



ARTIGO ORIGINAL

Remodelagem cardíaca induzida pelo exercício físico em atletas de nível competitivo e militares de forças especiais



Paulo Dinis^{a,b,*}, Rogério Teixeira^{a,c}, Hélder Dores^d, Pedro Correia^{a,b}, Hanna Lekedal^e, Marie Bergman^e, Maria Carmo Cachulo^a, Joaquim Cardoso^b, Lino Gonçalves^{a,c}

^a Serviço de Cardiologia, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra – Hospital Geral, Coimbra, Portugal

^b Centro de Saúde Militar de Coimbra, Coimbra, Portugal

^c Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

^d Hospital das Forças Armadas, Lisboa, Portugal

^e University of Linköping, Linköping, Sweden

Recebido a 7 de abril de 2017; aceite a 26 de junho de 2017

Disponível na Internet a 31 de março de 2018

PALAVRAS-CHAVE

Exercício físico;
Remodelagem
cardíaca;
Deformação
miocárdica

Resumo

Introdução: A remodelagem cardíaca induzida pelo exercício físico é frequente em atletas. Esta adaptação manifesta-se a nível estrutural com o aumento das dimensões e massa cardíacas. Os militares também são sujeitos a exercício físico intenso, com especificidades distintas.

Objetivo: Comparar a remodelagem cardíaca induzida pelo exercício físico em atletas de competição e pelo treino militar em militares a frequentar um curso de forças especiais.

Metodologia: Estudámos 17 militares (género masculino e caucasianos, idade média 21 ± 3 anos) que ingressaram no curso de Comandos e 17 basquetebolistas (47,3% do género masculino, 64,7% caucasianos, idade média 21 ± 3 anos). A avaliação incluiu um ecocardiograma transtorácico com análise da mecânica miocárdica. Esta avaliação foi realizada no início e no final do curso militar e da época desportiva, respetivamente.

Resultados: A remodelagem cardíaca teve características distintas: os militares apresentaram um padrão predominantemente excêntrico, com aumento das dimensões do ventrículo esquerdo ($49,7 \pm 3,2$ versus $52,8 \pm 3,4$ mm; $p < 0,01$) e da massa ($93,1 \pm 7,7$ versus $100,2 \pm 11,4$ g/m²; $p < 0,01$) e diminuição da espessura relativa das paredes ($0,40 \pm 0,1$ versus $0,36 \pm 0,1$; $p = 0,05$); os basquetebolistas apresentaram um padrão concêntrico, com diminuição das dimensões do ventrículo esquerdo ($52,0 \pm 4,7$ versus $50,4 \pm 4,7$ mm; $p = 0,05$) e da espessura relativa das paredes ($0,33 \pm 0,1$ versus $0,36 \pm 0,1$; $p = 0,05$). Apesar da deformação miocárdica global do ventrículo esquerdo não apresentar diferenças significativas entre os grupos, quando analisados em conjunto o seu valor diminuiu ($-20,2 \pm 1,6\%$ versus $-19,4 \pm 2,1\%$; $p = 0,03$).

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: paulogdinis@gmail.com (P. Dinis).

KEYWORDS

Physical exercise;
Cardiac remodeling;
Myocardial mechanics

Conclusão: A remodelagem cardíaca foi frequente, com padrão excêntrico nos militares e concêntrico nos atletas. A mecânica miocárdica poderá representar uma adaptação fisiológica induzida pelo exercício físico.

© 2017 Sociedade Portuguesa de Cardiologia. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Exercise-induced cardiac remodeling in athletes and in special forces soldiers**Abstract**

Introduction: Exercise-induced cardiac remodeling is frequent in athletes. This adaptation is structurally manifested by an increase in cardiac dimensions and mass. Soldiers are also subject to intense physical exercise, although with different characteristics.

Objective: To compare exercise-induced cardiac remodeling in competitive athletes and in soldiers on a special forces training course.

Methods: We studied 17 soldiers (all male and Caucasian, mean age 21 ± 3 years) who completed a special forces course and 17 basketball players (47.3% male, 64.7% Caucasian, mean age 21 ± 3 years). Assessment included a transthoracic echocardiogram and analysis of myocardial mechanics. This assessment was performed at the beginning and end of the military course and the sports season, respectively.

Results: Cardiac remodeling was observed in both groups. The soldiers presented a predominantly eccentric pattern, with increased left ventricular (LV) size (49.7 ± 3.2 vs. 52.8 ± 3.4 mm; $p < 0.01$), increased LV mass (93.1 ± 7.7 vs. 100.2 ± 11.4 g/m²; $p < 0.01$) and decreased relative wall thickness (0.40 ± 0.1 vs. 0.36 ± 0.1 ; $p = 0.05$). The basketball players showed a concentric pattern, with decreased LV size (52.0 ± 4.7 vs. 50.4 ± 4.7 mm; $p = 0.05$), and increased relative wall thickness (0.33 ± 0.1 vs. 0.36 ± 0.1 ; $p = 0.05$). Although there was no significant difference in LV myocardial strain in the groups separately, when compared there was a significant decrease ($-20.2 \pm 1.6\%$ vs. $-19.4 \pm 2.1\%$; $p = 0.03$).

Conclusion: Cardiac remodeling was frequent, with an eccentric pattern in soldiers and a concentric pattern in basketball players. Myocardial deformation may represent a physiological adaptation to physical exercise.

© 2017 Sociedade Portuguesa de Cardiologia. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Lista de abreviaturas

AE	Aurícula Esquerda
ASC	Área de superfície corporal
DDVE	diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo
DLG	Deformação longitudinal global
ECG	Eletrocardiograma
ETT	Ecocardiograma
FC	Frequência cardíaca
FEVE	Fração de ejeção do ventrículo esquerdo
FRCV	Fatores de risco cardiovasculares
IMC	Índice de massa corporal
MG	massa gorda
MM	massa muscular
PA	pressão arterial
PAS	pressão arterial sistólica
PAD	pressão arterial diastólica
PPVE	parede posterior do ventrículo esquerdo
ERP	Espessura relativa das paredes
SIV	Septo interventricular
TAPSE	plano de excursão sistólica do anel tricúspide
VE	Ventrículo esquerdo
Δ	Variação

Introdução

O exercício físico intenso e prolongado condiciona adaptações cardíacas fisiológicas conhecidas por «coração de atleta». Entre estas alterações destacam-se o aumento das dimensões, volumes e massa cardíacas e a melhoria de parâmetros funcionais, nomeadamente da função diastólica¹. Tradicionalmente, existem dois tipos de remodelagem cardíaca: remodelagem concêntrica associada a exercício estático e excêntrica associada a exercício dinâmico². Por exemplo, os maratonistas apresentam remodelagem excêntrica pela sobrecarga de volume resultante do aumento do débito cardíaco, enquanto os halterofilistas apresentam remodelagem concêntrica pela sobrecarga de pressão³. De realçar que esta subdivisão não deverá ser estanque, porque a maioria das modalidades desportivas têm influências de ambos os tipos de exercício – isométrico e isotónico, o que condicionará uma remodelagem com características mistas⁴.

No entanto, os atletas não são os únicos indivíduos a estarem sujeitos a treinos de elevada intensidade. Os militares constituem outro exemplo, particularmente as forças especiais, com uma exigente formação a nível físico, caracterizada por múltiplas modalidades dos dois tipos de exercício. Estes militares podem ser globalmente equiparados

a atletas de nível competitivo, muitas vezes até com volumes de exercício superiores. Contudo, o treino militar apresenta algumas particularidades, desde as metodologias utilizadas à influência de múltiplas variáveis inerentes à condição militar⁵.

A remodelagem cardíaca induzida pelo exercício físico pode manifestar-se com características sobrepostas a achados presentes em situações patológicas, nomeadamente miocardiopatias, sendo muitas vezes desafiante o seu diagnóstico diferencial⁶. Neste âmbito, a avaliação pré-competitiva de atletas e a interpretação dos exames complementares de diagnóstico realizados nesta população reveste-se de enorme importância. Na última década foram desenvolvidas novas metodologias imagiológicas que permitem uma avaliação miocárdica pormenorizada, como a análise da mecânica miocárdica por ecocardiografia transtorácica⁷.

Os objetivos principais deste trabalho foram caracterizar e comparar a remodelagem cardíaca em atletas profissionais de basquetebol ao longo de uma época desportiva e em militares num curso de forças especiais.

Metodologia

Estudo observacional, longitudinal de caso-controlo, em que foram avaliados militares de forças especiais e atletas de alta competição no início e no fim do curso militar e de uma época desportiva, respetivamente. Foram incluídos indivíduos (militares ou atletas) do género masculino ou feminino, com idades entre os 18-35 anos. Os militares foram selecionados entre aqueles que ingressaram num curso de Comandos do Exército Português, sendo avaliados entre janeiro e junho de 2016. Os atletas pertenciam a duas equipas de basquetebol profissional, uma masculina e outra feminina, competindo na 1.^a divisão masculina/liga feminina a nível nacional, tendo sido avaliados em outubro de 2015 e março/abril de 2016. Portanto, ambos os grupos foram avaliados com cerca de seis meses de intervalo. A população de militares, inicialmente composta por 76 formandos, englobou 17 militares, correspondendo aos que concluíram o curso com sucesso e preencheram os critérios de inclusão (taxa de desistência aproximada de 70%, 54 instruendos). Todos estes militares tinham história prévia de prática de desporto em nível competitivo. A população de atletas correspondeu a 17 basquetebolistas, oito do género masculino e nove do feminino.

Todos os indivíduos foram voluntários e deram o seu consentimento informado para participarem no estudo. O protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra (protocolo de referência – 087/2015).

Características do exercício físico da população estudada

O curso de Comandos caracteriza-se por exercício físico de elevada intensidade, com os objetivos de desenvolver a capacidade aeróbica e anaeróbica. Para este fim, os militares são sujeitos a treino físico dinâmico e estático, englobando várias modalidades desportivas como atletismo, natação, ginástica, levantamento de pesos, entre outros.

Para além destes exercícios, são sujeitos a treino físico de aplicação militar cujo objetivo é adquirir e desenvolver técnicas e capacidades psicomotoras que permitam ao militar desempenhar as suas funções em condições adversas. Este treino físico de aplicação militar consiste na realização de pistas de obstáculos, corridas intensas intercaladas com marcha, transporte de cargas, entre outras atividades. O programa de treino do curso foi realizado em duas fases: primeira fase – dez semanas com exercício físico de intensidade vigorosa (77-95% da frequência cardíaca [FC] máxima)⁸, frequência de cinco vezes/semana e duração média de quatro horas/dia; segunda fase – 15 semanas com exercício físico de intensidade vigorosa (77-95% da FC máxima) intercalado com períodos de exercício de intensidade quase máximo ou máximo (> 96% da FC máxima)⁸, frequência de cinco vezes/semana e duração média de quatro horas/dia. Para além deste treino programado, estes militares estão sob permanente desgaste físico, psicológico e emocional, de difícil quantificação.

O basquetebol engloba uma multiplicidade de movimentos, realizados com base na velocidade, habilidade e força, requerendo exercícios dinâmicos e estáticos, com uma componente geral e outra específica. A componente geral é trabalhada com corrida contínua, velocidade e mudanças de direção, exercícios de ginástica e flexibilidade. A componente específica engloba, sobretudo, treino de coordenação com aprendizagem e aperfeiçoamento de gestos técnicos. Os atletas treinam quatro vezes/semana e têm um jogo por semana, sendo a duração média de cada treino cerca de três horas, com três períodos distintos: aquecimento, treino de basquetebol com exercícios gerais e específicos, e retorno à calma. O basquetebol tem períodos em que os atletas são sujeitos a intensidade de vigorosa a quase máxima, com outros de intensidade baixa a moderada. Globalmente, os treinos destes atletas enquadravam-se no nível de intensidade vigorosa (77-95% da FC máxima)⁸.

Avaliação clínica

Todos os participantes foram submetidos a um exame físico completo e história clínica rigorosa, realizada por um médico de medicina desportiva ou de cardiologia. Enfatizou-se a pesquisa de fatores de risco cardiovasculares (FRCV), os hábitos alimentares e farmacológicos, e a história desportiva, incluindo o número de horas de treino e de sono durante o curso/ época desportiva.

Avaliação antropométrica

A avaliação antropométrica foi realizada por um enfermeiro e um técnico superior de saúde. A altura foi avaliada através de uma fita métrica, enquanto o peso, percentagem de massa gorda (MG) e massa muscular (MM) usando uma balança digital de corpo inteiro com bioimpedância (HBF510W - OMRON[®]). A medição da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), e a FC foram avaliadas por um medidor de pressão arterial (PA) de braço (HEM 7113 - OMRON[®]), de acordo com as recomendações atuais⁹. Foram calculadas variáveis: variação (Δ) peso, Δ MM, Δ MG; Δ PAS, Δ PAD pela seguinte fórmula: (parâmetro final - parâmetro inicial) / parâmetro inicial x 100.

Avaliação eletrocardiográfica

Todos os indivíduos incluídos realizaram eletrocardiograma (ECG) de 12 derivações (NORAV[®] modelo 1200HR), analisados por dois cardiologistas e interpretados de acordo com os critérios refinados¹⁰.

Avaliação ecocardiográfica

Todos os ecocardiogramas transtorácicos (ETT) foram realizados por um cardiologista com o ecocardiógrafo Vivid 7, GE Healthcare[®], englobando as diversas janelas ecocardiográficas e modalidades recomendadas pela Sociedade Europeia de Cardiologia (bidimensional, modo M, Doppler cor, pulsado, contínuo e tissular, deformação miocárdica por *Speckle-Tracking*)¹¹.

As medições da espessura parietal e as dimensões do ventrículo esquerdo (VE) foram adquiridas em janela paraesternal eixo longo, a espessura relativa das paredes (ERP) calculada pela fórmula $(2 * \text{parede posterior do VE [PPVE]} / \text{diâmetro diastólico do VE [DDVE]})$ e a massa VE pela fórmula de *Devereux's*¹². O volume VE e da aurícula esquerda (AE) foi determinado pela regra de *Simpson* modificada, com imagens obtidas em janela apical quatro e duas câmaras. O volume indexado da AE foi obtido por indexação à área de superfície corporal (ASC). A fração de ejeção VE (FEVE) foi determinada pelo método de *Simpson*. O Doppler pulsado foi adquirido em janela apical quatro câmaras, sendo determinadas as velocidades de pico da onda E, onda A e relação E/A. As imagens do Doppler tecidual do anel mitral e tricúspide foram obtidas para determinar as ondas E e E', e determinar as velocidades da onda S', respectivamente. Por modo M determinou-se o plano de excursão sistólica do anel tricúspide (TAPSE). O *Speckle Tracking* utilizou-se para calcular a deformação (*strain*) longitudinal global (DLG) do VE, através de imagens adquiridas em incidências apicais de quatro, duas e três câmaras, representando um modelo miocárdico de 18 segmentos. A aquisição dos ciclos cardíacos foi realizada durante a mesma fase

respiratória (expiração), sendo gravados três ciclos consecutivos e calculada a média para o ritmo sinusal, com *frame rate* > 60 *frames* por segundo. A qualidade do exame foi considerada boa quando até no máximo dois segmentos eram excluídos, e excelente quando todos os segmentos eram analisados.

A Figura 1 exemplifica um ETT de um militar e de um atleta após o curso/época desportiva, respetivamente.

Análise estatística

As variáveis categóricas foram apresentadas como frequência e percentagem, e os testes χ^2 e *Fisher* foram utilizados quando apropriados. O teste *Kolmogorov-Smirnov* foi utilizado para verificar a distribuição das variáveis contínuas. As variáveis com distribuição normal foram expressas como média e desvio-padrão, e o teste *T Student* foi utilizado para a comparação de grupos. A homogeneidade das variáveis individuais foi avaliada pelo teste de *Levene*. As variáveis com uma distribuição não normal foram expressas como mediana e intervalos interquartil, sendo os grupos comparados com os testes *Mann-Whitney* e *Kruskal-Wallis*. A correlação de *Pearson* foi utilizada para analisar as associações entre a MM e MG com os parâmetros ecocardiográficos. Para todas as comparações o valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo, com intervalo de confiança (IC) de 95%. Todos os dados foram calculados e analisados através do programa SPSS, versão 20 (SPSS[®] Inc., Chicago, IL, EUA).

Resultados

Caracterização da população

As características da população estudada estão representadas na Tabela 1. Sucintamente, destaca-se que os dois grupos tinham idades médias idênticas, havendo diferença significativa quanto ao género e raça caucasiana. Os militares praticavam desporto de nível competitivo há menos tempo

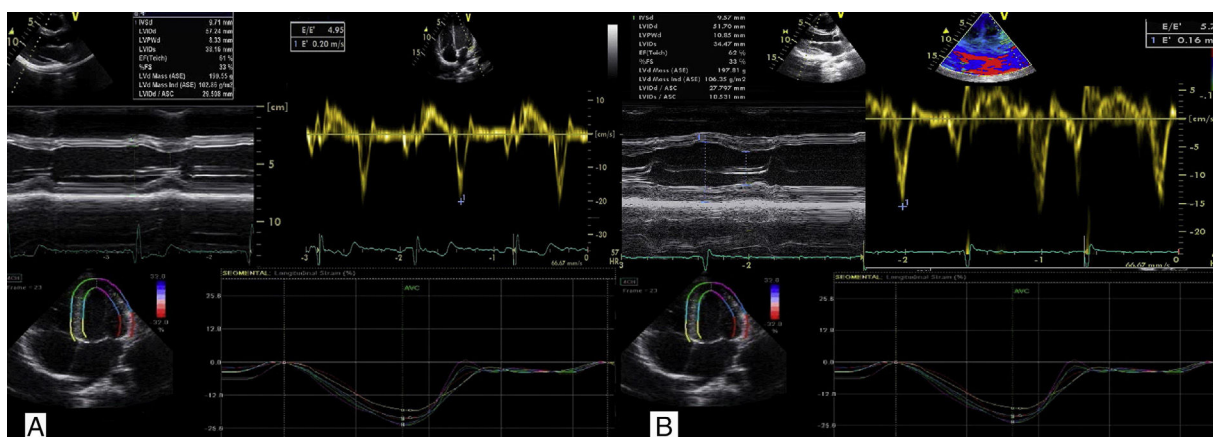


Figura 1 Em A são apresentadas imagens de um ETT de um militar após o curso de forças especiais, com paredes do VE não espessadas e DDVE perto do limite superior da normalidade, com parâmetros de função diastólica supranormais e DLG de valores normais. Em B são apresentadas imagens de ETT de um basquetebolista após a época desportiva, com espessura das paredes do VE perto do limite superior, e parâmetros de função diastólica e DLG normais.

Tabela 1 Características basais da população em estudo

Características basais da população	Militares (n = 17)	Basquetebolistas (n = 17)	p valor
<i>Características demográficas</i>			
Idade (anos)	21 ± 3	21 ± 3	0,71
Gênero masculino (%)	17/17 (100)	8/17 (47,1)	< 0,01
Caucasianos (%)	17/17 (100)	11/17 (64,7)	< 0,01
<i>Características antropométricas</i>			
IMC (kg/m ²)	25,3 ± 2,7	23,1 ± 2,7	0,03
MG (%)	19,1 ± 3,3	25,1 ± 12,1	0,56
MM (%)	41,3 ± 2,1	35,0 ± 7,8	0,09
PAS (mm Hg)	128 ± 10	131 ± 13	0,35
PAD (mm Hg)	73 ± 7	64 ± 13	0,90
FC (bpm)	65 ± 12	73 ± 7	0,81
<i>História desportiva</i>			
Anos de competição	7,4 ± 3,4	10,4 ± 5	0,04
Horas de treino/dia (curso/época)	4,0 ± 0,5	2,9 ± 1,1	< 0,01
Horas de sono (curso/época)	5,5 ± 0,5	7,4 ± 0,8	< 0,01
Número de refeições (curso/época)	4,0 ± 1,0	4,7 ± 1,0	< 0,01

FC: frequência cardíaca; IMC: índice de massa corporal; MG: massa gorda; MM: massa magra; PAD: pressão arterial diastólica; PAS: pressão arterial sistólica.

Tabela 2 Variação dos dados antropométricos

Dados antropométricos	Militares (n = 17)			Basquetebolistas (n = 17)		
	Inicial	Final	p valor	Inicial	Final	p valor
Peso (kg)	75,2 ± 7,8	77,4 ± 6,6	< 0,01	76,7	76,3	0,63
MM (%)	41,3 ± 2,1	44,4 ± 1,8	< 0,01	35,0 ± 7,8	35,6 ± 7,5	< 0,01
MG (%)	19,1 ± 3,3	13,1 ± 3,5	< 0,01	25,1 ± 12,1	24,9 ± 11,6	0,88
PAS (mm Hg)	128 ± 10	122 ± 7	< 0,01	132 ± 13	133 ± 12	0,54
PAD (mm Hg)	73 ± 7	66 ± 5	< 0,01	73 ± 7	74 ± 9	0,64
FC (bpm)	66 ± 12	59 ± 6	< 0,01	65 ± 13	61 ± 11	0,19

FC: frequência cardíaca; MG: massa gorda; MM: massa magra; PAD: pressão arterial diastólica; PAS: pressão arterial sistólica.

e apresentavam um índice de massa corporal (IMC) superior. Durante o estudo os militares realizaram um número superior de horas de exercício programado por dia, tiveram menos horas de descanso noturno e um menor número de refeições diárias. Em relação aos FRCV, verificou-se que um quarto da população (20,6%) apresentava pelo menos um FRCV. O tabagismo foi mais frequente e exclusivo nos militares (17,6%), seguido da dislipidemia, também mais frequente nesta população (5,9 versus 2,9%; $p=0,32$). A população não apresentava história familiar de doença cardiovascular, hipertensão arterial ou diabetes.

Variação dos dados antropométricos

Os militares tiveram um aumento significativo do peso corporal, com aumento da MM e diminuição da MG, PAS, PAD e FC, mais pronunciada que os basquetebolistas (Tabela 2). Analisando especificamente os indivíduos do gênero masculino, estas alterações mantiveram-se para o aumento da percentagem de MM e diminuição da MG.

A diferença percentual na Δ dos dados antropométricos entre os dois grupos foi estatisticamente significativa para

o peso, PAS, PAD, MM e MG (Figura 2). Verificou-se ganho de peso nos militares relativamente aos basquetebolistas ($3,1 \pm 3,3$ versus $-0,2 \pm 3,2\%$; $p < 0,01$), com aumento da MM ($7,5 \pm 4,1$ versus $1,7 \pm 2,4\%$; $p < 0,01$) e diminuição mais acentuada da MG ($-31,4 \pm 15,7$ versus $-0,8 \pm 14,9\%$; $p < 0,01$). Relativamente ao perfil tensional, os militares tiveram redução da PAS ($-4,8 \pm 3,0$ versus $1,4 \pm 7,4\%$; $p < 0,01$) e da PAD ($-8,6 \pm 7,4$ versus $1,5 \pm 10,5\%$; $p < 0,01$).

Avaliação eletrocardiográfica

Todos os ECG estavam em ritmo sinusal e foram considerados normais ou apenas com alterações fisiológicas. A alteração fisiológica mais frequente foi a bradicardia sinusal (41,2%), seguida da repolarização precoce (29,4%), hipertrofia do VE (20,6%), bloqueio incompleto do ramo direito (11,8%) e bloqueio aurículo ventricular de 1.º grau (2,9%).

Avaliação ecocardiográfica

O ETT revelou diferentes padrões de remodelagem cardíaca estrutural (Tabela 3). Nos militares verificou-se aumento das dimensões das cavidades esquerdas, tanto do VE

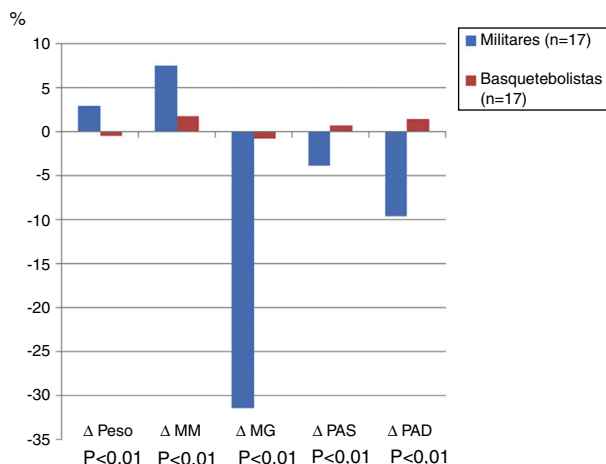


Figura 2 Diferenças em percentagem na variação dos dados antropométricos entre os grupos estudados.

($49,7 \pm 3,2$ versus $52,8 \pm 3,4$ mm; $p < 0,01$) como da AE ($63,4 \pm 10,5$ versus $71,2 \pm 12,1$ mL; $p = 0,02$) e diminuição da ERP ($0,40 \pm 0,1$ versus $0,36 \pm 0,1$; $p = 0,05$). Nos atletas verificou-se diminuição das dimensões do VE ($52,0 \pm 4,7$ versus $50,4 \pm 4,7$ mm; $p = 0,05$), aumento do septo interventricular (SIV) ($8,3 \pm 1,5$ versus $9,1 \pm 1,5$ mm; $p = 0,03$) e aumento da ERP ($0,33 \pm 0,1$ versus $0,36 \pm 0,1$; $p = 0,05$). Relativamente aos parâmetros funcionais, nos militares verificou-se uma redução da FEVE em repouso (60 ± 6 versus 55 ± 6 ; $p < 0,01$) e aumento da onda S', tanto nos militares (15 ± 2 versus 17 ± 2 cm/s; $p < 0,01$), como nos basquetebolistas (13 ± 2 versus 14 ± 2 cm/s; $p < 0,01$).

Quando avaliados separadamente os indivíduos do género masculino, mantiveram-se os diferentes tipos de remodelagem descritos previamente, existindo diferença significativa no volume AE ($51,8 \pm 8,1$ versus $58,4 \pm 10,9$ mL; $p = 0,05$) e DLG ($-19,4 \pm 1,3$ versus $-17,6 \pm 1,7$; $p = 0,03$) nos basquetebolistas. Apesar de a DLG não apresentar diferenças

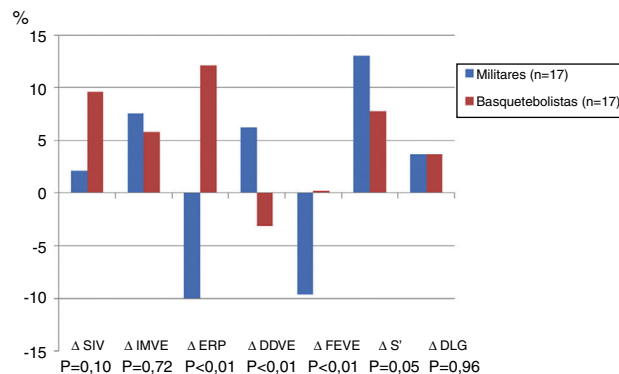


Figura 3 Diferenças em percentagem dos parâmetros ecocardiográficos.

significativas nos dois grupos no início e no fim do curso/época desportiva, verificou-se uma diferença significativa quando se estudaram os dois grupos em conjunto ($-20,2 \pm 1,6\%$ versus $-19,4 \pm 2,1\%$; $p = 0,03$). As diferenças percentuais relativas aos achados ecocardiográficos obtidos nos dois grupos mostraram diferenças na dimensão diastólica do VE, ERP, FEVE e onda S' (Figura 3). As alterações relacionadas com a ERP e a dimensão diastólica do VE foram contrárias, com os militares a diminuírem o valor da ERP em percentagem ($-10,0 \pm 14,3$ versus $12,1 \pm 22,5$; $p < 0,01$) e a aumentarem o DDVE ($6,2 \pm 11,3$ versus $-3,1 \pm 6,1$; $p < 0,01$), enquanto nos basquetebolistas a ERP aumentou e o DDVE diminuiu durante a época desportiva. Estes dados são semelhantes quando se comparam apenas militares e basquetebolistas do género masculino, com diferenças percentuais significativas na ERP ($-10,0 \pm 14,3$ versus $21 \pm 25,3$; $p = 0,02$), DDVE ($6,2 \pm 11,3$ versus $-3,1 \pm 4,2$; $p < 0,01$) e FEVE ($-5,5 \pm 12,8$ versus $4,9 \pm 10,5$; $p < 0,01$).

Tabela 3 Variação dos parâmetros ecocardiográficos

Parâmetros	Militares (n = 17)			Basquetebolistas (n = 17)		
	Inicial	Final	p valor	Inicial	Final	p valor
SIV (mm)	$9,7 \pm 1,0$	$9,9 \pm 1,0$	0,39	$8,3 \pm 1,5$	$9,1 \pm 1,5$	0,03
PP (mm)	$9,7 \pm 0,9$	$9,6 \pm 0,8$	0,39	$8,5 \pm 1,3$	$9,2 \pm 1,1$	0,06
IMVE (g/m ²)	$93,1 \pm 7,7$	$100,2 \pm 11,4$	< 0,01	$82,3 \pm 15,9$	$87,1 \pm 18,4$	0,18
ERP	$0,40 \pm 0,1$	$0,36 \pm 0,1$	0,05	$0,33 \pm 0,1$	$0,37 \pm 0,1$	0,03
DDVE (mm)	$49,7 \pm 3,2$	$52,8 \pm 3,4$	< 0,01	$52,0 \pm 4,7$	$50,4 \pm 4,7$	0,05
DSVE (mm)	$33,2 \pm 3,3$	$35,1 \pm 2,6$	0,04	$34,6 \pm 3,9$	$34,1 \pm 3,6$	0,47
Volume da AE (mL)	$63,4 \pm 10,5$	$71,2 \pm 12,1$	0,02	$54,1 \pm 10,0$	$56,6 \pm 11,6$	0,29
FEVE (%)	60 ± 6	55 ± 6	< 0,01	58 ± 5	58 ± 6	0,15
E' lateral (cm/s)	19 ± 3	19 ± 3	0,92	18 ± 3	17 ± 4	0,18
E/E'	$5,3 \pm 1,0$	$5,3 \pm 0,9$	0,61	$5,1 \pm 1,3$	$5,6 \pm 0,7$	0,14
S' (cm/s)	15 ± 2	17 ± 2	< 0,01	13 ± 2	14 ± 2	< 0,01
TAPSE (mm)	25 ± 4	26 ± 5	0,34	24 ± 3	25 ± 3	0,41
DLG (%)	$-21,3 \pm 0,9$	$-20,5 \pm 1,9$	0,11	$-19,0 \pm 1,2$	$-18,3 \pm 1,2$	0,15

AE: aurícula esquerda; DDVE: diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo; DLG: deformação longitudinal global; DSVE: diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo; ERP: espessura relativa das paredes; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; IMVE: massa do ventrículo esquerdo indexada; PP: parede posterior; SIV: septo intraventricular; TAPSE: plano de excursão sistólica do anel tricúspide.

Discussão

Este estudo demonstrou a existência de remodelagem antropométrica e cardiovascular nos militares e nos basquetebolistas. Estas adaptações tiveram características distintas nos dois grupos. Relativamente aos dados antropométricos, os militares tiveram um aumento mais marcado do peso corporal, com ganhos de MM e diminuição de MG. A avaliação ecocardiográfica revelou padrões distintos de remodelagem, com os militares a desenvolverem adaptações predominantemente excêntricas e os basquetebolistas predominantemente concêntricas.

As alterações dos dados antropométricos e sinais vitais após o curso militar/época desportiva foram mais significativas no grupo dos militares, mesmo quando realizada uma subanálise (*data not showed*) comparando os militares com os atletas do género masculino e caucasianos. Verificou-se uma expressiva transformação da composição corporal deste grupo, com ganhos médios de MM de 7,5% e eliminação média de MG de cerca de 30%. A diferença nas adaptações entre as duas amostras analisadas podem estar relacionadas com a diferença nas características de exercício físico entre o treino militar e o basquetebol. Neste contexto, destaca-se a maior carga horária de treino físico e intensidade do treino militar, bem como as particularidades da metodologia usada, provavelmente justificando as adaptações mais marcadas nos militares. Está demonstrado que com o treino intervalado de alta intensidade, neste caso praticado pelos militares, se conseguem melhores resultados e maiores adaptações¹³. O mecanismo subjacente por estas adaptações ainda não está clarificado, mas pensa-se que este tipo de treino se relaciona com aumento da capacidade do metabolismo aeróbico, anaeróbico, e atividade oxidativa enzimática¹⁴. Apesar de em ambos os grupos não existir hipertensão arterial, nos militares a prática de exercício físico intenso mostrou reduções de cerca de 4 e 9% na PAS e PAD, respetivamente. Estes resultados correspondem ao que está descrito na literatura¹⁵.

A remodelagem cardíaca esteve presente em ambos os grupos, mas com características distintas. Nos militares existiu uma remodelagem excêntrica, com aumento das dimensões das cavidades esquerdas e diminuição da ERP, duplicando no final do curso a proporção de militares com hipertrofia ventricular excêntrica, de 5,9 para 11,8%¹⁶. No grupo dos basquetebolistas foi observada uma remodelagem predominantemente concêntrica, com aumento das paredes do VE, nomeadamente do SIV, aumento da ERP e ligeira diminuição do DDVE. Uma hipótese para explicar estes diferentes tipos de remodelagem cardíaca prende-se com a intensidade do exercício praticado. Exercício físico de intensidade moderada a vigorosa associa-se, inicialmente, a hipertrofia concêntrica devido ao estímulo da sobrecarga de pressão¹⁷. Exercícios de intensidade vigorosa a quase máxima ou máxima estão relacionados com remodelagem de características excêntricas, devido à sobrecarga de volume decorrente do aumento do débito cardíaco, resultante da elevação da FC e dos volumes de ejeção, comparativamente a um aumento apenas moderado da PA^{17,18}. O aumento moderado da PA parece estar associado ao relaxamento do endotélio, na dependência da acetilcolina, que atinge o *plateau* com níveis de exercício moderado a vigoroso¹⁹. Deste modo, quando o exercício passa de nível de intensidade vigo-

rosa para intensidade quase máxima ou máxima, assiste-se a um aumento superior do débito cardíaco, não acompanhado proporcionalmente do aumento da PA, podendo originar uma dilatação das cavidades cardíacas desproporcional à hipertrofia das paredes.

Apesar das adaptações observadas ao longo do curso/época desportiva, verificou-se que estas ainda estavam situadas no limite superior da normalidade (nenhum atleta com SIV >13 mm e apenas um com DDVE >60 mm [61,4 mm]). Relativamente aos parâmetros que avaliam a função diastólica, verificou-se que não houve alterações estatisticamente significativas durante o estudo, no entanto é de realçar que tanto os militares como os atletas já apresentam valores supranormais, facto já descrito em populações semelhantes^{20,21}.

Os parâmetros funcionais também se alteraram com o exercício físico de modo distinto nos dois grupos. Nos militares verificou-se uma diminuição da FEVE em repouso, enquanto nos basquetebolistas este parâmetro manteve-se com valores sobreponíveis aos basais. Na literatura está descrito que atletas de elite, sujeitos a esforços muito intensos e prolongados, podem apresentar ligeira diminuição da FEVE em repouso, com valores médios situados entre os 50-55%, aumentando apropriadamente quando solicitado pelo esforço^{22,23}. No grupo dos militares, nenhum indivíduo tinha na avaliação ecocardiográfica inicial ou final a FEVE <50%; no entanto, 12 militares (70% desta população) apresentavam no ETT final, FEVE 50-55%.

Relativamente à DLG, verificou-se que tanto os militares como os basquetebolistas apresentavam valores dentro da normalidade⁷, com uma tendência para diminuir após o programa de exercício físico. No nosso estudo, esta diminuição não foi significativa, quando analisados os dois grupos separadamente, mas quando comparados em conjunto a DLG decresceu significativamente. Este comportamento do DLG está de acordo com o descrito na literatura⁷, podendo representar uma adaptação fisiológica induzida pelo exercício físico, correspondendo a mais um parâmetro característico do «coração de atleta» e diferenciador da patologia cardíaca, nomeadamente da miocardiopatia hipertrófica^{24,25}. Contudo, a atual escassez de dados nesta área justifica a realização futura de estudos desenhados para estudar o efeito do exercício físico neste parâmetro específico.

Limitações

A principal limitação deste estudo relaciona-se com a reduzida dimensão das amostras analisadas, tanto de militares de tropas especiais como de atletas. Por outro lado, a heterogeneidade das populações quanto ao género e raça limita também os resultados, justificada principalmente pela ausência de participação de militares do género feminino neste curso de forças especiais. Outra limitação prende-se com a incapacidade de quantificar objetivamente o exercício físico não programado praticado pelos militares durante o curso. Estes indivíduos estão permanentemente envolvidos em atividades e avaliações, nas quais a componente física é fulcral, mesmo não praticando exercício físico convencional ou programado. Por fim, apesar de todos os participantes negarem veementemente a toma de

substâncias estimulantes, no protocolo do estudo, tal não foi comprovado.

Conclusão

Neste estudo, verificou-se uma remodelagem antropométrica e cardiovascular tanto nos militares de forças especiais como em basquetebolistas de nível competitivo, após o curso militar ou época desportiva. Essa remodelagem apresentou características distintas, nos militares de predomínio excêntrico e nos basquetebolistas concêntrico. As novas modalidades ecocardiográficas, nomeadamente a análise da deformação miocárdica, podem revelar um padrão também compatível com adaptação fisiológica ao exercício físico, podendo contribuir para a diferenciação entre «coração de atleta» e patologia cardíaca.

Responsabilidades éticas

Proteção de pessoas e animais. Os autores declaram que para esta investigação não se realizaram experiências em seres humanos e/ou animais.

Confidencialidade dos dados. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Direito à privacidade e consentimento escrito. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Ao Centro de Tropas Comandos e ao clube de basquetebol Olivais FC.

Bibliografia

- Pelliccia A, Maron BJ. Outer limits of the athlete's heart, the effect of gender, and relevance to the differential diagnosis with primary cardiac diseases. *Cardiol Clin.* 1997;15:381–96.
- Paterick TE, Gordon T, Spiegel D. Echocardiography: profiling of the athlete's heart. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27:940–8.
- Grazioli G, Sanz M, Montserrat S, et al. Echocardiography in the evaluation of athletes. *F1000Research.* 2015;4:151.
- Mitchell JH, Haskell W, Snell P, et al. Task Force 8: Classification of Sports, 36th Bethesda Conference: eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45.
- Nash WP. US Marine Corps and Navy combat and operational stress continuum model: A tool for leaders. In: Ritchie EC, editor. *Combat and operational behavioral health.* Washington, DC: Borden Institute; 2011. p. 193–214.
- Dores H, Freitas A, Malhotra A, et al. The hearts of competitive athletes: an up-to-date overview of exercise-induced cardiac adaptations. *Rev Port Cardiol.* 2015;34:51–64.
- Caselli S, Montesanti D, Autore C, et al. Patterns of left ventricular longitudinal strain and strain rate in Olympic athletes. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28:245–53.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. 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;43:1334–59.
- Mancia G, Fagard R, Narkiewicz, 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;31:1281–357.
- Sheikh N, Papadakis M, Ghani S, et al. Comparison of electrocardiographic criteria for the detection of cardiac abnormalities in elite black and white athletes. *Circulation.* 2014;129:1637–49.
- Evangelista A, Flachskampf F, Lancellotti P, et al. European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies. *Eur J Echocardiogr.* 2008;9:438–48.
- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28:1–39.
- Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32:53–73.
- Daussin FN, Ponsot E, Dufour SP, et al. Improvement of VO₂max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101:377–83.
- Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:533–53.
- Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification. *Eur J Echocardiogr.* 2006;7:79–108.
- Arbab-Zadeh A, Perhonen M, Howden E, et al. Cardiac remodeling in response to 1 year of intensive endurance training. *Circulation.* 2014;130:2152–61.
- Mihl C, Dassen WR, Kuipers H. Cardiac remodeling: concentric versus eccentric hypertrophy in strength and endurance athletes. *Neth Heart J.* 2008;16:129–33.
- Kemi OJ, Haram PM, Loennechen JP, et al. Moderate vs. high exercise intensity: differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovasc Res.* 2005;67:161–72.
- Claessens P, Claessens C, Claessens M, et al. Supernormal left ventricular diastolic function in triathletes. *Tex Heart Inst J.* 2001;28:102–10.
- D'Ascenzi F, Cameli M, Zacà V, et al. Supernormal diastolic function and role of left atrial myocardial deformation analysis by 2D speckle tracking echocardiography in elite soccer players. *Echocardiography.* 2011;28:320–6.
- Abernethy WB, Choo JK, Hutter AM Jr. Echocardiographic characteristics of professional football players. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41:280–4.
- Abergel E, Chatellier G, Hagege A, et al. Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists: implications for disease screening and follow-up. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44:144–9.
- Richard V, Lafitte S, Reant P, et al. An ultrasound speckle tracking (two-dimensional strain) analysis of myocardial deformation in professional soccer players compared with healthy subjects and hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 2007;100:128–32.
- Rawlins J, Bhan A, Sharma S. Left ventricular hypertrophy in athletes. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:350–6.