (mL/m <sup>2</sup> )	101,3 $\pm$ 13	72,4 $\pm$ 19	<0,0001
<b>Frações de ejeção</b>			
Ventrículo esquerdo (%)	62,5 $\pm$ 5,4	68 $\pm$ 6,2	0,005
Ventrículo direito (%)	55,2 $\pm$ 5,5	55,1 $\pm$ 6,2	0,962
<b>Massas</b>			
Massa do ventrículo esquerdo (g/m <sup>2</sup> )	70,3 $\pm$ 15,7	40,2 $\pm$ 6	<0,0001
Espessura do septo (mm)	10 $\pm$ 1,7	8,1 $\pm$ 1,6	<0,001
Espessura da parede lateral (mm)	9,8 $\pm$ 1,7	7 $\pm$ 1,6	<0,0001

Gráfico 1: Expõe os Índices volumétricos indexados por superfície corporal e a diferença percentual para o grupo controle.

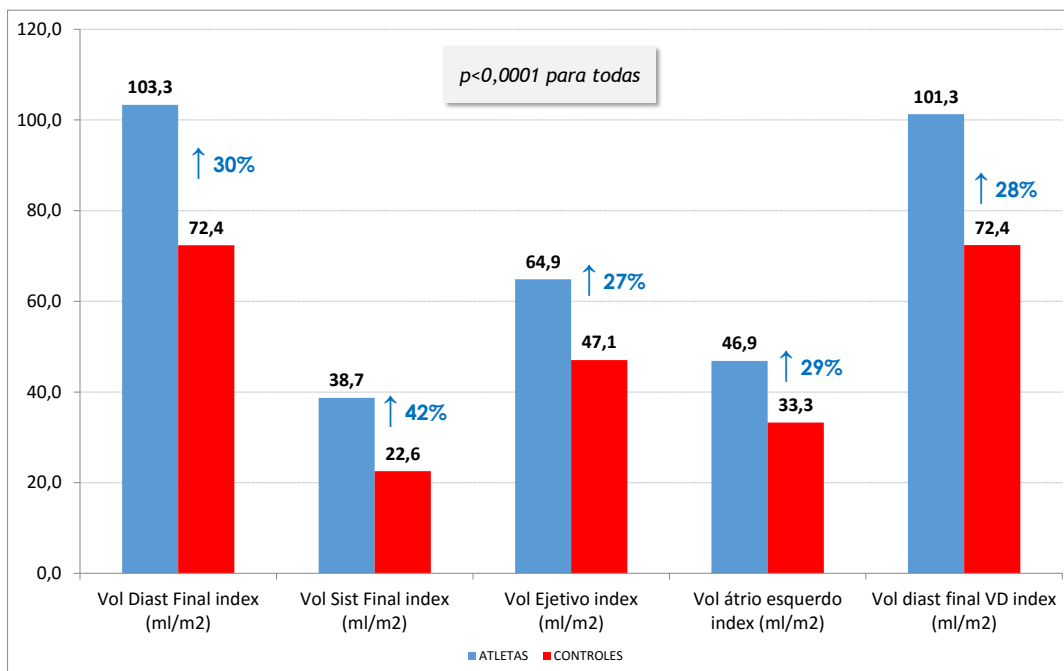


Gráfico 2: Expõe as frações de ejeção do ventrículo esquerdo e direito e a diferença percentual para o grupo controle.

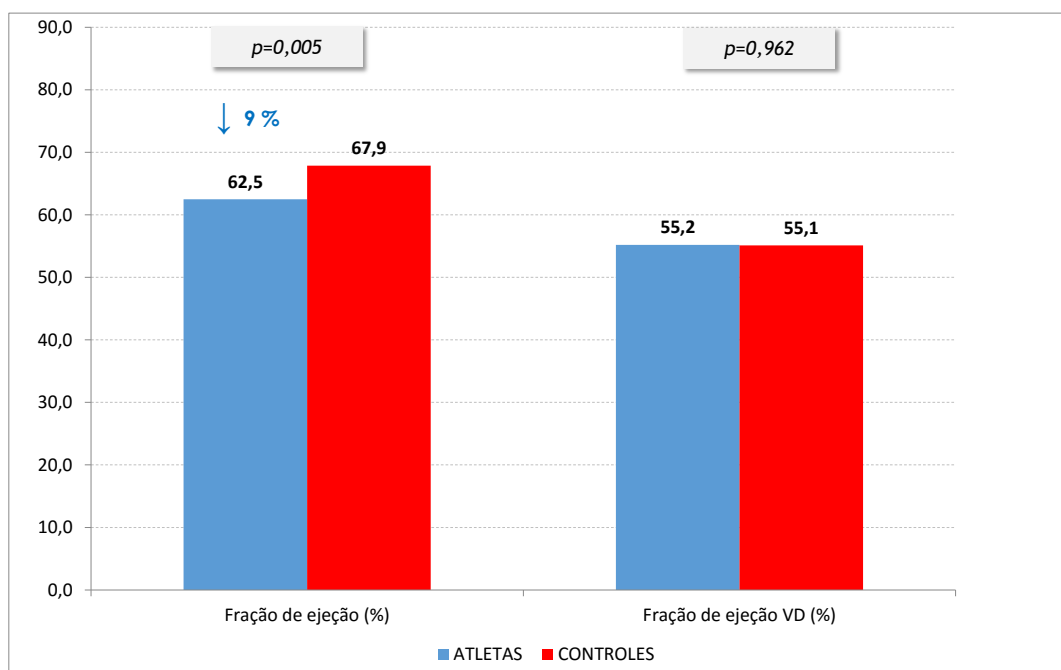


Gráfico 3: Expõe os Índices de massa, septo e parede lateral e a diferença percentual para o grupo controle.

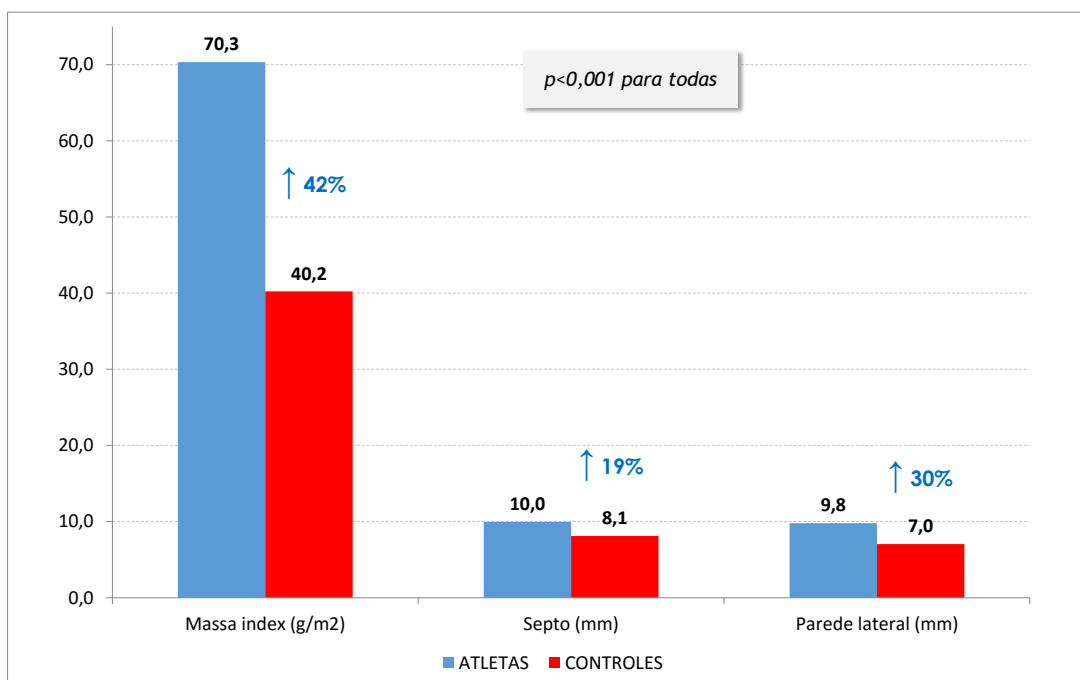
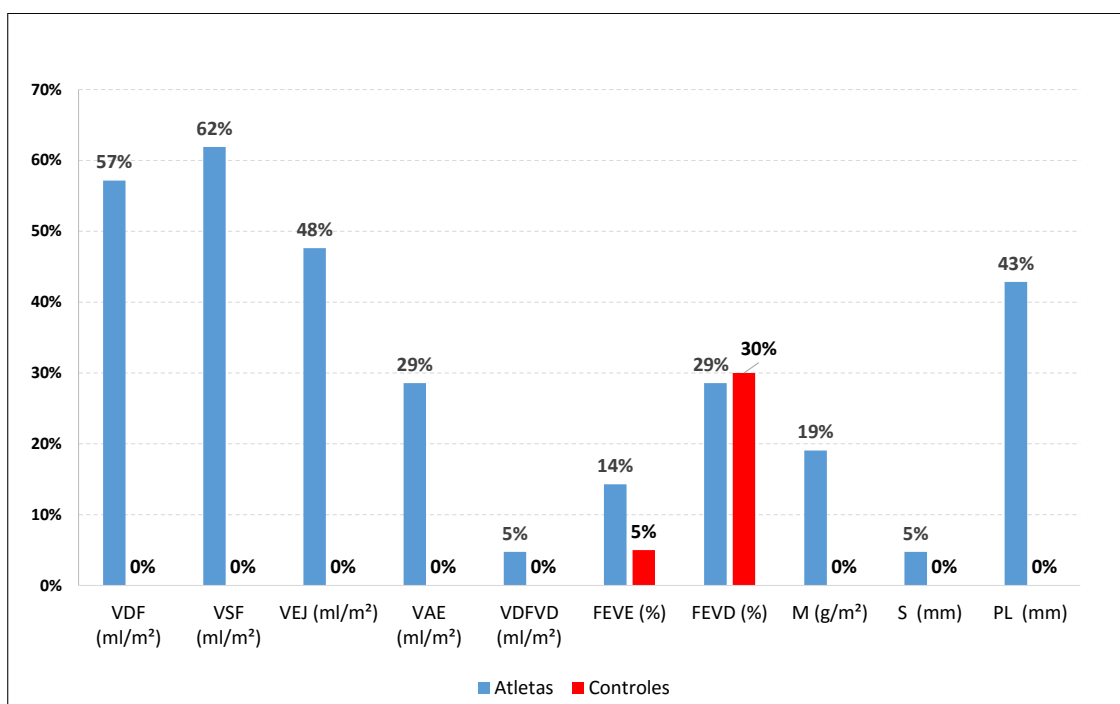


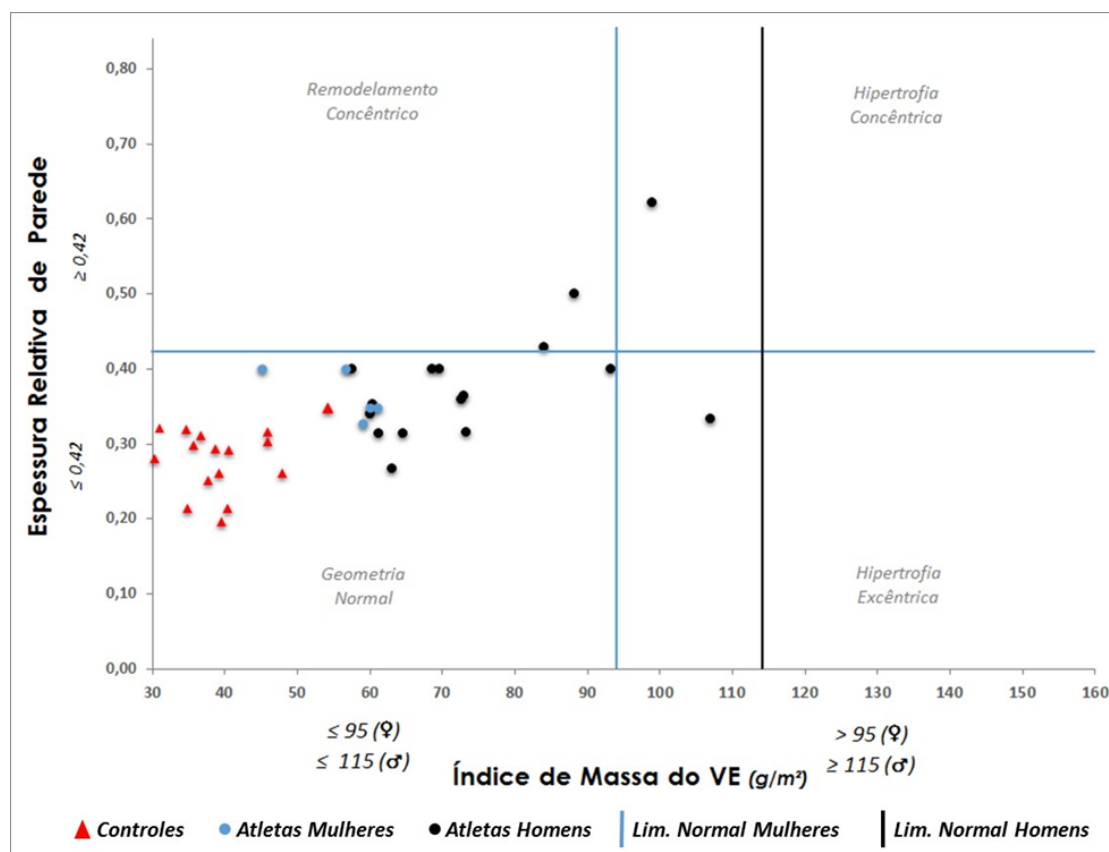
Gráfico 4: Expõe o percentual de triatletas que tiveram suas variáveis cardíacas acima dos limites superiores dos valores de referência para o exame de RM cardíaca em adultos.



### 6.3 Análise do Remodelamento Cardíaco e Identificação de Hipertrofia Cardíaca nos Triatletas Amadores

Na comparação da espessura relativa de parede com o índice de massa do VE indexado por superfície corporal, 3 triatletas do sexo masculino apresentaram remodelamento concêntrico (massa do VE normal com aumento da ERP  $\geq 0,42$ ). Seis triatletas (2 mulheres) apresentaram ERP  $\approx 0,40\text{mm}^2$ , o que confere uma geometria normal, porém limítrofe para o remodelamento concêntrico. Não houve triatletas que extrapolassem o índice de massa do VE de  $>95\text{g/m}^2$  (como descrito pela linha vertical azul, no gráfico 5) para mulheres e  $>115\text{g/m}^2$  (como descrito pela linha vertical preta, no gráfico 5) para homens, que configura hipertrofia concêntrica (ERP  $\geq 0,42$ ) ou excêntrica (ERP  $\leq 0,42$ ). Os valores de ERP de todos os triatletas pode ser observado na tabela 5 e a média no gráfico 6. As comparações de ERP e índice massa do VE podem ser melhor visualizadas no gráfico 5.

Gráfico 5: Relacionamento da ERP com o índice massa do VE dos triatletas.



Na análise da presença de hipertrofia fisiológica ou patológica na amostra de triatletas, nenhum dos indivíduos apresentou valores acima do ponto de corte 0,15 mm/m<sup>2</sup>/ml. Os valores do índice de remodelamento de todos os triatletas podem ser observados na tabela 5 e no gráfico 7.

Tabela 5: Espessura relativa de parede, índice de massa do VE indexada por superfície corporal e índice de remodelamento de todos os triatletas amadores.

	<b>Espessura Relativa de Parede</b>	<b>Índice de massa do VE</b>	<b>Índice de Remodelamento</b>
Triatleta 1	0,27	63,03	0,064
Triatleta 2*	0,40	56,73	0,112
Triatleta 3	0,35	60,35	0,098
Triatleta 4	0,40	68,61	0,088
Triatleta 5	0,40	93,32	0,093
Triatleta 6	0,36	72,56	0,095
Triatleta 7*	0,40	45,07	0,116
Triatleta 8*	0,35	60,98	0,109
Triatleta 9	0,40	69,63	0,098
Triatleta 10	0,31	64,63	0,089
Triatleta 11	0,34	60,02	0,093
Triatleta 12	0,50	88,19	0,116
Triatleta 13	0,40	57,61	0,103
Triatleta 14	0,36	72,98	0,108
Triatleta 15	0,32	73,22	0,083
Triatleta 16	0,62	98,91	0,148
Triatleta 17	0,43	84,00	0,128
Triatleta 18*	0,33	59,00	0,103
Triatleta 19	0,33	107,00	0,090
Triatleta 20*	0,35	60,00	0,103
Triatleta 21	0,31	61,16	0,094

\* Gênero Feminino



Gráfico 6: Espessura Relativa de Parede

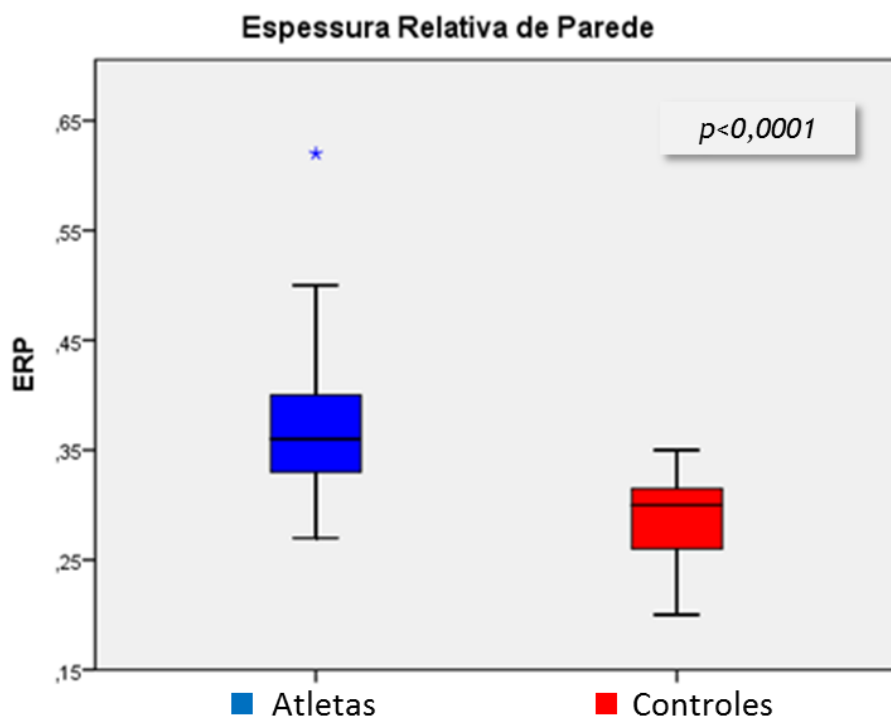
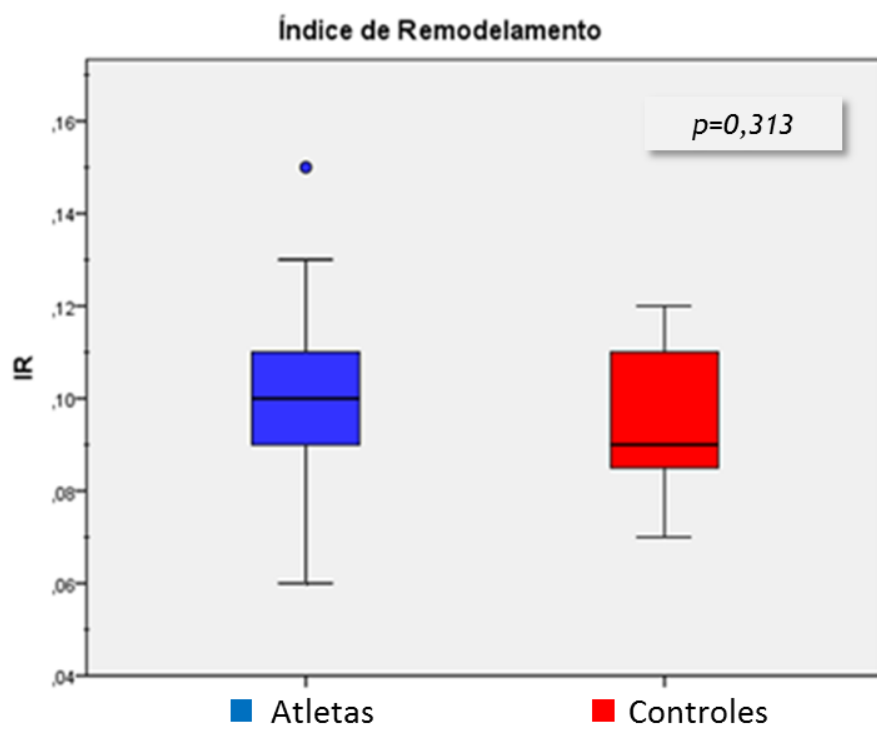


Gráfico 7: Índice de Remodelamento



#### 6.4 Análise do Grau de Relacionamento das Variáveis da RM Cardíaca e dos Índices de Remodelamento com o Volume de Treinamento Aeróbico Semanal dos Triatletas Amadores

Na associação linear bivariada do grau de relacionamento entre as variáveis com o volume de treinamento semanal pelo coeficiente de correlação de Pearson, somente a FEVE, VDF indexado, VEJ, VEJ indexado e S apresentaram correlação positiva, conforme demonstrado na tabela 6.

Tabela 6: Grau de relacionamento das variáveis, coeficiente de correlação e nível de significância.

Variável	Coeficiente de Correlação	valor de p
Fração de ejeção (%)	0,494	=0,02*
Vol. Diast Final (ml)	0,410	=0,06
Vol Diast Final index (ml/m <sup>2</sup> )	0,513	=0,01*
Vol. Sist. Final (ml)	-0,006	=0,981
Vol Sist. Final index (ml/m <sup>2</sup> )	-0,042	=0,858
Vol. Ejetivo (ml)	0,639	=0,002*
Vol. Ejetivo index (ml/m <sup>2</sup> )	0,750	<0,0001*
Massa (g)	0,359	=0,110
Massa Index (g/m <sup>2</sup> )	0,407	=0,067
Diâmetro diast final (mm)	-0,022	=0,925
Septo (mm)	0,459	=0,036*
Parede lateral (mm)	0,279	=0,220
Vol. átrio esquerdo (ml)	0,089	=0,701
Vol. átrio esquerdo index (ml/m <sup>2</sup> )	0,024	=0,918
Vol diast final VD (ml)	0,300	=0,187
Vol diast final VD index (ml/m <sup>2</sup> )	0,349	=0,121
Fração de ejeção VD (%)	-0,139	=0,549
ERP	0,317	=0,161
IR	0,053	=0,820

\* Correlação de Pearson significativa.

Houve forte associação do VEJ indexado por superfície corporal com o volume de treino aeróbico semanal, que pode ser melhor observado no gráfico 8, com coeficiente de correlação de 0,733 ( $p < 0,001$ ), contribuindo para o importante mecanismo de adaptação ao treinamento aeróbico e corrobora para um melhor desempenho atlético. O volume de treinamento aeróbico mostrou-se proporcional de forma menos relevante, porém, estatisticamente significativa, com o VDF indexado (gráfico 9), com FEVE (gráfico 10), e com a espessura do Septo (gráfico 11).

Gráfico 8: Correlação do VEJ indexado com o volume de treinamento.

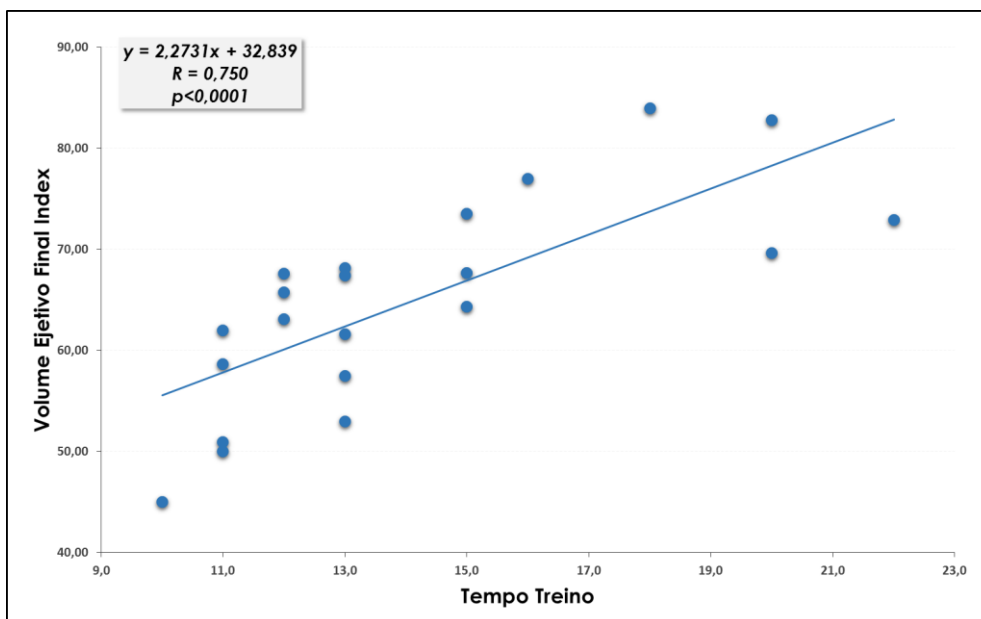


Gráfico 9: Correlação do VDF index com o volume de treinamento.

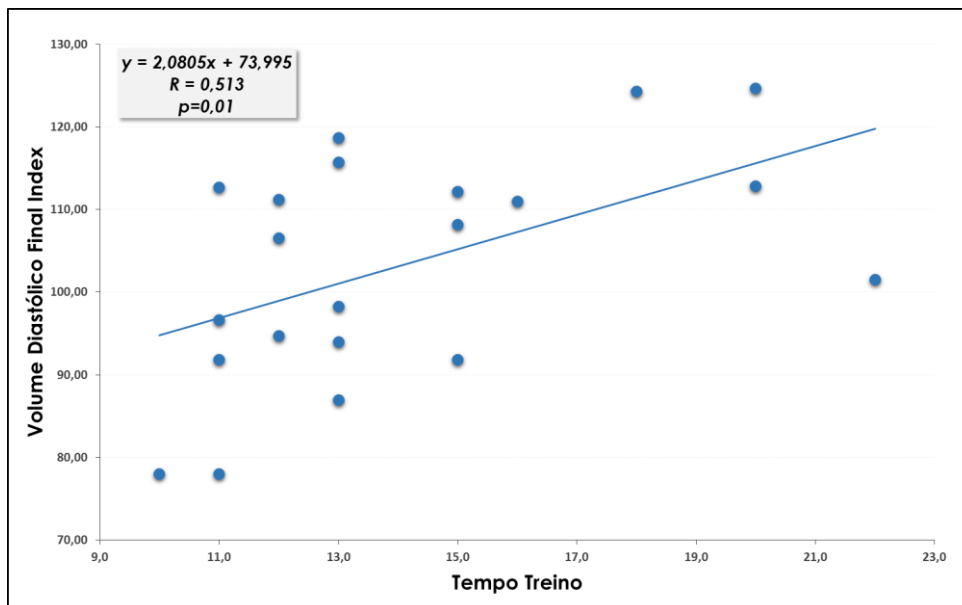


Gráfico 10: Correlação da FEVE com o volume de treinamento.

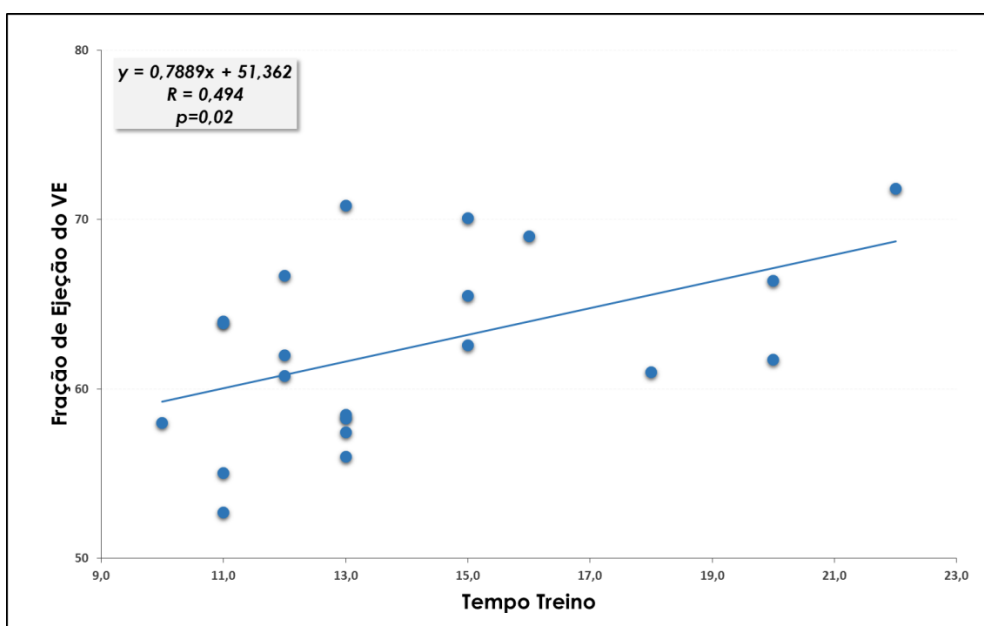
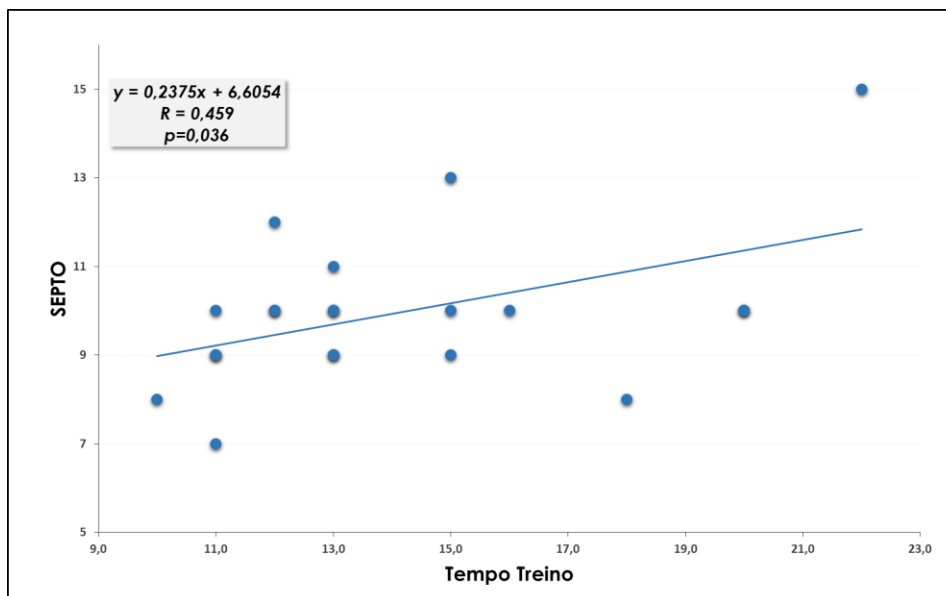


Gráfico 11: Correlação do Septo com o volume de treinamento.



### 6.5 Medida de Variabilidade Interobservador

A média das diferenças entre as medidas da RMC feitas por diferentes examinadores foi de zero, com desvio padrão de 1,3. O coeficiente de variação para as medidas de RMC foi de 5,2% e índice de concordância de Kappa de 0,89.

## 7 DISCUSSÃO

As repercussões do treinamento físico aeróbico e suas resultantes anatômicas e funcionais no miocárdio já nutrem sólida base teórica na literatura científica. Porém, até pouco tempo, não havia estudos que compreendessem os efeitos do remodelamento miocárdico de três disciplinas esportivas que congregam uma combinação de treinamento estático e dinâmico em um só desporto, como o triatlo. E ainda não existe estudo que compreenda tais adaptações cardiovasculares em praticantes amadores da modalidade. Somente um estudo de imagem de RM cardíaca com triatletas foi encontrado, e avaliando triatletas profissionais de classe mundial<sup>69</sup>, não contemplando assim o maior número de praticantes da modalidade no mundo.

Petersen e cols. não encontraram diferenças específicas por sexo no efeito do treinamento aeróbico em atletas de elite sobre os volumes de VE e VD, índices de massa e frações de ejeção, obtendo parâmetros equilibrados de dilatação e hipertrofia, aferidos por RM<sup>70</sup>, comprovando que a discrepância de gêneros no grupo de triatletas não tem relevância nos resultados obtidos, e reflete a porcentagem de praticantes de triatlo em cada gênero atualmente<sup>46</sup>.

Nossos achados no grupo de triatletas amadores mostraram um grande remodelamento do miocárdio quando comparado ao grupo controle, mostrando a clara resposta adaptativa ao treinamento físico de longo prazo, com todos os parâmetros anatômicos e hemodinâmicos maiores no grupo de triatletas, exceto a FEVD onde não houve diferença entre os grupos. Haykowsky e cols.<sup>71</sup>, analisaram mais de 812 pacientes em meta-análise e não identificaram efeito significativo do exercício na fração de ejeção. Bohm e cols.<sup>61</sup> também avaliaram a função ventricular direita e esquerda em atletas máster de elite e não encontraram prejuízo ou significativa mudança nas funções ventriculares direita e esquerda, corroborando com nossos resultados em que os volumes ventriculares podem estar aumentados sem repercussão significativa ou prejuízo nas frações de ejeção.

Os triatletas amadores podem ter tido a FEVE menor que no grupo controle devido ao VDF ter sofrido a maior dilatação entre as câmaras avaliadas, porém com aumento proporcional do VSF, sem que apresentassem nenhuma disfunção sistólica indicativa de cardiomiopatia, e não apresentaram função sistólica reduzida em

repouso, que pode ser outra característica específica do triatlo, contrastando com um estudo que avaliou corredores<sup>60</sup>, mostrando dilatação maior da câmara ventricular direita.

As medidas encontradas no grupo controle foram similares aos achados em controles de outros estudos com RM, validando a nossa seleção para esse grupo<sup>64,72</sup>. São necessárias mais de três horas de exercício por semana para que se tenha modificações anatômicas e volumétricas no miocárdio<sup>73</sup>, por essa razão, ter menos de três horas semanais de exercício físico fez parte do nosso critério de inclusão neste grupo, por conseguinte não comparamos a variável de volume de treinamento aeróbico semanal com o grupo de triatletas.

Na comparação dos achados na RM com as medidas anatômicas e funcionais de referência do exame, observamos que em todos os valores volumétricos e de massa, tiveram atletas acima do limite superior dos valores de referência para o exame, com destaque para os VDF e VSF do VE, 76% e 62% respectivamente, assinalando um remodelamento excêntrico oriundo da prática do triatlo. Entre os índices de Massa e espessuras de parede, o índice de PL obteve resultado expressivo com 43% dos triatletas acima do limite superior de normalidade, podendo indicar um remodelamento concêntrico combinado com o excêntrico para a modalidade. Somente 5% dos triatletas ficaram acima do limite superior de normalidade para o S, assim como 19% ficaram acima para o índice de M, sinalizando que o triatlo não parece impor grande sobrecarga de pressão no miocárdio a ponto de influenciar de forma significativa nos parâmetros que levam à hipertrofia concêntrica nos praticantes que tenham um volume semanal até 14 horas/semana de treinamento no triatlo, corroborando também com os achados em triatletas profissionais pesquisados por Scharf e cols.<sup>69</sup> e Spirito e cols.<sup>43</sup>.

Um dos primeiros mecanismos descritos sobre o remodelamento excêntrico e adaptação ao treinamento é o alargamento do átrio esquerdo<sup>74,75</sup>, no nosso estudo, 29% dos atletas ficaram acima do limite superior de normalidade para o teste, considerando valores atuais na literatura<sup>62</sup> que usam índices de 52 e 53ml/m<sup>2</sup> respectivamente para homens e mulheres. Ainda, que em resposta ao treinamento contínuo e prolongado, o aumento nas câmaras atrial e ventricular tendem a restabelecer o equilíbrio<sup>79</sup>, como no nosso estudo.

Na análise do grau e tipo de remodelamento, somente 3 triatletas homens tiveram  $ERP > 0,42$ , indicando remodelamento concêntrico. Mais 6 atletas tiveram  $ERP = 0,40$  apresentando geometria normal, porém, caminhando para um remodelamento concêntrico, somente um triatleta apresentou índice de massa aumentado e  $ERP$  abaixo de  $0,42$  indicando remodelamento eminentemente excêntrico, assim como somente um triatleta apresentou  $ERP$  acima de  $0,60$  e índice de massa do VE de  $98\text{g/m}^2$  caminhando para uma hipertrofia concêntrica. Em termos gerais, todos os triatletas apresentaram adaptações à exposição crônica ao treinamento físico, com aumentos proporcionais de cavidade e espessura de parede na grande maioria, apesar de haver uma tendência para o remodelamento concêntrico nesta amostra. Indicando que o triatlo, mesmo sendo considerado um exercício eminentemente aeróbico, impondo uma sobrecarga dinâmica (isotônica), de volume ao coração, pode acarretar uma combinação de sobrecarga dinâmica e estática, ou seja, tanto de volume como de pressão no miocárdio, como relatado por Scharf e cols.<sup>69</sup>. Ainda, que esta coorte de triatletas amadores, que executam três disciplinas esportivas de forma concomitante, pode ter adaptações mais robustas que foram encontradas em ciclistas profissionais<sup>80</sup>, e em corredores de elite<sup>76,81</sup> em detrimento de adaptações claras de hipertrofia excêntrica relatadas em nadadores de elite<sup>43,41</sup>.

Nenhum atleta ficou acima de  $0,15$  na análise do índice de remodelamento cardíaco. Somente um atleta homem obteve valor de  $0,14$  apresentando  $15\text{mm}$  de septo e  $101$  de VDF de VE, caminhando para hipertrofia concêntrica com grande aumento na espessura do septo, porém, ainda dentro dos limites de normalidade.

Nas correlações lineares de Pearson, os VDF e VEJ indexados, Septo e FEVE foram diretamente proporcionais com o volume de treinamento aeróbico semanal, mostrando claros parâmetros de adaptação hemodinâmica às custas do treinamento, e que a dilatação na câmara ventricular esquerda pressupõe aumento proporcional na espessura do septo, e estreita relação com o volume de treinamento.

Os resultados do grau de correlação das horas de treinamento com os achados na RM podem ser interpretados como uma clara adaptação de dose-resposta ao treinamento crônico, que preconiza uma adaptação à exigência imposta pelo volume de treinamento sendo diretamente proporcional ao aumento no



desempenho atlético, tornando o sistema cardiovascular mais eficiente frente a solicitação de frequência cardíaca e de débito cardíaco, redistribuição de fluxo e perfusão muscular<sup>82</sup>.

Nosso trabalho foi além de caracterizar o remodelamento miocárdico em uma coorte de triatletas amadores, pois mostrou que essas alterações são umas das principais, se não a principal adaptação ao treinamento físico e que mesmo indivíduos amadores podem ter parâmetros bem próximos de atletas profissionais de classe mundial, e mesmo assim, não compartilham semelhança com qualquer cardiopatia e não se enquadram em nenhum parâmetro de hipertrofia cardíaca.

O acompanhamento desta coorte seria interessante do ponto de vista prognóstico na evolução do remodelamento cardíaco de triatletas amadores. Neste sentido, seria oportuno produzir estudos que possam quantificar e delimitar com maior acurácia o volume e intensidade de treinamento de atletas amadores.

## 8 CONCLUSÃO

Mesmo praticado de forma amadora, o triatlo pode ser capaz de promover alterações cardíacas estruturais e funcionais significativas.

Este remodelamento mostrou-se considerável quando comparados aos padrões de normalidade e ao grupo controle.

A prática do triatlo parece levar ao remodelamento excêntrico, com aumentos cavitários e proporcional aumento nas espessuras de parede. Porém, este remodelamento não apresentou qualquer tipo de hipertrofia cardíaca para a coorte avaliada.

O treinamento aeróbico crônico tem clara relação de dose-resposta com o aumento nas variáveis cardíacas mesmo em indivíduos recreativos evidenciando um importante mecanismo de adequação ao treinamento proporcionando um melhor desempenho atlético.

## 9 REFERÊNCIAS

1. Spartano, N. L., Lyass, A., Larson, M. G., Lewis, G. D. & Vasan, R. S. Submaximal Exercise Systolic Blood Pressure and Heart Rate at 20 Years of Follow-up: Correlates in the Framingham Heart Study. *J. Am. Heart Assoc.* **5**, (2016).
2. Araújo, C. G. S. de, Herdy, A. H. & Stein, R. Maximum oxygen consumption measurement: valuable biological marker in health and in sickness. *Arq. Bras. Cardiol.* **100**, e51-53 (2013).
3. Sharma, S., Merghani, A. & Mont, L. Exercise and the heart: the good, the bad, and the ugly. *Eur. Heart J.* **36**, 1445–1453 (2015).
4. CBAAt. Confederação Brasileira de Atletismo. Disponível em: <<http://www.cbat.org.br>> Acesso em: 25 mai. 2014.
5. IAAF. International Association of Athletics Federations. Disponível em: <<http://www.iaaf.org>>. Acesso em: 22 mai. 2014.
6. CBTri. Confederação Brasileira de Triathlon. Disponível em <http://www.cbtri.org.br> Acesso em: 20 mai. 2014.
7. ITU. International Triathlon Union. Disponível em: <<http://www.triathlon.org>>. Acessado em 22 de mar. 2014.
8. Zaidi, A. & Sharma, S. Arrhythmogenic right ventricular remodelling in endurance athletes: Pandora's box or Achilles' heel? *Eur. Heart J.* **36**, 1955–1957 (2015).
9. Redpath, C. J. & Backx, P. H. Atrial fibrillation and the athletic heart. *Curr. Opin. Cardiol.* **30**, 17–23 (2015).
10. Lazovic-Popovic, B. *et al.* Is there relationship between dynamic volumes of pulmonary function and cardiac workload (maximal oxygen uptake) in young athletes? *Rev. Port. Pneumol.* (2016). doi:10.1016/j.rppnen.2016.02.004
11. Chevalier, L. *et al.* Athlete's heart patterns in elite rugby players: effects of training specificities. *Arch. Cardiovasc. Dis.* **106**, 72–78 (2013).

12. Scharhag, J. *et al.* Athlete's heart: right and left ventricular mass and function in male endurance athletes and untrained individuals determined by magnetic resonance imaging. *J. Am. Coll. Cardiol.* **40**, 1856–1863 (2002).
13. Arbab-Zadeh, A. *et al.* Cardiac Remodeling in Response to 1 Year of Intensive Endurance Training. *Circulation* **130**, 2152–2161 (2014).
14. Henrich, T. & Soukup, G. what swimming coaches should know about atrial fibrillation and cardiac health. *Journal Swimming Res.* **Vol. 19:2**,
15. Santoro, A. *et al.* Endurance and Strength Athlete's Heart: Analysis of Myocardial Deformation by Speckle Tracking Echocardiography. *J. Cardiovasc. Ultrasound* **22**, 196–204 (2014).
16. Popkin, B. M. The nutrition transition in low-income countries: an emerging crisis. *Nutr. Rev.* **52**, 285–298 (1994).
17. Condon, B. A controlled trial of health promotion programs in 11-year-olds using physical activity 'enrichment' for higher risk children. *Pediatr. Phys. Ther. Off. Publ. Sect. Pediatr. Am. Phys. Ther. Assoc.* **14**, 113–115 (2002).
18. Gomes, V. B., Siqueira, K. S. & Sichieri, R. [Physical activity in a probabilistic sample in the city of Rio de Janeiro]. *Cad. Saúde Pública* **17**, 969–976 (2001).
19. Dannenberg, A. L., Keller, J. B., Wilson, P. W. & Castelli, W. P. Leisure time physical activity in the Framingham Offspring Study. Description, seasonal variation, and risk factor correlates. *Am. J. Epidemiol.* **129**, 76–88 (1989).
20. Kimm, S. Y. S. *et al.* Decline in physical activity in black girls and white girls during adolescence. *N. Engl. J. Med.* **347**, 709–715 (2002).
21. Korpelainen, R. *et al.* Exercise capacity and mortality - a follow-up study of 3033 subjects referred to clinical exercise testing. *Ann. Med.* 1–8 (2016).  
doi:10.1080/07853890.2016.1178856
22. Sherman, S. E., D'Agostino, R. B., Silbershatz, H. & Kannel, W. B. Comparison of past versus recent physical activity in the prevention of premature death and coronary artery disease. *Am. Heart J.* **138**, 900–907 (1999).

23. Laukkanen, J. A. *et al.* Cardiovascular fitness as a predictor of mortality in men. *Arch. Intern. Med.* **161**, 825–831 (2001).
24. Richardson, C. R., Kriska, A. M., Lantz, P. M. & Hayward, R. A. Physical activity and mortality across cardiovascular disease risk groups. *Med. Sci. Sports Exerc.* **36**, 1923–1929 (2004).
25. Rego, R. A. *et al.* [Risk factors for chronic non-communicable diseases: a domiciliary survey in the municipality of São Paulo, SP (Brazil). Methodology and preliminary results]. *Rev. Saúde Pública* **24**, 277–285 (1990).
26. Gielen, S., Schuler, G. & Hambrecht, R. Exercise training in coronary artery disease and coronary vasomotion. *Circulation* **103**, E1-6 (2001).
27. Niebauer, J. *et al.* Impact of intensive physical exercise and low-fat diet on collateral vessel formation in stable angina pectoris and angiographically confirmed coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* **76**, 771–775 (1995).
28. Haskell, W. L. *et al.* Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med. Sci. Sports Exerc.* **39**, 1423–1434 (2007).
29. *Global Recommendations on Physical Activity for Health.* (World Health Organization, 2010).
30. Jackson, M. C., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A. & Cullen-Carroll, N. Towards standardization of the nomenclature of resistance training exercises. *J. Strength Cond. Res. Natl. Strength Cond. Assoc.* **27**, 1441–1449 (2013).
31. Balady, G. J. *et al.* Clinician’s Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* **122**, 191–225 (2010).
32. Araújo, C. G. S. & Scharhag, J. Athlete: a working definition for medical and health sciences research. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **26**, 4–7 (2016).

33. Kannel, W. B., Belanger, A., D'Agostino, R. & Israel, I. Physical activity and physical demand on the job and risk of cardiovascular disease and death: the Framingham Study. *Am. Heart J.* **112**, 820–825 (1986).
34. Andersen, L. B., Schnohr, P., Schroll, M. & Hein, H. O. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. *Arch. Intern. Med.* **160**, 1621–1628 (2000).
35. Paffenbarger, null & Lee, null. Intensity of physical activity related to incidence of hypertension and all-cause mortality: an epidemiological view. *Blood Press. Monit.* **2**, 115–123 (1997).
36. Manson, J. E. *et al.* A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *N. Engl. J. Med.* **341**, 650–658 (1999).
37. Biffi, A. *et al.* Relation between training-induced left ventricular hypertrophy and risk for ventricular tachyarrhythmias in elite athletes. *Am. J. Cardiol.* **101**, 1792–1795 (2008).
38. Maron, B. J. & Pelliccia, A. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation* **114**, 1633–1644 (2006).
39. Pluim, B. M., Zwinderman, A. H., van der Laarse, A. & van der Wall, E. E. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* **101**, 336–344 (2000).
40. Morganroth, J., Maron, B. J., Henry, W. L. & Epstein, S. E. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann. Intern. Med.* **82**, 521–524 (1975).
41. Knackstedt, C. *et al.* Long-term follow-up of former world-class swimmers: evaluation of cardiovascular function. *Heart Vessels* **30**, 369–378 (2015).
42. Hoogsteen, J., Hoogeveen, A., Schaffers, H., Wijn, P. F. F. & van der Wall, E. E. Left atrial and ventricular dimensions in highly trained cyclists. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* **19**, 211–217 (2003).

43. Spirito, P. *et al.* Morphology of the 'athlete's heart' assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *Am. J. Cardiol.* **74**, 802–806 (1994).
44. Abergel, E. *et al.* Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists: implications for disease screening and follow-up. *J. Am. Coll. Cardiol.* **44**, 144–149 (2004).
45. Pelliccia, A. *et al.* Remodeling of left ventricular hypertrophy in elite athletes after long-term deconditioning. *Circulation* **105**, 944–949 (2002).
46. Stiefel, M., Rüst, C. A., Rosemann, T. & Knechtle, B. A comparison of participation and performance in age-group finishers competing in and qualifying for Ironman Hawaii. *Int. J. Gen. Med.* **6**, 67–77 (2013).
47. FTERJ. Federação de Triathlon do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.triathlon.org.br>>. Acessado em 25 mai. 2014.
48. triathlon OR triathlon OR triazolo - PubMed - NCBI. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=triathlon+OR+triatlon+OR+triatlo>. (Accessed: 22nd July 2016)
49. Mitchell, J. H., Haskell, W., Snell, P. & Van Camp, S. P. Task Force 8: classification of sports. *J. Am. Coll. Cardiol.* **45**, 1364–1367 (2005).
50. Scharhag, J., Löllgen, H. & Kindermann, W. Competitive sports and the heart: benefit or risk? *Dtsch. Ärztebl. Int.* **110**, 14-23–2 (2013).
51. Lepers, R., Rüst, C. A., Stapley, P. J. & Knechtle, B. Relative improvements in endurance performance with age: evidence from 25 years of Hawaii Ironman racing. *Age* **35**, 953–962 (2013).
52. Knechtle, B., Rüst, C. A., Rosemann, T. & Lepers, R. Age and gender differences in half-Ironman triathlon performances - the Ironman 70.3 Switzerland from 2007 to 2010. *Open Access J. Sports Med.* **3**, 59–66 (2012).
53. Harris, K. M., Henry, J. T., Rohman, E., Haas, T. S. & Maron, B. J. Sudden death during the triathlon. *JAMA* **303**, 1255–1257 (2010).

54. PR Newswire: press release distribution, targeting, monitoring and marketing. Available at: <http://www.prnewswire.com/>. (Accessed: 21st July 2016)
55. IRONMAN. Disponível em: <<http://www.ironman.com>> Acesso em: 30 mai. 2016.
56. Zaryski, C. & Smith, D. J. Training principles and issues for ultra-endurance athletes. *Curr. Sports Med. Rep.* **4**, 165–170 (2005).
57. Frouge, C. *et al.* The role of magnetic resonance imaging in the evaluation of Ewing sarcoma. A report of 27 cases. *Skeletal Radiol.* **17**, 387–392 (1988).
58. van Trommel, M. F., Kroon, H. M., Bloem, J. L., Hogendoorn, P. C. & Taminiau, A. H. MR imaging based strategies in limb salvage surgery for osteosarcoma of the distal femur. *Skeletal Radiol.* **26**, 636–641 (1997).
59. Gersh, B. J. *et al.* 2011 ACCF/AHA Guideline for the Diagnosis and Treatment of Hypertrophic Cardiomyopathy: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Developed in Collaboration With the American Association for Thoracic Surgery, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J. Am. Coll. Cardiol.* **58**, 2703–2738 (2011).
60. Perseghin, G. *et al.* Effect of the sporting discipline on the right and left ventricular morphology and function of elite male track runners: a magnetic resonance imaging and phosphorus 31 spectroscopy study. *Am. Heart J.* **154**, 937–942 (2007).
61. Bohm, P. *et al.* Right and Left Ventricular Function and Mass in Male Elite Master Athletes: A Controlled Contrast-Enhanced Cardiovascular Magnetic Resonance Study. *Circulation* **133**, 1927–1935 (2016).
62. Kawel-Boehm, N. *et al.* Normal values for cardiovascular magnetic resonance in adults and children. *J. Cardiovasc. Magn. Reson. Off. J. Soc. Cardiovasc. Magn. Reson.* **17**, 29 (2015).



63. Petersen, S. E. *et al.* Differentiation of athlete's heart from pathological forms of cardiac hypertrophy by means of geometric indices derived from cardiovascular magnetic resonance. *J. Cardiovasc. Magn. Reson. Off. J. Soc. Cardiovasc. Magn. Reson.* **7**, 551–558 (2005).
64. Pluim, B. M. *et al.* Cardiac anatomy, function and metabolism in elite cyclists assessed by magnetic resonance imaging and spectroscopy. *Eur. Heart J.* **17**, 1271–1278 (1996).
65. Gottlieb I, Camargo GC & Derenne ME. Ressonância Magnética em Cardiomiopatia Hipertrófica. *Arq. Bras. Cardiol.* **27(3)**, 202–7 (2014).
66. Schulz-Menger, J. *et al.* Standardized image interpretation and post processing in cardiovascular magnetic resonance: Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) board of trustees task force on standardized post processing. *J. Cardiovasc. Magn. Reson. Off. J. Soc. Cardiovasc. Magn. Reson.* **15**, 35 (2013).
67. Lang, R. M. *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. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging* **16**, 233–270 (2015).
68. Bartko, J. J. The intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. *Psychol. Rep.* **19**, 3–11 (1966).
69. Scharf, M. *et al.* Atrial and ventricular functional and structural adaptations of the heart in elite triathletes assessed with cardiac MR imaging. *Radiology* **257**, 71–79 (2010).
70. Petersen, S. E. *et al.* Sex-specific characteristics of cardiac function, geometry, and mass in young adult elite athletes. *J. Magn. Reson. Imaging JMRI* **24**, 297–303 (2006).
71. Haykowsky, M. J. *et al.* A meta-analysis of the effect of exercise training on left ventricular remodeling in heart failure patients: the benefit depends on the type of training performed. *J. Am. Coll. Cardiol.* **49**, 2329–2336 (2007).

72. Riley-Hagan, M. *et al.* Left ventricular dimensions and mass using magnetic resonance imaging in female endurance athletes. *Am. J. Cardiol.* **69**, 1067–1074 (1992).
73. Fagard, R. Athlete's heart. *Heart Br. Card. Soc.* **89**, 1455–1461 (2003).
74. Pelliccia, A. *et al.* Prevalence and clinical significance of left atrial remodeling in competitive athletes. *J. Am. Coll. Cardiol.* **46**, 690–696 (2005).
75. Leischik, R., Spelsberg, N., Niggemann, H., Dworrak, B. & Tiroch, K. Exercise-induced arterial hypertension - an independent factor for hypertrophy and a ticking clock for cardiac fatigue or atrial fibrillation in athletes? *F1000Research* **3**, 105 (2014).
76. Pluim, B. M., Zwinderman, A. H., van der Laarse, A. & van der Wall, E. E. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* **101**, 336–344 (2000).
77. Leischik, R., Spelsberg, N., Niggemann, H., Dworrak, B. & Tiroch, K. Exercise-induced arterial hypertension - an independent factor for hypertrophy and a ticking clock for cardiac fatigue or atrial fibrillation in athletes? *F1000Research* **3**, 105 (2014).
78. Mosén, H. & Steding-Ehrenborg, K. Atrial remodelling is less pronounced in female endurance-trained athletes compared with that in male athletes. *Scand. Cardiovasc. J. SCJ* **48**, 20–26 (2014).
79. Prakken, N. H. *et al.* Relationship of ventricular and atrial dilatation to valvular function in endurance athletes. *Br. J. Sports Med.* **45**, 178–184 (2011).
80. Abergel, E. *et al.* Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists: implications for disease screening and follow-up. *J. Am. Coll. Cardiol.* **44**, 144–149 (2004).
81. Blythe, D. A. J. & Király, F. J. Prediction and Quantification of Individual Athletic Performance of Runners. *PloS One* **11**, e0157257 (2016).

82. Azevedo, L. F. *et al.* Cardiac and metabolic characteristics in long distance runners of sport and exercise cardiology outpatient facility of a tertiary hospital. *Arq. Bras. Cardiol.* **88**, 17–25 (2007).
83. Biffi, A. *et al.* Relation between training-induced left ventricular hypertrophy and risk for ventricular tachyarrhythmias in elite athletes. *Am. J. Cardiol.* 101, 1792–1795 (2008).
84. Grothues, F. *et al.* Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography in normal subjects and in patients with heart failure or left ventricular hypertrophy. *Am. J. Cardiol.* 90, 29–34 (2002).

