



Alterações cardíacas decorrentes da prática esportiva de alta intensidade e sua relação com as cardiopatias

Cardiac changes resulting from high-intensity sports and their relationship with heart disease

Cambios cardíacos resultantes de los deportes de alta intensidad y su relación con las enfermedades cardíacas

Augusto Dias Cavalcante¹, Luciana Vieira Queiroz Labre¹, Gabriel Rodrigues Jubé¹, Gabriel Cremonez Cavalcante¹, Pedro Augusto Fonseca Tavares¹, Victor Hugo Cardoso Monteiro¹, Arthur Guimarães Arantes¹.

RESUMO

Objetivo: Identificar as divergências entre as alterações cardíacas fisiológicas e patológicas decorrentes da prática de exercícios físicos de alta intensidade realizados por atletas. **Métodos:** Foi desenvolvida uma revisão sistemática utilizando análises observacionais que investigam as alterações cardíacas em atletas, por meio da busca nas bases de dados Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), Scientific Electronic Library Online (SciELO), National Library of Medicine (PubMed). **Resultados:** Foram selecionados 10 artigos científicos realizados com atletas saudáveis, atletas cardiopatas, indivíduos não atletas saudáveis e indivíduos não atletas cardiopatas, que estudaram a diferenciação do coração do atleta de doenças cardíacas estruturais. Ao avaliar a qualidade metodológica pela escala ROBINS-E, os artigos selecionados apresentaram risco baixo ou moderado. **Considerações finais:** A presente revisão identificou que a cardiomiopatia hipertrófica (CMH) é uma das principais causas de morte súbita cardíaca entre atletas, dificultando a distinção entre adaptações normais e patologias cardíacas. A ressonância magnética cardíaca (RMC) é fundamental para superar essas limitações e avaliar adaptações conforme o tipo de exercício. A análise de deformação miocárdica e do volume diastólico final ajuda a diferenciar condições patológicas do "coração de atleta".

Palavras-chave: Cardiopatias, Atletas, Morte súbita, Diagnóstico.

ABSTRACT

Objective: Identify the differences between physiological and pathological cardiac changes resulting from high-intensity physical exercise performed by athletes. **Methods:** A systematic review was conducted using observational analyses that investigate cardiac alterations in athletes, through searches in the Virtual Health Library (BVS), Scientific Electronic Library Online (SciELO), and National Library of Medicine (PubMed) databases. **Results:** 10 scientific articles were selected, involving healthy athletes, athletes with heart disease, healthy non-athletes, and non-athletes with heart disease, which studied the differentiation of the athlete's heart from structural heart diseases. When assessing methodological quality using the ROBINS-E scale, the selected articles showed low or moderate risk. **Conclusions:** This review identified that Hypertrophic Cardiomyopathy (HCM) is one of the main causes of sudden cardiac death among athletes, complicating the

¹ Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA), Anápolis - GO.

distinction between normal adaptations and cardiac pathologies. Cardiac magnetic resonance imaging (MRI) is essential to overcome these limitations and assess adaptations based on the type of exercise. Analysis of myocardial deformation and end-diastolic volume helps to differentiate pathological conditions from "athlete's heart".

Keywords: Cardiopathies, Athletes, Sudden death, Diagnosis.

RESUMEN

Objetivo: Identificar las divergencias entre las alteraciones cardíacas fisiológicas y patológicas derivadas de la práctica de ejercicios físicos de alta intensidad realizados por atletas. **Métodos:** Se llevó a cabo una revisión sistemática utilizando análisis observacionales que investigan las alteraciones cardíacas en atletas, mediante la búsqueda en las bases de datos de la Biblioteca Virtual de Salud (BVS), Scientific Electronic Library Online (SciELO) y National Library of Medicine (PubMed). **Resultados:** Se seleccionaron 10 artículos científicos, que incluyeron a atletas sanos, atletas con cardiopatías, individuos no atletas sanos y no atletas con cardiopatías, los cuales estudiaron la diferenciación del corazón del atleta en relación con enfermedades cardíacas estructurales. Al evaluar la calidad metodológica utilizando la escala ROBINS-E, los artículos seleccionados presentaron un riesgo bajo o moderado. **Consideraciones finales:** Esta revisión identificó que la Miocardiopatía Hipertrófica (CMH) es una de las principales causas de muerte súbita cardíaca entre atletas, dificultando la distinción entre adaptaciones normales y patologías cardíacas. La resonancia magnética cardíaca (RMC) es fundamental para superar estas limitaciones y evaluar las adaptaciones según el tipo de ejercicio. El análisis de la deformación del miocardio y el volumen telediastólico ayuda a diferenciar las condiciones patológicas del "corazón de atleta".

Palabras clave: Cardiopatías, Atletas, Muerte súbita, Diagnóstico.

INTRODUÇÃO

A remodelação cardíaca induzida pelo exercício, frequentemente denominada "coração do atleta", é um aumento adaptativo no tamanho da câmara cardíaca e na espessura da parede que é promovido pelos volumes e cargas de pressão do exercício. Essas mudanças são acompanhadas por melhorias na função lusitropica e contrátil que permitem que o coração encha e ejetar volumes maiores do que os não atletas durante o exercício. Sendo assim, o exercício pode ter uma influência profunda no tamanho e massa cardíaca, e isso depende do tipo e da duração do exercício (LA GERCHE A, et al., 2022). Acredita-se que as dimensões do coração do atleta raramente excedem os limites superiores do normal se ajustadas ao tamanho do corpo, o coração aumenta a espessura do septo e da parede livre para normalizar o estresse da parede miocárdica.

Sendo assim, o termo hipertrofia fisiológica é usado para descrever o aumento da massa do ventrículo esquerdo (VE) que ocorre em resposta ao esforço físico repetitivo, essa alteração é considerada uma adaptação fisiológica, definida como Síndrome do Coração do Atleta. O intenso condicionamento físico observado resulta em aumento de as seguintes alterações: bradicardia sinusal, arritmia sinusal, batimentos de escape juncional, bloqueio atrioventricular tônus vagal, acarretando bloqueio atrioventricular de primeiro e segundo grau (GATI S, et al., 2019).

Outrossim, a principal causa de morte súbita em atletas é a cardiomiopatia hipertrófica que promove o desarranjo das fibras, a fibrose intersticial e o espessamento arteriolar que são as características patológicas que levam ao remodelamento adverso, arritmias, homólogos isquêmicos e morte súbita cardíaca (PALMISANO A, et al., 2021). Acomete principalmente o ventrículo esquerdo, mas também pode estar presente nos átrios e ventrículos direitos e assim se distinguir em 4 hipertrofias: simétrica, septal assimétrica, apical assimétrica e segmentares (BAZAN SGZ, et al., 2020). Além deste quadro clínico, existem também outras enfermidades que são relacionadas à morte súbita e podem ser sobrepostas ao coração dos atletas, sendo elas a cardiomiopatia dilatada e a cardiomiopatia arritmogênica ventricular.

Trazendo o assunto para situações que observamos em nosso cotidiano, em agosto de 2024, houve a morte do jogador de futebol uruguaio Juan Izquierdo, que apresentou uma parada cardíaca por arritmia

enquanto jogava uma partida válida pela Copa Libertadores da América, maior torneio de clubes da América do Sul, Izquierdo veio a falecer no hospital após 5 dias de internação, em São Paulo.

Diante caso tão recente, reforçamos a necessidade de melhor investigar as nuances do coração do atleta e a forma que ele se comporta. É inegável, que um dos pontos mais relevantes a serem estudados na prática clínica da medicina esportiva são as formas de diagnóstico, principalmente quando falamos sobre a diferenciação entre coração fisiológico e patológico.

O estudo de Malek LA, et al. (2022), traz os benefícios da ressonância magnética cardíaca (RMC) na investigação das doenças cardíacas em relação a outras formas diagnósticas mais comuns nessa área. Desse modo, o objetivo desta revisão sistemática de literatura foi esclarecer as principais diferenças e semelhanças entre as adaptações cardíacas fisiológicas e patológicas nos atletas, trazendo a relação entre a prática de exercícios e o desenvolvimento de cardiopatias. Ademais, foram incluídas informações sobre as formas de diagnóstico mais recentes e eficazes utilizadas para identificar as cardiopatias.

MÉTODOS

Esta revisão sistemática foi registrada na base PROSPERO (registro nº CRD42024472320) . Após a obtenção dos artigos, todas as etapas da presente revisão foram conduzidas e produzidas de acordo com as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Statement (PRISMA).

Estratégia de busca

No presente estudo foram consultadas três bases de dados científicos: Medical Literature Library of Medicine On-Line (MEDLINE) via PubMed, Biblioteca Virtual de Saúde (BVS) e Scientif Eletronic Library Online (SciELO). A estratégia de busca incluiu descritores específicos, conferidos e pesquisados no DeCS e MeSH e adaptados posteriormente aos sistemas de busca nas bases de dados citadas. Os seguintes descritores, em língua inglesa foram considerados “athletes”, “heart diseases”, “cardiomegaly exercise induced”.

Recorreu-se aos operadores lógicos “AND”, “OR”, para combinação dos descritores e termos utilizados para rastreamento das publicações. ((cardiomegaly exercise induced) OR (heart diseases) AND (sports) AND (athletes)). Foi aplicado um intervalo de publicação entre os anos de 2013 a 2023, e filtros de idiomas não foram incluídos. A busca inicial nas bases de dados ocorreu em março/2023, sendo atualizadas em março/2024.

Critérios de elegibilidade

Através desse método de busca e seguindo as recomendações PRISMA foram identificadas, a princípio, 212 publicações potencialmente elegíveis para integrar esta revisão. Em seguida, distinguiram-se os artigos que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: (a) bibliografias eletrônicas compatíveis com os descritores enumerados acima; (b) textos completos e resumos do tipo tese, artigos originais, livros, instruções normativas e portarias de órgãos científicos oficiais, obtidos nas plataformas indexadoras e bases de dados científicos da área médica supracitados; (c) artigos que relacionem as cardiopatias à prática esportiva.

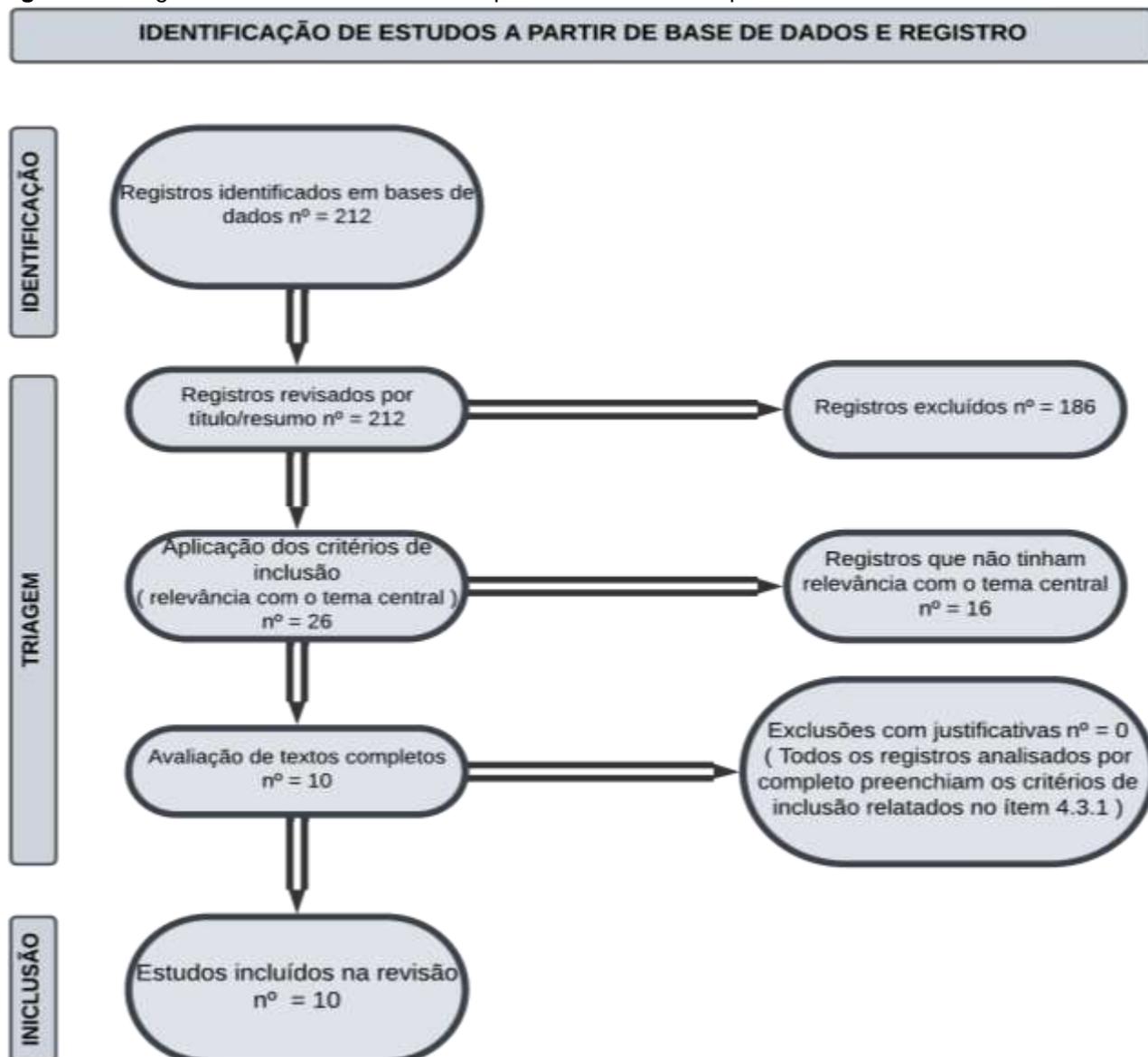
Nos estudos selecionados, foram incluídos estudos de caráter observacional, comparativo, diagnóstico - analítico, e estudos de coorte, cuja população era composta por indivíduos atletas saudáveis sem cardiopatias prévias, atletas cardiopatas, não atletas saudáveis e não atletas com doença cardíaca.

Avaliação por título e resumo, leitura integral e extração dos dados

Na primeira fase, realizou-se a triagem inicial dos artigos disponíveis em bases de dados científicas, passando então pela posterior avaliação de título e resumo. Os artigos selecionados prosseguiram para a aplicação da leitura integral. Durante essa fase, aqueles que preenchiam os critérios de elegibilidade foram submetidos à avaliação da consistência metodológica dos estudos. Foram analisados os dados fornecidos na amostra, (dimensionamento adequado, envolvendo seleção conveniente de participantes, de acordo com a faixa etária e fase da vida analisada em cada pesquisa); instrumentos (critérios de avaliação), periódico no

qual o artigo foi publicado (classificados conforme o critério Qualis proposto pela CAPES) e suas conclusões. A triagem dos estudos selecionados para inclusão final da vigente revisão sistemática se encontra descrita na (Figura 1).

Figura 1– Triagem dos estudos selecionados para inclusão final da presente revisão.



Fonte: Cavalcante AD, et al., 2025.

Avaliação da qualidade metodológica

Para garantir a robustez e confiabilidade dos resultados dos estudos incluídos, foi realizada uma avaliação da qualidade metodológica utilizando a ferramenta ROBINS-E (Risk Of Bias In Non-randomized Studies - of Exposures) desenvolvida pela Cochrane Collaboration, reconhecida por suas ferramentas de padrões internacionais para revisões sistemáticas. A escala ROBINS-E é amplamente utilizada para avaliar o risco de viés em estudos observacionais que envolvem a análise de exposições, como fatores ambientais, genéticos, comportamentais ou ocupacionais, e suas relações com desfechos de saúde.

E foi aplicada a todos os estudos selecionados que analisam as alterações cardíacas decorrentes da prática esportiva de alta intensidade e sua relação com as cardiopatias. A avaliação da qualidade dos estudos pode ser conferida com as informações apresentadas no (Quadro 1).

Quadro 1 – Escala Robins-E.

Autor/ano	Viés 1	Viés 2	Viés 3	Viés 4	Viés 5	Viés 6	Viés 7
Bjerring AW, et al., 2019	⊗	⊕	⊗	⊕	⊗	⊕	⊕
Czimbalmos C, et al., 2018	⊗	⊕	⊗	⊕	⊕	⊕	⊕
Dores H, et al., 2018	⊗	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Erz G, et al., 2012	⊗	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Grazzioli G, et al., 2016	⊗	⊕	⊕	⊕	⊗	⊕	⊕
Gülan U, et al., 2022	⊗	⊕	⊗	⊕	⊗	⊕	⊕
Kubler J, et al., 2021	⊗	⊕	⊗	⊕	⊕	⊕	⊕
Małek LA, et al., 2022	⊗	⊕	⊗	⊕	⊕	⊕	⊕
Schnell F, et al., 2017	⊗	⊕	⊕	⊕	⊗	⊕	⊕
Zaffalon D, et al., 2022	⊗	⊕	⊕	⊕	⊗	⊕	⊕

Legenda: ⊕ Risco baixo; ⊗ Risco moderado; ⊗ Risco alto.

Fonte: Cavalcante AD, et al., 2025.

RESULTADOS

Seguindo toda a metodologia de inclusão e exclusão dos artigos citada acima, foram selecionados um total de 10 artigos científicos, que estudaram a diferenciação do coração do atleta de doenças cardíacas estruturais. Dentre os exames apresentados se destacou principalmente a ressonância magnética, e outros estudos utilizaram também ecocardiograma e eletrocardiograma. A cardiomiopatia dilatada (CMD) foi a doença mais frequente entre os artigos, assim como cardiomiopatia hipertrófica (CMH), cardiomiopatias arritmogênicas e entre outras alterações cardíacas estruturais.

Outros aspectos também foram estudados entre eles dispersão mecânica, deformação miocárdica, parâmetros cardíacos fisiológicos do atleta e o desenvolvimento temporal do coração do atleta. Informações como, autoria, população dos estudos, objetivos, métodos e principais resultados dos artigos estão descritos no (Quadro 2).

Quadro 2 – Estudos incluídos na presente revisão.

N	Autores (Ano)	População	Principais achados
1	Erz G, et al., 2012	Total: 45 participantes do sexo masculino. Idade Média: 40 ± 8.9 anos	Eletrocardiograma (ECG) e Alterações Estruturais: 60% dos atletas com ECG normal ou levemente anormal. Massa Miocárdica: Atletas com ECG anormal exibiam maior massa miocárdica
2	Grazioli G, et al., 2016	Total: 75 indivíduos do sexo masculino: 30 Homens sedentários (grupo controle); 25 Atletas em esportes competitivos; 20 Pacientes com cardiomiopatia hipertrófica. Idade média: 34,7 ± 9,74 anos	Massa Miocárdica: Tanto atletas quanto pacientes com CMH apresentaram aumento na massa miocárdica. Enquanto os atletas podem ter adaptações fisiológicas saudáveis, os pacientes com CMH têm um aumento patológico.
3	Schnell F, et al., 2017	Total: 72 indivíduos com cardiomiopatia hipertrófica: 36 Atletas saudáveis/ 36 Sedentários saudáveis; Idade média: 39,2 ± 12,4 anos. Sexo: Sedentários com CMH: 33 homens / 3 mulheres Atletas com CMH: 34 homens / 2 mulheres Controle sedentário: 36 homens / 0 mulheres Atletas saudáveis: 36 homens / 0 mulheres	Dispersão Mecânica: Menor dispersão longitudinal global (DLG) em indivíduos sedentários com CMH. Ambos os grupos com CMH (sedentários e não sedentários) apresentam maior dispersão mecânica que os grupos controle, indicando um padrão de comprometimento funcional.
4	Czimbalmos C, et al., 2018	Total: 76 indivíduos: 34 Atletas saudáveis com treinamento mínimo de 15 horas/semana; 34 Pacientes com cardiopatia arritmogênica ventricular (CAV) definitiva; 08 Atletas altamente treinados com CAV; Idade Média: 34,4 ± 9,86 anos. Sexo: Atletas saudáveis: 22 homens/ 12 mulheres Pacientes com CAV: 22 homens/ 12 mulheres	Avaliação Funcional do Coração: A análise de parâmetros como a fração de e deformação miocárdica é crucial para diferenciar entre adaptações normais de atletas e condições patológicas, como a CMD e a CAV. Ambos os grupos mostram uma complexidade na avaliação da função diastólica e sistólica.
5	Dores H, et al., 2018	Total: 108 indivíduos: Grupo 1 (alto nível): 60; Grupo 2 (baixo nível) :48 Idade Média: 24 ± 6,42 anos Sexo: Grupo 1: 59 homens (98%) Grupo 2: 40 homens (83%)	Remodelação Cardíaca: Os atletas do Grupo 1 mostraram uma remodelação cardíaca mais acentuada e uma função diastólica aprimorada Dispersão Mecânica: A DLG foi significativamente menor no Grupo 1 em comparação ao Grupo 2.
6	Bjerring AW, et al., 2019	Total = 48 indivíduos; Idade Média: 13,65 ± 1,62 anos. Sexo: Atletas ativos: 22 homens (71%) Ex-atletas: 12 homens (71%)	Desempenho e Exercício: O desempenho no exercício (VO ₂ max) em atletas ativos é frequentemente superior, e há uma correlação entre horas de treinamento e melhorias nos parâmetros cardíacos.

N	Autores (Ano)	População	Principais achados
7	Kübler J, et al., 2021	<p>Total: 106 indivíduos: 40 Atletas 48 Indivíduos com CMD; 18 Indivíduos com CAV. Idade Média: 40,7 ± 17,95 anos.</p> <p>Sexo: Atletas: 27 homens (68%) DCM: 39 homens (81%) CAV: 11 homens (61%) HCM: 14 homens (100%)</p>	<p>Remodelação Cardíaca: Os atletas demonstram uma remodelação cardíaca que pode se assemelhar a certas condições patológicas, mas com diferenças na magnitude e funcionalidade. O aumento do volume diastólico final (VDF) em atletas e em pacientes com CMD sugere que ambos podem apresentar características de dilatação, mas com diferentes implicações funcionais.</p>
8	Gülan U, et al., 2022	<p>Total: 06 indivíduos do sexo masculino; 02 Voluntários saudáveis com atividades diárias leves; 02 Atletas com histórico de atividade esportiva de resistência; 02 Pacientes com CAV. Idade média: 43,5 ± 10,67 anos</p>	<p>Alterações na Sístole: Os pacientes com CAV apresentam regiões de velocidade mais elevadas durante a sístole, indicando uma dinâmica de contração diferente em comparação aos atletas. Os atletas, por sua vez, mostram níveis mais baixos de energia cinética e tensão de cisalhamento viscoso durante a sístole, sugerindo que, apesar de terem um coração adaptado ao exercício, suas características de contração são distintas das observadas em condições patológicas.</p>
9	Malek LA, et al., 2022	<p>Total: 154 indivíduos; Idade Média: 33,5 anos. Sexo: Grupo "Athlete's Heart": 52 homens (88%) Grupo "No Athlete's Heart": 82 homens (86%)</p>	<p>Massa Miocárdica: Atletas apresentam adaptações cardíacas típicas, como aumento da massa miocárdica e dilatação das câmaras cardíacas, o que é considerado normal e adaptativo em resposta ao exercício intenso.</p> <p>Alterações Patológicas: A ressonância magnética cardíaca revelou diagnósticos de doença cardíaca esquerda em 42% dos atletas examinados, indicando a presença de condições patológicas que podem se manifestar de forma semelhante às adaptações atléticas.</p> <p>Arritmias e Complicações: Três pacientes (2%) necessitaram de implante, indicando a presença de arritmias potencialmente perigosas, que são consideradas complicações patológicas.</p>
10	Zaffalon D, et al., 2022	<p>Total: 60 indivíduos: 30 Pacientes com CMD; 30 Atletas de elite com remodelação cardíaca significativa; Idade Média: 46,5 ± 14,81 anos Sexo: Pacientes com CMD Masculino 19 (63%) Atletas: Masculino 26 (87%)</p>	<p>ECG e Alterações Estruturais O ECG mostrou alterações em 73% pacientes com CMD.</p>

Fonte: Cavalcante AD, et al., 2025.

DISCUSSÃO

O propósito desta revisão foi enfatizar as principais características das alterações cardíacas decorrentes da prática esportiva, as relacionando com as alterações provenientes das cardiopatias, posto isso, vale ressaltar que a hipótese clássica de Morganroth postula que o exercício isotônico, ligado aos esportes de resistência, é responsável pela sobrecarga crônica de volume que leva à hipertrofia excêntrica, enquanto o exercício isométrico, típico das disciplinas de força, é responsável pela hipertrofia concêntrica.

Porém, atletas envolvidos em esportes de alto nível costumam apresentar adaptações combinadas devido à influência simultânea dos dois tipos de exercício. Esta hipótese é comprovada tanto por Bjerring AW, et al (2019) quanto por Dores H, et al (2018) através da realização estudos que demonstram aumento da massa do VE e da espessura da parede em atletas com alto nível de treinamento físico.

No estudo de Dores H, et al (2018) atletas de nível elevado (nacional/internacional e ≥ 20 horas/semana de treino) apresentaram valores maiores de alterações cardíacas, uma vez que atletas envolvidos em esportes de alta dinâmica são submetidos a maiores sobrecargas de volume. Todavia, o artigo ressalta que os valores encontrados parecem pertencer ao espectro da fisiologia saudável típica do “coração de atleta”.

Assim, na presença de alteração cardíaca em atletas altamente treinados, uma função diastólica normal ou aumentada pode se tornar a chave para distinguir a adaptação saudável da doença. Embora as alterações miocárdicas em atletas se sobreponham a várias condições patológicas, estes valores mais baixos estão sempre associados a um desempenho diastólico normal/melhorado que permite a discriminação entre adaptações fisiológicas e patologia.

Em concordância, o estudo de Schnell F, et al. (2017) demonstrou que a função diastólica do VE, o diâmetro e o volume diastólico final do VE dos atletas saudáveis apresentaram maiores dimensões quando comparadas com pacientes com CMH, uma vez que os grupos doentes apresentaram menor relaxamento e maiores pressões de enchimento do VE em repouso e durante o exercício. Além disso uma obstrução da via de saída do VE $>$ ou $= 30$ mmHg foi observada apenas em pacientes com CMH.

A dispersão miocárdica da deformação longitudinal parece ser a ferramenta mais eficaz para diferenciar atletas com CMH de atletas saudáveis, no entanto a ecocardiografia de exercício na avaliação de obstrução da via de saída do VE, pode ser utilizada para avaliar a deformação longitudinal global (DLG) numa fase submáxima do exercício para aumentar a confiança diagnóstica. Porém, a DLG normalmente não pode ser usada para excluir o diagnóstico de CMH, a diminuição da DLG no exercício demonstrou ser apenas um sinal precoce de doença (SCHNELL F, et al., 2017). Na pesquisa de Czimbalmos C, et al. (2018) a análise da deformação do ventrículo direito por ressonância magnética cardíaca também se mostrou uma ferramenta valiosa na diferenciação entre coração de atleta e cardiopatia arritmogênica ventricular (CAV), especialmente em atletas altamente treinados com função ventricular preservada.

A espessura máxima da parede cardíaca foi marcadamente mais espessa nos grupos sedentários e atletas com CMH em comparação com ambos os grupos sedentários e atletas sem alteração cardíaca, no entanto entre os pacientes com CMH, seja atleta ou sedentário, não foi observada nenhuma diferença (SCHNELL F, et al., 2017). O estudo de Kubler J, et al. (2021) aponta para a apresentação de hipertrofia do VE em atletas, enquanto os pacientes com CMH parecem mimetizar tal situação com aumento da espessura do VE, porém apresentam redução da função do VE diferente dos atletas que não apresentaram tal redução.

O eletrocardiograma (ECG) constatou uma boa acurácia na diferenciação entre CMD e remodelamento cardíaco em atletas, visto que possui uma sensibilidade e especificidade eficiente para a identificação de anormalidades que apontam para uma alteração estrutural patológica. Portanto, o ECG normal em atletas assintomáticos sem histórico familiar significativo de doença cardíaca prematura, dilatação significativa do VE e/ou fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) limítrofe ou levemente reduzida na ecocardiografia, é altamente sugestivo de um processo fisiológico (ZAFFALON D, et al., 2022).

Contudo, foi identificado que o intervalo RST no ECG foi altamente diagnóstico para CMH, mostrando ser um parâmetro sensível em casos ambíguos. Portanto, evidencia-se a importância do ECG e da

ecocardiografia na triagem de atletas para prevenir mortes súbitas, propondo uma abordagem multiparamétrica simples, inicialmente baseada em parâmetros de ECG, que pode servir como triagem antes de testes de ecocardiograma ou RMC (GRAZIOLI G, et al., 2016).

Em relação à CAV, Gulan U, et al. (2022) postula que pacientes acometidos com essa doença envolvidos em atividades esportivas de resistência amadoras e profissionais têm maior probabilidade de apresentar manifestações clínicas mais graves. Além disso, existem dificuldades na diferenciação anatômica do coração dos pacientes de CAV e de atletas não portadores da doença.

O estudo de Czimbalmos C, et al. (2018) destaca que atletas altamente treinados podem apresentar características semelhantes à CAV, dificultando a diferenciação entre os dois usando os critérios da Força-Tarefa modificados. Embora a ressonância magnética cardíaca seja padrão-ouro para avaliar a função do ventrículo direito, a interpretação subjetiva ainda é desafiadora.

Colaborando para elucidar essa questão, Kubler J, et al. (2021) traz resultados que mostram diferenças significativas no volume diastólico final do ventrículo direito de atletas e pacientes com CAV, fornecendo critérios úteis para o diagnóstico diferencial. Gulan U, et al. (2022) mostra que atletas apresentam níveis mais baixos de energia cinética e tensão de cisalhamento viscoso durante a sístole em comparação com os pacientes com CAV. Kubler J, et al. (2021) também aborda a existência de sobreposição entre o coração de atletas e a cardiomiopatia dilatada. Os resultados mostraram que o volume diastólico final estava aumentado em mais da metade dos atletas, assim como em pacientes com CMD.

As diferenças encontradas também estão relacionadas ao volume diastólico ventricular final. Ademais, a RMC, demonstrou-se como uma ótima ferramenta diagnóstica para atletas em fases iniciais de doença cardíaca estrutural ou atletas que estão com resultados duvidosos nos testes iniciais como o ECG (ERZ G, et al., 2012; MAŁEK LA, et al., 2022). "Coração de atleta" é o termo utilizado para definir remodelações estruturais e elétricas cardiovasculares causadas pela prática intensa de atividade física. Erz G, et al. (2012) afirma que exames como eletrocardiograma ou ecocardiograma podem destacar pequenas mudanças de padrão, sendo um desafio distinguir as adaptações benignas, geralmente reversíveis, de alterações patológicas. Com isso, a Ressonância Magnética Cardíaca com sua resolução espacial equilibrada e possibilidade de visualização de cicatrizes miocárdicas é um exame não invasivo bastante útil em atletas com suspeita de doença cardíaca estrutural (MAŁEK LA, et al., 2022).

O uso da RMC para confirmação diagnóstica de doença cardíaca estrutural não é muito comum devido ao alto custo do equipamento associado a baixa cobertura de rastreio pelo seguro social/saúde. Isso contrasta a sua importância na cardiologia clínica, uma vez que outros exames possuem limitações tanto técnicas quanto prognósticas em atletas de alta performance (ERZ G, et al., 2012; MAŁEK LA, et al., 2022). A CMH é uma das principais causas de morte súbita cardíaca entre atletas jovens, destacando a importância do diagnóstico precoce e preciso para prevenir tragédias. Dada a prevalência de CMH na população jovem, métodos como ecocardiogramas e eletrocardiogramas têm sido essenciais na identificação de indivíduos em risco.

Contudo, a elevada taxa de falsos positivos nos resultados do ECG, especialmente devido ao "coração de atleta", dificulta o diagnóstico diferencial. Esta sobreposição entre as adaptações fisiológicas ao exercício e as manifestações patológicas de CMH pode resultar em diagnósticos incorretos, levando a intervenções inadequadas ou à falta de tratamento em casos graves (SCHNELL F, et al., 2017).

Nesse contexto, a RMC emerge como uma ferramenta importante, com sua capacidade de fornecer imagens detalhadas da estrutura cardíaca e detectar cicatrizes miocárdicas, permitindo uma avaliação mais precisa de atletas com suspeita de doenças cardíacas estruturais. A RMC pode ajudar a distinguir entre as remodelações benignas e as patologias subjacentes, potencialmente reduzindo a incidência de mortes súbitas em atletas ao oferecer um diagnóstico mais claro e confiável (SCHNELL F, et al., 2017).

A presente revisão sistemática destaca-se pela sintetização das informações descritas na literatura que abordam as diferenças entre as alterações cardíacas patológicas e fisiológicas, que são ainda pouco descritas. Além disso, nossa revisão esclarece as principais evidências a nível de diagnóstico de possíveis cardiopatias em atletas, o que é de grande relevância e aplicabilidade prática.

Como limitações do nosso estudo, pontuamos que não foi possível identificar de forma clara se a prática intensa de exercícios físicos realizada por atletas profissionais pode predispor um quadro de desenvolvimento de cardiopatias. Ademais, foi observado nos artigos o viés de confusão das populações dos estudos, onde houveram dificuldades na definição de variáveis como volume de treinamento, intensidade e tipo de treino praticado ao longo do tempo pelos atletas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, podemos concluir que a CMH é uma das principais causas de morte súbita cardíaca entre atletas de alto rendimento, e a dificuldade em distinguir entre as adaptações fisiológicas normais do "coração de atleta" e as patologias subjacentes aumenta o risco de diagnósticos incorretos e intervenções inadequadas. O ECG e o ecocardiograma têm sido ferramentas valiosas na triagem inicial, mas apresentam limitações, como a alta taxa de falsos positivos devido às mudanças normais induzidas pelo exercício intenso. A RMC surge como um recurso fundamental para superar essas limitações. A revisão também confirma a validade da hipótese de que as adaptações cardíacas são distintas conforme o tipo de exercício e destaca a importância de considerar o desempenho diastólico para diferenciar entre alterações fisiológicas e patológicas. Além disso, a análise da deformação miocárdica e do volume diastólico final do ventrículo direito, realizada por meio de técnicas avançadas como a RMC, se mostrou útil na diferenciação entre condições como a CAV e o "coração de atleta". Portanto, a abordagem multiparamétrica, que integra ECG, ecocardiograma e RMC, é essencial para uma triagem eficaz e para a prevenção de mortes súbitas entre atletas. Essa combinação de técnicas permite uma avaliação mais completa e precisa, ajudando a distinguir entre condições patológicas e adaptações fisiológicas normais, e potencialmente reduzindo a incidência de eventos adversos graves.

REFERÊNCIA

1. AL-KHATIB SM, et al. AHA/ACC/HRS Guideline for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death: Executive Summary. *Circulation*, 2018; 138(13): 8-39.
2. ARAÚJO MK, et al. Physical Training In Athletes: Analysis Of Cardiac Autonomic Modulation. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2021; 27(1): 36-41.
3. BAZAN SGZ, et al. Cardiomiopatia Hipertrófica – Revisão. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2020; 115(5): 927-935.
4. BJERRING AW, et al. The developing athlete's heart: a cohort study in young athletes transitioning through adolescence. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2019; 26(18).
5. COLOMBO CSSS e FRANCISCO RC. O Coração de Atleta na Mulher. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo*, 2014; 24(1): 66-70.
6. CORRADO D, et al. 12-lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities. *British Journal of Sports Medicine*, 2009; 43(9): 669-676.
7. CZIMBALMOS C, et al. Cardiac magnetic resonance based deformation imaging: role of feature tracking in athletes with suspected arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 2018; 35(3): 529-538.
8. DAMINELLO E, et al. Evaluation of Strain Parameters by Three Dimensional Speckle Tracking Echocardiography in Competitive Athletes. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2017; 30(3): 92-97.
9. DANIELIAN A e SHAH A. Differentiating Physiology from Pathology: The Gray Zones of the Athlete's Heart. *Clinics in Sports Medicine*, 2022; 41(3): 425-440.
10. DORES H, et al. Myocardial deformation and volume of exercise: a new overlap between pathology and athlete's heart? *The international journal of cardiovascular imaging*, 2018; 34(12): 1869-1875.
11. ERZ G, et al. Correlation between ECG abnormalities and cardiac parameters in highly trained asymptomatic male endurance athletes: evaluation using cardiac magnetic resonance imaging. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 2012; 29(2): 325-334.
12. FRANÇA JLM, et al. Morte súbita cardíaca: o perfil da prevenção nos clubes de futebol do estado do Piauí. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 2015; 23(3): 151-160.
13. GATI S, et al. Exercise-induced left ventricular hypertrabeculation: physiological adaptation or cardiomyopathy? *British Journal of Sports Medicine*, 2019; 53(6): 354-355.

14. GRAZIOLI G, et al. Differentiating hypertrophic cardiomyopathy from athlete's heart: An electrocardiographic and echocardiographic approach. *Journal of electrocardiology*, 2016; 49(4): 539-544.
15. GÜLAN U, et al. A comparative study on the analysis of hemodynamics in the athlete's heart. *Scientific reports*, 2022; 12(1).
16. KLEINNIBBELINK G, et al. Exercise Training Induces Left- but not Right-sided Cardiac Remodelling in Olympic Rowers. *International Journal of Sports Medicine*, 2021; 43(2): 151-160.
17. KÜBLER J, et al. Cardiac MRI findings to differentiate athlete's heart from hypertrophic (HCM), arrhythmogenic right ventricular (ARVC) and dilated (DCM) cardiomyopathy. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 2021; 37(8): 2501-2515.
18. LEAL RCC. Adaptações Fisiológicas no Coração do Desportista: Até que ponto serão benéficas? 2022; 66.
19. MACEIRA AM, et al. Reference ventricular dimensions and function parameters by cardiovascular magnetic resonance in highly trained Caucasian athletes. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 2023; 25(12): 1-9.
20. MAŁEK LA, et al. Diagnostic Yield of Cardiac Magnetic Resonance in Athletes with and without Features of the Athlete's Heart and Suspected Structural Heart Disease. *International journal of environmental research and public health/International journal of environmental research and public health*, 2022; 19(8): 4829.
21. MALTÊS S e LOPES LR. Novas perspectivas no tratamento farmacológico da miocardiopatia hipertrófica. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 2020; 39(2): 99-109.
22. MANÇO ACF, et al. Detecção de hipertrofia ventricular esquerda fisiológica em atletas judocas através do eco-doppler. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 2011; 2(9): 342-352.
23. MARTINEZ MW, et al. Exercise-Induced Cardiovascular Adaptations and Approach to Exercise and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology*, 2021; 78(14): 1453-1470.
24. PALMISANO A, et al. Advanced cardiac imaging in athlete's heart: unravelling the grey zone between physiologic adaptation and pathology. *La radiologia medica*, 2021; 126(12): 1518-1531.
25. PEDRO RL. Análise do Impacto do Treinamento Aeróbico de Resistência Versus Anaeróbico de Força na Fisiologia e Morfologia Cardíaca de Atletas de Alto Rendimento Através da Ecocardiografia com Speckle Tracking. *Dissertação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná*, 2022; 40.
26. RICH BSE e HAVENS SA. The Athletic Heart Syndrome. *Current Sports Medicine Reports*, 2004; 3(2): 84-88.
27. SCHMID T, et al. Sports, Myocarditis and COVID-19: Diagnostics, Prevention and Return-to-Play Strategies. *International Journal of Sports Medicine*, 2022; 43(13): 1097-1105.
28. SCHNELL F, et al. Mechanical Dispersion by Strain Echocardiography: A Novel Tool to Diagnose Hypertrophic Cardiomyopathy in Athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2017; 30(3): 251-261.
29. SHARMA S, et al. Exercise and the heart: the good, the bad, and the ugly. *European Heart Journal*, 2015; 36(23): 1445-1453.
30. WERENITZKY J, et al. Cambios estructurales y funcionales del ventrículo derecho en deportistas de alto rendimiento evaluados por ecocardiografía con strain por speckle tracking. *Insuficiencia Cardíaca*, 2016; 11(3): 109-114.
31. ZAFFALON D, et al. Role of the electrocardiogram in differentiating genetically determined dilated cardiomyopathy from athlete's heart. *European Journal of Clinical Investigation*, 2022; 52(10).