

ARTIGO ORIGINAL

Remodelagem Cardíaca Adicional Induzida pelo Treinamento Militar Intenso em Atletas de Nível Competitivo

Additional Cardiac Remodeling Induced by Intense Military Training in Competitive Athletes

Paulo Dinis^{1,2}, Hélder Dores³, Rogério Teixeira^{1,4}, Luís Moreno², Joselito Mónico², Marie Bergman⁵, Hanna Lekedal⁵, Maria Carmo Cachulo¹, Joaquim Cardoso², Lino Gonçalves^{1,4}

Serviço de Cardiologia, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra¹, Coimbra - Portugal;

Centro de Saúde Militar de Coimbra², Coimbra, Portugal;

Hospital das Forças Armadas³, Lisboa - Portugal;

Faculdade de Medicina Universidade de Coimbra⁴, Coimbra - Portugal;

University of Linköping⁵ - Suécia

Resumo

Fundamento: A remodelagem cardíaca depende da intensidade, da duração e do método de treinamento.

Objetivo: Avaliar se o treinamento realizado em uma tropa especial portuguesa incrementa a remodelagem cardíaca em uma amostra de jovens que previamente praticavam esporte de competição.

Métodos: Estudo prospectivo que incluiu 76 militares candidatos a tropas especiais, 45 dos quais praticavam previamente exercício físico de nível competitivo (> 10 horas por semana). Destes militares atletas, apenas 17 concluíram com sucesso o curso. A avaliação foi realizada com 6 meses de intervalo e incluiu história clínica completa, exame físico, sinais vitais, dados antropométricos e avaliação ecocardiográfica. Considerou-se significância estatística quando $p < 0,05$, com intervalo de confiança de 95%.

Resultados: No final do curso, verificaram-se diminuição da porcentagem de massa gorda ($19,1 \pm 3,3\%$ vs. $13,1 \pm 3,5\%$; $p < 0,01$), aumento da porcentagem de massa muscular ($41,3 \pm 2,1\%$ vs. $44,4 \pm 1,8\%$; $p < 0,01$), e diminuição da pressão arterial sistólica, diastólica e frequência cardíaca. Em relação à remodelagem cardíaca, verificaram-se aumento do diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo ($49,7 \pm 3,2$ mm vs. $52,8 \pm 3,4$ mm; $p < 0,01$), aumento tendencial do volume do átrio esquerdo ($27,3 \pm 4,5$ mL/m² vs. $28,2 \pm 4,1$ mL/m²; $p = 0,07$) e aumento da massa do ventrículo esquerdo ($93,1 \pm 7,7$ g/m² vs. $100,2 \pm 11,4$ g/m²; $p < 0,01$). As variáveis funcionais também sofreram alterações, com aumento do S' (15 (13-16) cm/s vs. 17 (16-18) cm/s; $p < 0,01$) e diminuição da fração de ejeção do ventrículo esquerdo ($60 \pm 6\%$ vs. $54 \pm 6\%$; $p < 0,01$).

Conclusão: O treinamento físico militar intenso provocou remodelagem cardíaca adicional em atletas de nível competitivo, tanto estrutural como funcional. (Int J Cardiovasc Sci. 2018;31(3)209-217)

Palavras-chave: Remodelamento Atrial, Exercício, Atletas, Militares.

Abstract

Background: Cardiac remodeling depends on the intensity, duration, and training method.

Objective: To evaluate if the training performed in a Portuguese military special operations troop increases cardiac remodeling in a sample of young individuals who previously practiced competitive sports.

Methods: A prospective study involving 76 military candidates for military special operations, 45 of whom previously practiced at competitive level (> 10 hours per week). Of these military athletes, only 17 successfully completed the course. The evaluation was performed at 6 months intervals and included a complete clinical history, physical examination, vital signs, anthropometric data and echocardiographic evaluation. Statistical significance was considered when $p < 0.05$, with a 95% confidence interval.

Results: At the end of the course, there was a decrease in the percentage of fat mass ($19.1 \pm 3.3\%$ vs. $13.1 \pm 3.5\%$; $p < 0.01$), an increase in the percentage of lean mass ($41.3 \pm 2.1\%$ vs. $44.4 \pm 1.8\%$; $p < 0.01$), and decreased systolic and diastolic blood pressure and heart rate. Regarding cardiac remodeling, there was an increase in left ventricular diastolic diameter (49.7 ± 3.2 mm vs. 52.8 ± 3.4 mm; $p < 0.01$), an increase trend in left atrial volume (27.3 ± 4.5 mL/m² vs. 28.2 ± 4.1 mL/m²; $p = 0.07$) and increased left ventricular mass (93.1 ± 7.7 g/m² vs. 100.2 ± 11.4 g/m²; $p < 0.01$). Functional variables also changed, with an increase in S' (15 (13-16) cm/s vs. 17 (16-18) cm/s; $p < 0,01$) and a decrease in left ventricular ejection fraction ($60 \pm 6\%$ vs. $54 \pm 6\%$; $p < 0.01$).

Conclusion: Intense military physical training resulted in additional cardiac remodeling in athletes of competitive level, both structural and functional. (Int J Cardiovasc Sci. 2018;31(3)209-217)

Keywords: Atrial Remodeling; Exercise; Athletes; Military Personnel.

Full texts in English - <http://www.onlinejcs.org>

Correspondência: Paulo Dinis

Centro Hospitalar de Coimbra Quinta dos Vales - 3041-801 São Martinho do Bispo, Coimbra - Portugal

E-mail: paulogdinis@gmail.com, dinis17@hotmail.com

Introdução

Desde o século 19, são conhecidas adaptações cardíacas induzidas pelo exercício físico. Henschen, em 1899, reconheceu cardiomegalia em esquiadores de longas distâncias por meio de percussão da silhueta cardíaca, concluindo que este aumento estava relacionado com dilatação das cavidades e hipertrofia das paredes do ventrículo esquerdo (VE) e que estas alterações se traduziam em benefícios físicos para os atletas.^{1,2} Com a evolução dos meios complementares de diagnóstico, principalmente a ecocardiografia, Morganroth et al.,³ elaboraram, em 1975, a hipótese das alterações morfológicas cardíacas estarem dependentes da sobrecarga hemodinâmica associada ao exercício físico: exercício dinâmico associado à hipertrofia excêntrica pela sobrecarga de volume, resultando no aumento das cavidades cardíacas pela adição de sarcômeros em série; e exercício estático associado à hipertrofia concêntrica pela sobrecarga de pressão, com hipertrofia das paredes do VE e adição de sarcômeros em paralelo.³⁻⁵

Diferentes esportes e métodos de treinamento originam padrões de remodelagem cardíaca variados. É expectável encontrar uma hipertrofia predominantemente excêntrica em um maratonista, e concêntrica em um halterofilista.⁶ No entanto, grande parte dos esportes mais praticados na atualidade apresenta influência dos dois componentes do exercício (o dinâmico e o estático), sendo menos previsível a adaptação que estes atletas podem sofrer. A intensidade, duração e frequência do exercício físico são características que podem condicionar diferentes padrões de remodelagem cardíaca. Os treinamentos de alta intensidade estão associados a alterações estruturais e funcionais mais marcadas.^{7,8}

O objetivo deste trabalho foi verificar se existe remodelagem cardíaca adicional em atletas de nível competitivo, quando expostos a um protocolo de treinamento de alta intensidade realizado em um curso militar de tropas especiais.

Métodos

Estudo observacional e prospectivo, que avaliou militares no início e no final de um curso de tropas especiais. Os militares selecionados eram candidatos a completar o curso de tropas especiais, o Comando do Exército Português. Ingressaram 76 candidatos, dos quais 45 eram previamente atletas, que competiam em diferentes modalidades. Apenas 17 militares concluíram

o curso com sucesso, sendo todos atletas. As avaliações decorreram entre janeiro e junho de 2016. Nestas avaliações, com 6 meses de intervalo, efetuou-se história clínica completa com preenchimento de um questionário médico, exame físico, avaliação antropométrica e ecocardiograma transtorácico (ETT). As avaliações foram precedidas por um período de repouso de pelo menos 12 horas. Um eletrocardiograma (ECG) também foi realizado em todos os participantes, como método de rastreio cardiovascular.

Todos os indivíduos assinaram o Termo de Consentimento Informado antes de participarem no estudo. O protocolo do estudo foi autorizado pela Comissão de Ética da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra (protocolo de referência 087/2015).

Características da população estudada

Todos os militares que concluíram o curso eram considerados previamente atletas de nível competitivo. Faziam exercício físico de competição (> 10 horas semanais), participando em provas regionais e nacionais. Embora esta atividade não fosse o principal meio econômico de sustentação, todos eles tinham regalias e benefícios decorrentes do seu desempenho esportivo. Os atletas mantiveram o nível de empenho físico em suas diferentes modalidades, até a primeira avaliação realizada pelos investigadores. As modalidades praticadas podem ser observadas na Tabela 1. Durante o curso de tropas especiais, eles suspenderam o treinamento prévio, sendo que o exercício físico realizado foi unicamente o decorrente do treinamento ministrado no curso militar.

Características do treinamento físico militar em um curso de tropas especiais

O curso de tropas especiais era constituído por um componente de treinamento físico geral e outro de treinamento físico militar. No treinamento físico geral, os militares eram sujeitos a exercícios físicos dinâmico e estático, praticando várias modalidades, como atletismo, esportes coletivos (futebol ou basquetebol), natação e esportes de combate (boxe, por exemplo).

O treinamento físico militar combinava a vertente de educação física ajustada às especificidades militares. Para isto, os militares realizavam exercícios dinâmicos (corrida de longas distâncias, corridas longas intercaladas com corrida de velocidade e marcha), estáticos (transporte de cargas e levantamento de pesos) e mistos (pistas de obstáculos, entre outras atividades).

Tabela 1 - Características basais da amostra em estudo

Caraterísticas basais da amostra	Militares (n = 17)
Características demográficas	
Idade, anos	20 (20-24)
Masculino, %	17 (100)
Caucasiano, %	17 (100)
Características antropométricas	
Peso, kg	75,2 ± 7,8
Massa magra, %	41,3 ± 2,1
Massa gorda, %	19,1 ± 3,3
PAS, mmHg	128 ± 10
PAD, mmHg	73 ± 7
FC, bpm	66 ± 12
História desportiva	
Anos de competição	7,4 ± 3,4
Horas de treino/dia, história desportiva	2,3 ± 0,6
Horas de treino/dia, curso militar	4,0 ± 0,5
Modalidades praticadas no passado	
Atletismo	
Corredor de fundo 5.000 e 10.000 m	2
Velocista de 100 e 200 m	2
Arremessador de peso	1
Futebol de 11	4
Futsal	2
Rúgbi	2
Canoagem	1
Natação	1
Andebol	1
Artes marciais	1

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca.

O programa de treinamento do curso de tropas especiais foi realizado em duas fases. A primeira foi de 10 semanas, e os militares estavam sujeitos a exercício físico de intensidade vigorosa, procurando atingir aproximadamente 77 a 95% da frequência cardíaca (FC) máxima,⁹ com frequência de cinco vezes por semana e

durante média de 4 horas diárias, combinando diferentes tipos de exercício. A segunda fase teve duração de 15 semanas de exercício físico de intensidade vigorosa (cerca de 77 a 95% da FC máxima) intercalando com períodos de exercício de intensidade quase máximo ou máximo (> 96% da FC máxima),⁹ frequência de cinco vezes por semana, durante uma média de 4 horas diárias, alternando diferentes tipos de exercício.

Avaliação clínica

Todos os participantes foram submetidos a um exame físico e história clínica, com análise dos fatores de risco cardiovasculares (FRCV), hábitos farmacológicos e alimentares, horas de treinamento durante o curso militar e história esportiva.

Avaliação antropométrica

A avaliação antropométrica foi realizada sob a coordenação da equipe de enfermagem, sendo os militares avaliados com uma balança digital de corpo inteiro com bioimpedância (HBF510W, OMRON®), que permitiu determinar o peso, porcentagem de massa gorda (MG) e massa muscular (MM) e altura (determinada por meio de fita métrica). As medições da pressão arterial sistólica (PAS) e da diastólica (PAD), bem como a FC, foram avaliadas com um medidor de pressão arterial de braço (HEM 7113, OMRON®), de acordo com as recomendações atuais.¹⁰

Para predição da FC máxima foi utilizado o modelo indireto a partir da equação FC máxima = 220 - idade. Foram calculadas variáveis: variação (Δ)peso, Δ MM, Δ MG; Δ PAS, Δ PAD, Δ FC pela fórmula: [(parâmetro final - parâmetro inicial) / parâmetro inicial x 100].

Avaliação eletrocardiográfica

Todos os ECG de 12 derivações foram realizados por técnicos cardiopneumologistas (eletrocardiógrafo modelo 1200HR, NORAV®) e interpretados por dois cardiologistas, de acordo com os critérios refinados,¹¹ sendo que um deles estava cego para as condições do estudo.

Avaliação ecocardiográfica

Todos os ETT (Vivid 7, GE Healthcare®) foram realizados por um cardiologista e revistos por um especialista em ecocardiografia cego para as condições

do estudo. O estudo ecocardiográfico foi completo, com as janelas ecocardiográficas obtidas de acordo com as recomendações atuais da Sociedade Europeia de Cardiologia.^{12,13} Os dados foram gravados digitalmente para análise *off-line* com o *software* Echopac GE Healthcare (Horton, Norway®). As medições das paredes do VE, septo interventricular (SIV) e parede posterior do VE (PPVE), tal como o diâmetro diastólico do VE (DDVE), foram adquiridas na janela paraesternal eixo longo. A espessura relativa das paredes (ERP) foi calculada pela fórmula $[(2 * PPVE) / DDVE]$.

Utilizou-se a regra de Simpson modificada para determinar os volumes e fração de ejeção do VE (FEVE) e volume do átrio esquerdo (AE). Indexaram-se os resultados à área de superfície corporal (ASC). A massa do VE foi calculada pela fórmula de Devereux's.¹³

O Doppler pulsado foi adquirido em janela apical de quatro câmaras. As imagens do Doppler tecidual do anel mitral e tricúspide foram obtidas, e foram determinadas as ondas E, e' e a velocidade da onda S', respectivamente.

Utilizou-se a ecocardiografia bidimensional com *speckle tracking* para calcular a deformação longitudinal global (DLG) do VE. As imagens foram adquiridas

em janela apical de quatro, duas e três câmaras, com monitoramento electrocardiográfico. Em modo *off-line*, com *software* dedicado para o efeito (EchoPAC 9.0; GE Healthcare®, Horten, Norway), realizaram-se o *tracking* miocárdico e posterior conversão para *Lagrangian*, utilizando-se um programa de detecção semiautomática do bordo endocárdico. Este sistema permitiu a realização de correções manuais, de modo a assegurar o correto traçado entre a cavidade e parede do VE. Utilizando as três janelas apicais efetuadas, de quatro, duas e três câmaras, calculou-se a média de deformação longitudinal regional para, posteriormente, calcular a média da DLG. A qualidade do exame foi considerada boa quando até no máximo dois segmentos foram excluídos e excelente quando todos os segmentos eram analisados.

Foram calculadas as seguintes variáveis: ΔSIV , Δ massa do VE, ΔERP , $\Delta DDVE$, Δ volume AE, $\Delta FEVE$, $\Delta S'$, Delta do Plano de Excursão Sistólica do Anel Tricúspide ($\Delta TAPSE$) e ΔDLG . O cálculo de cada uma destas variáveis foi realizado pela fórmula $[(\text{parâmetro final} - \text{parâmetro inicial}) / \text{parâmetro inicial} \times 100]$.

A Figura 1 exemplifica um ETT de um militar após o curso de tropas especiais.

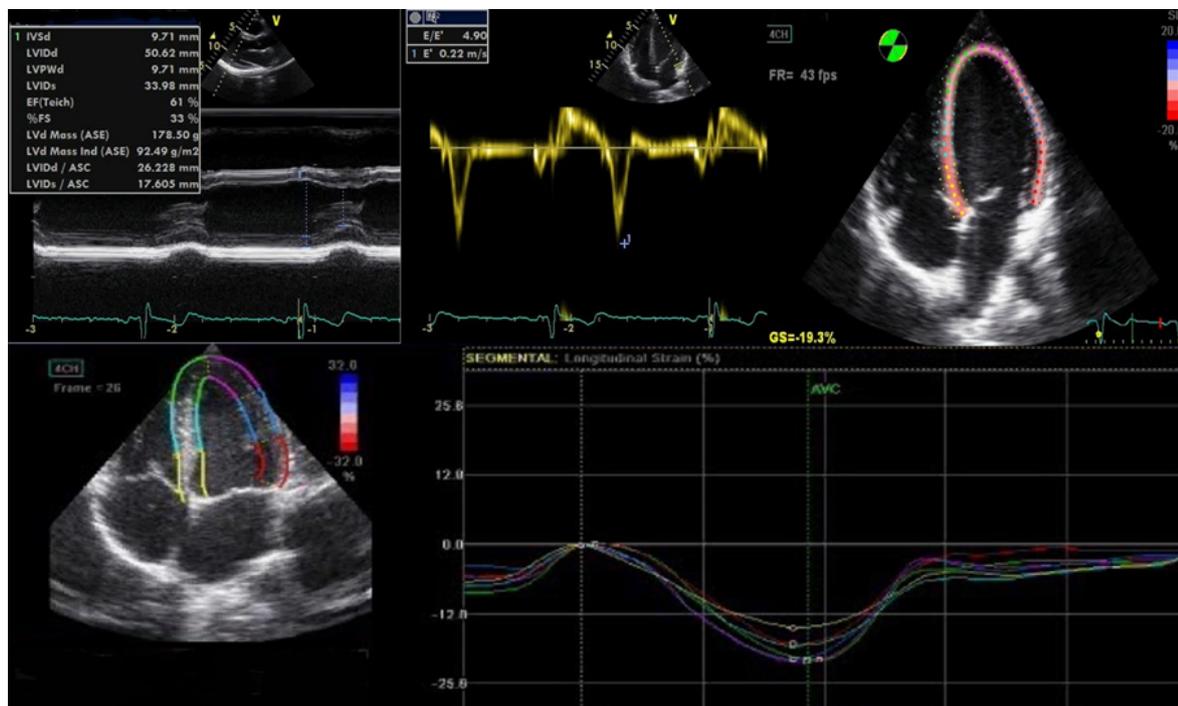


Figura 1 - Coração com espessura parietal e dimensão do ventrículo esquerdo dentro dos limites considerados normais, com valores de função diastólica supranormais e deformação longitudinal global normal.

Análise estatística

A distribuição das variáveis contínuas foi verificada pelo teste Kolmogorov-Smirnov. A homogeneidade das variáveis individuais foi avaliada pelo teste de Levene. As variáveis com distribuição normal foram expressas como média e desvio padrão, e o teste *t* de Student emparelhado com análise bicaudal foi utilizado para a comparação de grupos. Variáveis com distribuição não normal foram expressas como mediana e intervalos interquartil, e os grupos foram comparados com o teste de Wilcoxon emparelhado. Variáveis categóricas foram apresentadas como frequência e porcentagem, e o teste qui quadrado e teste de Fisher foram utilizados quando apropriados.

Valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo, com intervalo de confiança de 95%. Utilizou-se o *Statistical Package for Social Science* (SPSS), versão 20 (SPSS® Inc., Chicago, IL, USA), para cálculo e análise de todos os dados.

Resultados

Descrição da população

As características da amostra, os dados antropométricos, a história esportiva e as diferentes modalidades praticadas são apresentadas na Tabela 1. A amostra era composta por jovens caucasianos do sexo masculino, com idade mediana de 20 (20 a 24) anos e índice de massa corporal (IMC) de $25,3 \pm 2,7$ kg/m².

Quase um quinto da amostra (20,6%) apresentava pelo menos um FRCV, sendo o tabagismo o mais

frequente (17,6%), seguido da dislipidemia (5,9%). Nenhum dos indivíduos incluídos apresentou história familiar de doença cardiovascular, hipertensão arterial ou diabetes melito.

Varição dos dados antropométricos

Após o curso de tropas especiais, os militares tiveram um aumento significativo do peso corporal, com ganho de MM e diminuição de MG. Também se verificaram diferenças em relação ao perfil tensional, com diminuição da média da PAS, PAD e da FC (Tabela 2).

Avaliação eletrocardiográfica

Todos os ECG estavam em ritmo sinusal e foram considerados normais ou apenas com alterações fisiológicas. A alteração fisiológica mais prevalente foi o padrão de repolarização precoce (41,2%), seguida da hipertrofia VE (29,4%), bradicardia sinusal (17,6%) e bloqueio incompleto do ramo direito (17,6%).

Avaliação ecocardiográfica

Os dados ecocardiográficos são apresentados na Tabela 3. Verificou-se aumento, com significância estatística, das dimensões das cavidades esquerdas, tanto do diâmetro diastólico do VE como do volume do AE, além de aumento da massa VE e diminuição da ERP. Nas variáveis funcionais, houve redução da FEVE em repouso e aumento da onda S'. Apesar da DLG não apresentar diferenças significativas, observou-se uma tendência para a diminuição de seu valor absoluto.

Tabela 2 - Dados antropométricos

Dados antropométricos	Militares (n = 17)		
	Inicial	Final	Valor de p
Peso, kg	75,2 ± 7,8	77,4 ± 6,6	< 0,01*
Massa magra, %	41,3 ± 2,1	44,4 ± 1,8	< 0,01*
Massa gorda, %	19,1 ± 3,3	13,1 ± 3,5	< 0,01*
Pressão arterial sistólica, mmHg	128 ± 10	122 ± 7	< 0,01*
Pressão arterial diastólica, mmHg	73 ± 7	66 ± 5	< 0,01*
Frequência cardíaca, bpm	62 (57-73)	60 (53-62)	< 0,01*

*Teste de *t* de Student emparelhado; *teste de Wilcoxon emparelhado.

Tabela 3 - Variação dos parâmetros ecocardiográficos

Parâmetros	Militares (n = 17)		
	Inicial	Final	Valor de p
Septo interventricular, mm	9,7 ± 1,0	9,9 ± 1,0	0,39*
Parede posterior, mm	9,7 ± 0,9	9,6 ± 0,8	0,39*
Massa ventrículo esquerdo_ indexada, g/m ²	93,1 ± 7,7	100,2 ± 11,4	< 0,01*
Espessura relativa das paredes	0,40 ± 0,1	0,36 ± 0,1	0,05*
Diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo, mm	49,7 ± 3,2	52,8 ± 3,4	< 0,01*
Diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo, mm	33,2 ± 3,3	35,1 ± 2,6	0,04*
Volume do átrio esquerdo (mL/m ²)	27,3 ± 4,5	28,2 ± 4,1	0,07*
Fração de ejeção do ventrículo esquerdo (%)	60 ± 6	54 ± 6	< 0,01*
E' lateral (cm/s)	19 ± 3	19 ± 3	0,92*
E/E'	5,3 ± 1,0	5,3 ± 0,9	0,61*
S' (cm/s)	15 (13-16)	17 (16-18)	< 0,01*
Plano de excursão sistólica do anel tricúspide, mm	25 ± 4	26 ± 5	0,34*
Strain longitudinal do ventrículo esquerdo (%)	-21,3 ± 0,9	-20,5 ± 1,9	0,11*

* Teste de t de Student emparelhado; *teste de Wilcoxon emparelhado.

Diferenças percentuais entre início e final do curso

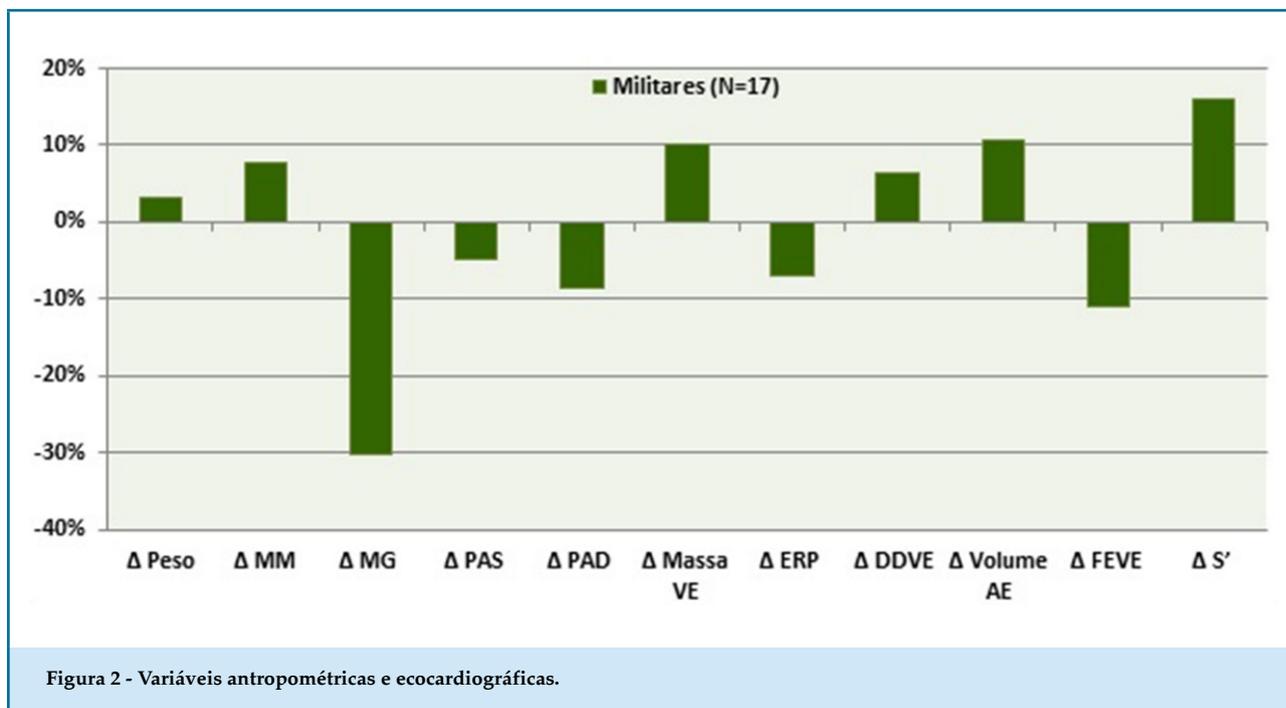
As diferenças na remodelagem verificadas entre o início e o final do curso de tropas especiais relativamente aos dados antropométricos e ecocardiográficos estão representadas na Figura 2. Verificaram-se o aumento do peso ($3,1 \pm 3,3\%$; $p < 0,01$) e da MM ($7,7 \pm 4,1\%$; $p < 0,01$), e a redução da MG ($-30 \pm 15,7\%$; $p < 0,01$). O perfil tensional alterou-se com diminuição da PAS ($-4,8 \pm 3,0\%$; $p < 0,01$) e da PAD ($-8,6 \pm 7,4\%$; $p < 0,01$). Entre os achados ecocardiográficos, verificaram-se o aumento da massa do VE ($10,2 \pm 10,8\%$; $p < 0,01$), do DDVE ($6,4 \pm 14,3\%$; $p < 0,01$) e do volume AE ($10,6 \pm 21,1\%$, $p = 0,02$), e diminuição da ERP ($-7,0 \pm 14,3\%$; $p = 0,05$). Funcionalmente, ocorreram diminuição da FEVE ($-11,0 \pm 12,8\%$; $p < 0,01$) e aumento do S' [$13,3$ ($6,3-19,4$) %; $p < 0,01$].

Discussão

No presente estudo, realizado em atletas submetidos a um programa de treinamento militar exigente em um curso de tropas especiais, foi observada remodelagem cardíaca adicional, estrutural e funcional, além de antropométrica.

Relativamente aos sinais vitais, houve diminuição das médias da PAS, PAD e da FC em repouso. Este fato deve-se à diminuição da ativação do sistema nervoso simpático e ao aumento do parassimpático, durante o repouso em jovens treinados.^{14,15} Nos dados antropométricos, constatou-se um aumento médio do peso corporal, com ganho de MM e redução marcada da MG. No início do programa de treinamento, os militares tinham valores de MG considerados acima do desejável para sua faixa etária e sexo,¹⁶ e estes valores diminuíram para níveis considerados adequados com o programa de treinamento militar. A diminuição de MG relaciona-se com o aumento de intensidade e/ou duração do treinamento,¹⁷ fato também demonstrado neste estudo.

As adaptações cardíacas encontradas foram compatíveis com remodelagem cardíaca excêntrica. Observaram-se aumento significativo das dimensões e da massa do VE, e tendência para o aumento do volume do AE. Sabe-se que a remodelagem cardíaca condicionada pelo exercício físico relaciona-se com o aumento e a hipertrofia harmoniosa das cavidades cardíacas, influenciando também as cavidades direitas.^{17,18} Durante o curso de tropas especiais, a porcentagem de militares com características de hipertrofia



excêntrica ($ERP < 0,42$ e $IMVE > 115g/m^2$)¹⁹ praticamente duplicou (de 5,9% para 11,8%). As alterações verificadas resultam da intensidade, da frequência e do método de treinamento. Embora o programa de treinamento de tropas especiais seja composto por exercícios dinâmicos e estáticos, o treinamento dinâmico predomina. A frequência e a intensidade são outros fatores que contribuem para elevados débitos cardíacos, com a correspondente sobrecarga de volume e a dilatação das câmaras cardíacas.²⁰

A nível funcional, foi notada uma diminuição da FEVE, alteração esta de acordo com o descrito previamente.²¹⁻²³ Isto porque atletas sujeitos a esforços intensos e prolongados podem apresentar redução ligeira da FEVE em repouso. Vários fatores podem contribuir para este fenómeno, como capacidade que os atletas têm de aumentar consideravelmente a FEVE durante o esforço à custa do aumento das dimensões diastólicas do VE que, pelo mecanismo de Frank-Starling, associa-se a aumento do *preload*, enchimento diastólico mais eficaz e menor volume sistólico do VE, permitindo elevação considerável do volume de ejeção.²² Outra possível explicação é o fato de a FEVE representar uma estimativa da função do VE e não diretamente da contratilidade do miocárdio, podendo subestimar sua capacidade quando submetido a esforço intenso. Também a fórmula matemática utilizada para o cálculo da FEVE ($100 \times \text{volume de ejeção} / \text{DDVE}$), em corações com aumento

das cavidades, subestima a desempenho do VE.²² Neste estudo, apesar das adaptações verificadas, podemos afirmar que estas se situavam dentro de intervalos considerados normais (nenhum militar apresentou FEVE $< 50\%$ nas avaliações iniciais ou finais). No entanto, após o programa de treinamento militar, 12 indivíduos (cerca de 70% da população) apresentavam FEVE em repouso entre 50 e 55%.

Estudou-se a DLG do miocárdio, por meio da técnica de *speckle tracking*, e verificou-se que os militares apresentavam valores dentro dos intervalos considerados normais. Assistiu-se a uma diminuição do valor absoluto da DLG, mas sem alcançar diferença estatisticamente significativa, provavelmente pelo reduzido número da amostra. Este parâmetro pode ser importante para diferenciar hipertrofia ventricular esquerda associada ao exercício físico e doença, nomeadamente a miocardiopatia hipertrófica, já que valores de mecânica miocárdica, dentro de valores normais, sugerem alterações fisiológicas.²⁴⁻²⁶

É vasta a literatura sobre a remodelagem cardíaca condicionada pelo exercício físico em atletas,²⁷⁻³⁰ mas a bibliografia existente na população militar é menor. Os autores não encontraram, na literatura, trabalho que abordasse as variações cardiovasculares em atletas de competição quando sujeitos a um programa de treinamento militar intenso. Particularmente em Portugal, no grupo de tropas especiais do Exército, trata-se do

primeiro trabalho que relaciona o exercício físico militar com a remodelagem cardiovascular provocada por ele.

Limitações

O presente estudo apresenta algumas limitações. A primeira é a reduzida amostra avaliada. As grandes exigências física e mental deste tipo de curso fazem com que o número de militares que o completam com sucesso seja pequeno. A segunda resulta da não existência de um grupo de controle, e os militares que desistiram do curso não foram reavaliados, para comparação dos resultados com os militares que finalizaram o curso militar. A terceira deve-se ao fato de os militares não terem sido também avaliados com indicadores de aptidão física aeróbica, teste de esforço cardiopulmonar, e testes de força/potência muscular, antes e no final do curso, para avaliar o real impacto do treinamento sobre o coração e ganhos em capacidade física e funcional. A prova de esforço cardiopulmonar seria importante para determinar com mais precisão a faixa de treinamento com base na FC máxima. Em quarto, a quantificação do treinamento não programado praticado pelos militares durante o curso de tropas especiais, muito comum neste contexto, limita a determinação mais objetiva desta variável, estando provavelmente subestimada. Durante o curso, estes indivíduos estão permanentemente envolvidos em atividades e avaliações em que o componente física é fulcral, além do exercício físico convencional ou programado. Em quinto, não foi contemplado, no protocolo de estudo, que o nível de hidratação dos militares avaliados fosse similar nos dois momentos de avaliação e, por fim, apesar eles negarem a toma de substâncias estimulantes, este fato também não foi comprovado.

Conclusão

O treinamento físico militar intenso provoca remodelagem cardíaca adicional em atletas de nível competitivo, tanto

estrutural como funcional. As características do exercício físico são fatores condicionadores da remodelagem cardíaca, devendo ser valorizadas durante a avaliação destes indivíduos.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Dinis P, Dores H, Teixeira R. Obtenção de dados: Dinis P, Moreno L, Mónico J, Bergman M, Lekedal H. Análise e interpretação dos dados: Dinis P. Análise estatística: Dinis P. Redação do manuscrito: Dinis P, Dores H, Teixeira R. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Dinis P, Dores H, Teixeira R, Cachulo MC, Cardoso J, Gonçalves L.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de dissertação de Mestrado de Paulo Dinis pela Universidade de Coimbra.

Aprovação Ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra sob o número de protocolo 087/2015. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Referências

1. Henschen S. Skilanglauf und skiwettlauf: Eine Medizinische Sportstudie. *Mitt Med Klin Upsala (Jena)*. 1899;2:15-8.
2. Maron BJ, Pelliccia A. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risk of sports, including sudden death. *Circulation*. 2006;114(15):1633-44. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.613562.
3. Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein SE. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med*. 1975;82(4):521-4. doi: 10.7326/0003-4819-82-4-521.
4. Dores H, Freitas A, Malhotra A, Mendes A, Sharma S. The hearts of competitive athletes: An up-to-date overview of exercise-induced cardiac adaptations. *Rev Port Cardiol*. 2015;34(1):51-64. doi: 10.1016/j.repc.2014.07.010.
5. Paterick TE, Gordon T, Spiegel D. Echocardiography: profiling of the athlete's heart. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(9):940-8. doi: 10.1016/j.echo.2014.06.008.
6. Grazioli G, Sanz M, Montserrat S, Vidal B, Stiges M. Echocardiography in the evaluation of athletes. *F1000Res*. 2015 Jun 15;4:151. doi: 10.12688/f1000research.6595.1.
7. Arbab-Zadeh A, Perhonen M, Howden E, Peshock RM, Zhang R, Adams-Huet B, et al. Cardiac remodeling in response to 1 year of intensive

- endurance training. *Circulation*. 2014;130(24):2152-61. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.010775.
8. Kemi OJ, Haram PM, Loennechen JP, Osnes JB, Skomedal T, Wisloff U, et al. Moderate vs. high exercise intensity: differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovasc Res*. 2005;67(1):161-72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2005.03.010>.
 9. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf.
 10. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz, Redón J, Zanchetti A, Bohm M, et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology. *J Hypertens*. 2013;31(7):1281-357. doi: 10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc.
 11. Sheikh N, Papadakis M, Ghani S, Zaidi A, Gati S, Adami PE, et al. Comparison of electrocardiographic criteria for the detection of cardiac abnormalities in elite black and white athletes. *Circulation*. 2014;129(16):1637-49. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.006179.
 12. Evangelista A, Flachskampf F, Lancellotti P, Badano L, Aguilar R, Monaghan M, et al; European Association of Echocardiography. European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies. *Eur J Echocardiogr*. 2008;9(4):438-48. doi: 10.1093/ejechocard/jen174.
 13. 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. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
 14. Aubert A, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med*. 2003;33(12):889-919. PMID: 12974657.
 15. Fernandes T, Oliveira M. Eccentric and concentric cardiac hypertrophy induced by exercise training: microRNAs and molecular determinants. *Braz J Med Biol Res*. 2011;44(9):836-47. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2011007500112>.
 16. American College of Sports Medicine. (editor). ACSM's health-related physical fitness assessment manual. 4th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2013. ISBN: 978-1-4511-568-0.
 17. Zaidi A, Ghani S, Sharma R, Oxborough D, Panoulas VF, Sheikh N, et al. physiological right ventricular adaptation in elite athletes of African and Afro-Caribbean origin. *Circulation*. 2013;127(17):1783-92. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000270.
 18. Ujka K, Bruno RM, Catuzzo B, Bastiani L, Tonacci A, D'angelo G, et al. Right cardiac chambers remodeling in marathon and ultra-trail athletes detected by speckle tracking echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17(suppl_2):ii45-ii48. doi: 10.1093/ehjci/jew236.003.
 19. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al; American Society of Echocardiography's Nomenclature and Standards Committee; Task Force on Chamber Quantification; American College of Cardiology Echocardiography Committee; American Heart Association; European Association of Echocardiography, European Society of Cardiology. Recommendations for cardiac chamber quantification. *Eur J Echocardiogr*. 2006;7(2):79-108. doi: 10.1016/j.euje.2005.12.014.
 20. 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. doi: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.3.336>.
 21. Abernethy WB, Choo JK, Hutter AM Jr. Echocardiographic characteristics of professional football players. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41(2):280-4. doi: 10.1016/S0735-1097(02)02633-5.
 22. Galderisi M, Cardim N, D'Andrea A, Bruder O, Cosyns B, Davin L, et al. The multi-modality cardiac imaging approach to the athlete's heart: an expert consensus of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(4):353. doi: 10.1093/ehjci/jeu323.
 23. Gilbert CA, Nutter DO, Felner JM, Perkins JV, Heymsfield SB, Schlant RC. Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance-trained athlete. *Am J Cardiol*. 1977;40(4):528-33. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(77\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0002-9149(77)90067-4).
 24. Beaumont A, Grace F, Richards J, Hough J, Oxborough D, Sculthorpe N. Left ventricular speckle tracking-derived cardiac strain and cardiac twist mechanics in athletes: a systematic review and meta-analysis of controlled studies. *Sports Med*. 2017;47(6):1145-70. doi: 10.1007/s40279-016-0644-4.
 25. Galanti G, Stefani L, Mascherini G, Di Tante V, Tonncelli L. Left ventricular remodeling and the athlete's heart, irrespective of quality load training. *Cardiovasc Ultrasound*. 2016;14(1):46. doi: 10.1186/s12947-016-0088-x.
 26. Caselli S, Montesanti D, Autore C, Di Paolo FM, Pисicchio C, Squeo MR, et al. Patterns of left ventricular longitudinal strain and strain rate in Olympic athletes. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(2):245-53. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.010.
 27. Sharma S, Maron BJ, Whyte G, Firooz S, Elliott PM, McKenna WJ. Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(8):1431-6. doi: [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(02\)02270-2](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(02)02270-2).
 28. Basavarajiah S, Boraita A, Whyte G, Wilson M, Carby L, Shah A, et al. Ethnic differences in left ventricular remodeling in highly-trained athletes: relevance to differentiating physiologic left ventricular hypertrophy from hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(23):2256-62. doi: 10.1016/j.jacc.2007.12.061.
 29. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo F, Maron BJ. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med*. 1999;130(1):23-31. doi: 10.7326/0003-4819-130-1-199901050-00005.
 30. Abergel E, Chatellier G, Hagege AA, Oblak A, Linhart A, Ducardonnet A, et al. Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists: implications for disease screening and follow-up. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44(1):144-9. doi: 10.1016/j.jacc.2004.02.057.

