



Adaptações cardíacas e desempenho no sistema cardiovascular de atletas submetidos ao treinamento de endurance

Cardiac adaptations and performance in the cardiovascular system of athletes undergoing endurance training

Adaptaciones cardíacas y desempeño en el sistema cardiovascular de atletas someterse a entrenamiento de resistencia

Lucas Dounis Mariano¹, Pedro Arthur Elias Machado¹, Marco Antônio Franco Cançado¹, Filipe Rodrigues Marques¹, Edir Junio Fernandes de Oliveira¹, João de Sousa Pinheiro Barbosa¹.

RESUMO

Objetivo: Analisar os efeitos do treinamento de endurance no sistema cardiovascular de atletas, com ênfase nas adaptações cardíacas e nas alterações no desempenho cardíaco resultantes dessa modalidade de exercício. **Métodos:** Foi conduzida uma revisão integrativa, com busca nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e BVS, considerando publicações entre 2020 e 2025. Foram incluídos estudos primários que abordassem os efeitos do treinamento de endurance sobre a função cardíaca, biomarcadores e remodelamento cardíaco em atletas. **Resultados:** Os achados demonstraram que o treinamento de endurance promove adaptações cardíacas majoritariamente fisiológicas, como aumento dos volumes ventriculares, aprimoramento da função diastólica e melhor desempenho autonômico. Entretanto, sob condições extremas, foram observadas alterações transitórias na função ventricular e elevação de biomarcadores, principalmente no ventrículo direito. Atletas idosos e aqueles com fibrose prévia apresentaram maior risco de disfunção. Fatores ambientais e protocolos de alta intensidade também impactaram agudamente a função cardíaca. **Considerações finais:** O treinamento de endurance, quando adequadamente monitorado, é benéfico para a saúde cardiovascular. Contudo, deve ser individualizado, especialmente em atletas mais velhos e em contextos de alta exigência, a fim de mitigar possíveis riscos cardíacos.

Palavras-chave: Endurance, Cardiovascular, Atletas, Desempenho cardíaco, Remodelamento cardíaco.

ABSTRACT

Objective: Analyze the effects of endurance training on the cardiovascular system of athletes, with emphasis on cardiac adaptations and performance-related changes. **Methods:** An integrative review was performed using PubMed, Scopus, Web of Science, and BVS databases, including studies published between 2020 and 2025. Primary studies addressing the effects of endurance training on cardiac function, biomarkers, and cardiac remodeling in athletes were selected. **Results:** The findings demonstrated that endurance training promotes predominantly physiological cardiac adaptations, such as increased ventricular volumes, improved diastolic function, and enhanced autonomic balance. However, under extreme conditions, transient impairments in ventricular function and elevations in cardiac biomarkers were observed, especially in the right

¹ Centro Universitário de Brasília (CEUB), Brasília - DF.

ventricle. Older athletes and those with pre-existing myocardial fibrosis exhibited higher risk of dysfunction. Environmental factors and high-intensity protocols also acutely impacted cardiac function. **Final Considerations:** When properly monitored, endurance training is beneficial to cardiovascular health. Nonetheless, it should be individualized, particularly for older athletes and in high-demand scenarios, to mitigate potential cardiac risks.

Keywords: Endurance, Cardiovascular, Athletes, Cardiac performance, Cardiac remodeling.

RESUMEN

Objetivo: Analizar los efectos del entrenamiento de resistencia en el sistema cardiovascular de los atletas, con énfasis en las adaptaciones cardíacas y los cambios en el rendimiento cardíaco. **Métodos:** Se realizó una revisión integrativa mediante búsquedas en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science y BVS, considerando estudios publicados entre 2020 y 2025. Se incluyeron estudios primarios que abordaron los efectos del entrenamiento de resistencia sobre la función cardíaca, biomarcadores y remodelación cardíaca en atletas. **Resultados:** Los hallazgos mostraron que el entrenamiento de resistencia promueve adaptaciones cardíacas predominantemente fisiológicas, como el aumento de los volúmenes ventriculares, la mejora de la función diastólica y del equilibrio autonómico. Sin embargo, en condiciones extremas se observaron alteraciones transitorias de la función ventricular y elevación de biomarcadores, especialmente en el ventrículo derecho. Los atletas mayores y aquellos con fibrosis miocárdica previa presentaron mayor riesgo de disfunción. Factores ambientales y protocolos de alta intensidad también impactaron agudamente la función cardíaca. **Concideraciones Finales:** El entrenamiento de resistencia, cuando es adecuadamente monitorizado, es beneficioso para la salud cardiovascular. Sin embargo, debe ser individualizado, especialmente en atletas mayores y en contextos de alta exigencia, para reducir los posibles riesgos cardíacos.

Palabras clave: Resistencia, Cardiovascular, Atletas, Desempeño cardíaco, Remodelación cardíaca.

INTRODUÇÃO

O treinamento de endurance, também denominado treinamento aeróbico, caracteriza-se por exercícios de longa duração e intensidade moderada, que envolvem grandes grupos musculares e demandam metabolismo predominantemente oxidativo. Esse tipo de treinamento é amplamente associado ao aumento da capacidade cardiorrespiratória, melhora na eficiência metabólica e promoção da saúde cardiovascular. As adaptações decorrentes desse tipo de exercício incluem aumento do débito cardíaco, elevação do VO_2 máx, maior densidade capilar, biogênese mitocondrial e aprimoramento da eficiência energética, o que, em conjunto, melhora significativamente o desempenho físico e a saúde geral (HUGHES DC, et al (2018).

A prática regular de exercícios de endurance exerce impacto positivo direto na redução do risco de mais de 40 condições crônicas, como diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, hipertensão, obesidade, dislipidemias, osteoporose e até alguns tipos de câncer. Dados epidemiológicos robustos demonstram que cada incremento de 1 MET (equivalente metabólico) no desempenho cardiorrespiratório está associado a uma redução de 12% no risco de mortalidade por todas as causas. Além disso, indivíduos fisicamente ativos apresentam expectativa de vida até 40% maior em comparação aos sedentários, reforçando a importância do exercício como ferramenta essencial de promoção da saúde e prevenção de doenças (RUEGSEGGER GN e BOOTH FW, 2018).

No entanto, apesar dos amplos benefícios, há uma crescente discussão na literatura sobre os possíveis efeitos adversos do treinamento de endurance quando realizado em volumes ou intensidades extremas, particularmente sobre o sistema cardiovascular. Estudos mostram que o exercício aeróbico intenso pode provocar alterações transitórias, como fadiga cardíaca, elevação de biomarcadores de estresse miocárdico (como troponinas e BNP) e disfunções temporárias da função ventricular, especialmente do ventrículo direito (DOMA K, et al., 2019). Em casos específicos e em populações predispostas, como idosos ou atletas com

remodelamento cardíaco prévio, o exercício extenuante pode estar associado ao desenvolvimento de fibrose miocárdica e distúrbios de condução elétrica, embora esses riscos ainda sejam considerados baixos frente aos benefícios gerais (RUEGSEGGER GN e BOOTH FW, 2018).

Por esse motivo, a literatura atual recomenda que, embora o exercício de endurance seja amplamente indicado para a promoção da saúde cardiovascular, ele deve ser prescrito de forma individualizada, considerando fatores como idade, histórico familiar, presença de comorbidades, condição física atual e volume de treinamento. As contraindicações absolutas são raras, mas incluem situações clínicas específicas, como cardiopatias não controladas, arritmias graves não tratadas, miocardites ou condições inflamatórias agudas (DOMA K, *et al.*, 2019). A correta dosagem dos parâmetros de intensidade, duração e frequência permite maximizar os efeitos benéficos do treinamento e minimizar potenciais riscos.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral realizar uma revisão integrativa da literatura para analisar os efeitos do treinamento de endurance no sistema cardiovascular de atletas, com ênfase nas adaptações cardíacas e nas alterações no desempenho cardíaco resultantes dessa modalidade de exercício.

MÉTODOS

A pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica narrativa, seguindo a metodologia da *revisão integrativa*, que visa combinar e integrar estudos com diferentes delineamentos, tais como experimentais e não experimentais. Essa abordagem permite uma análise crítica e aprofundada de dados empíricos e teóricos, proporcionando uma compreensão abrangente sobre o tema. A revisão integrativa facilita a identificação de lacunas na literatura e contribui para o desenvolvimento de teorias e conceitos, mantendo o rigor metodológico característico das revisões sistemáticas (SOUZA, *et al.*, 2010).

A revisão terá uma abordagem qualitativa e considerará estudos publicados entre 2020 e 2025, com um corte temporal específico de cinco anos. A estratégia de pesquisa seguirá o modelo PICO (População, Intervenção, Comparação e Desfecho), conforme descrito por Brun. A aplicação do PICO permitirá nortear a coleta e análise dos dados:

- **P** (População): Atletas treinados
- **I** (Intervenção): Treinamento de endurance
- **C** (Comparação): Sem grupo de comparação
- **O** (Desfecho): Efeitos cardiovasculares, incluindo função cardíaca, saúde do coração, adaptações cardíacas e desempenho cardíaco.

A pergunta norteadora que orienta a pesquisa é: “Qual é o efeito do treinamento de endurance no sistema cardiovascular de atletas treinados, incluindo a função cardíaca, saúde do coração e adaptações cardíacas?”

A coleta de dados será realizada através de uma estratégia de busca definida, utilizando os seguintes termos: (“endurance training” OR “aerobic exercise” OR “endurance exercise”) AND (“cardiovascular effects” OR “cardiac function” OR “heart health” OR “cardiac adaptation” OR “cardiac performance” OR “heart function”) AND (“trained athletes” OR “athletes” OR “elite athletes”). As bases de dados selecionadas para a pesquisa são: BVS, PubMed, Scopus e Web of Science.

Critérios de Inclusão:

- Artigos publicados entre 2020 e 2025
 - Artigos em inglês, português ou espanhol
 - Artigos originais, publicados em periódicos científicos revisados por pares
- Estudos que abordam os efeitos do treinamento de endurance no sistema cardiovascular de atletas

Critérios de Exclusão:

- Artigos de revisão, teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalhos de conclusão de curso
- Artigos publicados fora do período de 2020 a 2025
- Artigos em línguas não mencionadas (português, inglês e espanhol)
- Artigos que não tratam diretamente do tema central da pesquisa

A análise dos artigos será realizada com base na leitura dos títulos e resumos, utilizando os critérios de inclusão e exclusão para garantir a relevância dos estudos selecionados para a pesquisa.

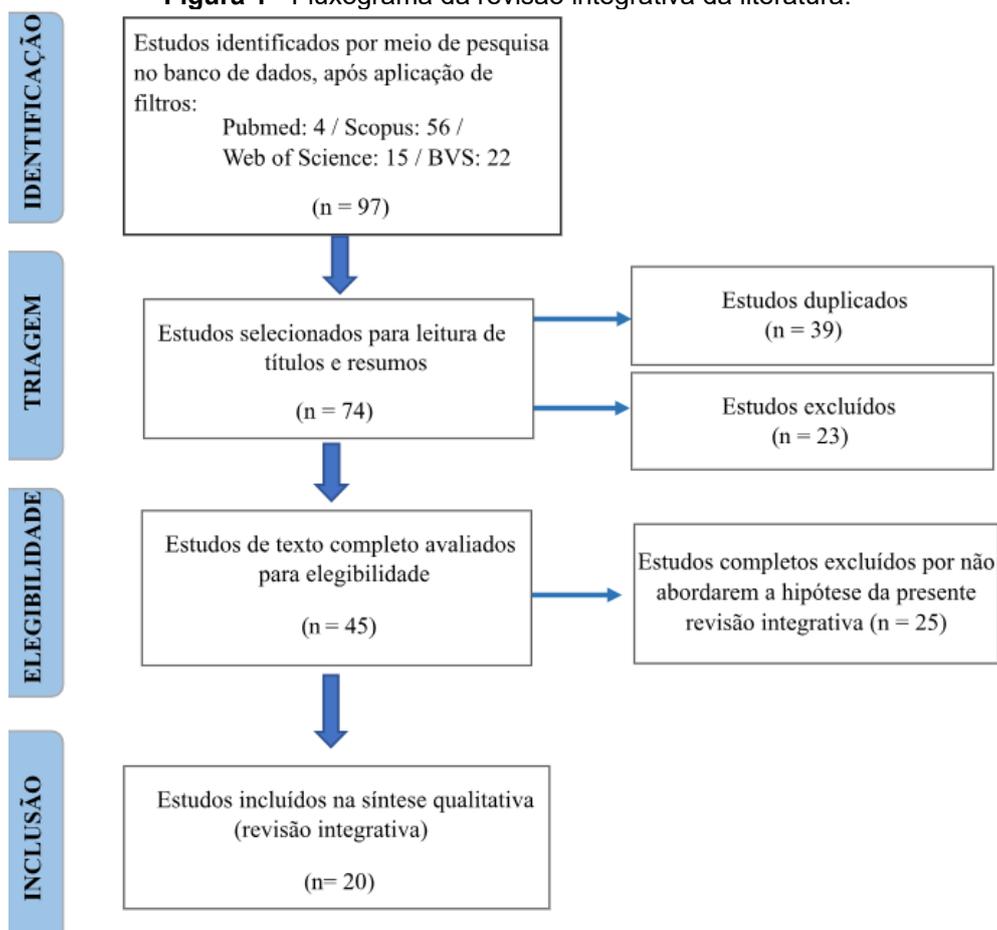
Elaboração dos resultados

A análise das variáveis dos estudos selecionados incluirá: local de estudo, base de dados ou periódico, autor(es), ano de publicação, objetivos do estudo e nível de evidência. A classificação da qualidade metodológica será realizada conforme os seis níveis de categorização da Oxford Centre for Evidence-based Medicine.

Considerações éticas

A revisão bibliográfica narrativa não envolveu pesquisa direta com seres humanos ou animais, portanto, não houve necessidade de aprovação por comitês de ética. No entanto, foram respeitados os princípios éticos na seleção e análise de estudos primários, conforme as diretrizes de boas práticas em pesquisa científica.

Figura 1 - Fluxograma da revisão integrativa da literatura.



Fonte: Mariano LD, et al., 2025.

RESULTADOS

Quadro 1 - Síntese dos principais achados sobre adaptação cardíaca e desempenho no sistema cardiovascular de atletas.

N	Autores (Ano)	Principais achados
1	Kaletka-Duss AM, et al. (2020)	O exercício intenso causa aumento transitório de biomarcadores cardíacos sem lesão permanente, indicando fadiga cardíaca. Reforça-se a necessidade de monitoramento, especialmente entre corredores amadores, devido à heterogeneidade e maior vulnerabilidade clínica.
2	Lamaa N, et al. (2021)	Relato de caso sugere que exercícios intensos em idosos podem causar remodelamento patológico. A presença de cicatrizes miocárdicas sem evidência ecocardiográfica destaca a importância de avaliação detalhada e triagem rigorosa em atletas seniores.
3	Eriksson LMJ, et al. (2024)	O SIT promove remodelamento cardíaco estrutural mesmo em curto prazo, com aumento de volumes ventriculares e VO ₂ máx. Confirma o potencial do treino intervalado de alta intensidade na promoção de adaptações fisiológicas cardiovasculares.
4	Faivre-Rampant V, et al. (2024)	A natação em águas frias induz prolongamento do QTc sem arritmias graves, sugerindo alterações eletrofisiológicas agudas. É necessária vigilância clínica em provas prolongadas e frias, sobretudo em atletas com maior gordura corporal.
5	Pagourelas ED, et al. (2022)	Apesar de redução transitória da deformação miocárdica, a função global foi mantida após ultramaratona, indicando que as alterações são adaptativas e reversíveis, sem dano estrutural.
6	Tahir E, et al. (2020)	Biomarcadores cardíacos se elevam após corrida de resistência, mas sem edema miocárdico. Triatletas com fibrose mostraram respostas hemodinâmicas menos favoráveis, apontando risco de disfunção crônica sob exercício repetido e intenso.
7	Donaldson JA, et al. (2024)	Duathlon induz alterações cardíacas e autonômicas reversíveis após 24h. Com recuperação adequada, não há impacto funcional duradouro, apoiando seu uso seguro em treinamento intenso.
8	Kuzy K, et al. (2021)	Atletas veteranos apresentam padrões de hipertrofia distintos segundo o tipo de treino. As alterações são compatíveis com adaptação fisiológica, desafiando a hipótese de Morganroth.
9	Coates AM, et al. (2020)	A disfunção ventricular observada após corrida de longa duração depende mais da intensidade que da distância. Fatores de carga hemodinâmica devem ser considerados em avaliações de fadiga cardíaca.
10	Szabó D, et al. (2021)	Adolescentes atletas apresentam função cardíaca superior à de adultos e não atletas, reforçando a importância do início precoce do treinamento para otimização cardiovascular.
11	Bachman NP, et al. (2021)	Atletas de ultra-endurance com mais de 10 anos de prática apresentaram maiores volumes e massa ventricular, mas sem disfunção ou maior risco cardiovascular. Mesmo com presença de cálcio coronariano em alguns, os benefícios superam os riscos quando há contexto clínico favorável.
12	Tao C (2023)	A corrida leve, praticada regularmente por três semanas, demonstrou efeitos protetores sobre o coração e melhor consciência sobre saúde esportiva, sendo recomendada como estratégia terapêutica, mesmo em indivíduos saudáveis.
13	Kleinnibbelink, G. et al. (2021)	O estudo demonstrou que o treinamento hipóxico de alta intensidade promove remodelamento específico do ventrículo direito, sendo as respostas funcionais agudas ao exercício preditoras dessas adaptações. Os achados destacam que o estresse cardíaco inicial exerce papel determinante na remodelação cardíaca crônica, reforçando a relevância da resposta funcional precoce como marcador de adaptação benéfica ao treinamento.
14	Tarumi T, et al., (2021)	Jovens atletas de resistência apresentaram maior complacência da aorta e menor frequência cardíaca em repouso, indicando adaptação vascular favorável e proteção contra estresse hemodinâmico, com implicações positivas no longo prazo.
15	Bizjak DA, et al. (2022)	A ultramaratona provocou inflamação, redução da função cardíaca e depleção antioxidante, sem prejuízo metabólico significativo. Reforça-se a importância da nutrição adequada durante provas extremas para mitigar os efeitos negativos.
16	Prada, EO, et al. (2024)	Atletas de resistência exibem diferenças estruturais e funcionais cardíacas em relação a outros tipos de atletas. Os achados apoiam a ideia de que o tipo de esporte praticado influencia diretamente nas adaptações cardíacas observadas.
17	Climstein M, et al. (2025)	Triatletas nacionais apresentaram bradicardia sinusal e alterações no ECG compatíveis com o treinamento de alta intensidade. O estudo destaca a necessidade de avaliação complementar com ecocardiograma para diferenciar adaptação de patologia.
18	Eze-Nliam C, et al. (2020)	Atletas idosos de alta intensidade apresentaram maiores dimensões ventriculares e melhor enchimento diastólico, com função sistólica preservada. O estudo reforça os benefícios do endurance bem monitorado mesmo em faixas etárias elevadas.
19	Sun Y e Jiang H (2023)	A prática de ginástica aeróbica promoveu melhora significativa na variabilidade da frequência cardíaca, com aumento do índice RMSSD e redução da frequência cardíaca de repouso. Houve também melhora no desempenho físico dos universitários após a intervenção. Os achados sugerem efeitos positivos do exercício aeróbico regular na modulação autonômica e na aptidão cardiovascular.
20	Sun Z e Jiang P (2023)	A prática de ginástica aeróbica por seis semanas resultou em melhora da variabilidade da frequência cardíaca e do desempenho físico em universitários, com predomínio parassimpático e efeitos positivos para a saúde cardiovascular global.

Fonte: Mariano LD, et al., 2025.

DISCUSSÃO

Os achados desta revisão integrativa evidenciam a complexidade das adaptações cardíacas frente ao exercício físico, especialmente em contextos de alta intensidade ou longa duração, como o exercício aeróbico. Embora os benefícios cardiovasculares da atividade física sejam amplamente reconhecidos, os estudos analisados sugerem que determinadas práticas, quando realizadas em condições extremas ou por populações específicas, podem desencadear respostas cardíacas que exigem cautela clínica e científica.

Kaleta-Duss et al. (2020) demonstraram que a participação em uma maratona pode provocar elevações significativas de biomarcadores cardíacos, como hs-cTnI, H-FABP, BNP, NT-proANP, GDF-15 e galectina-3, imediatamente após a prova. Apesar de transitórias, essas alterações indicam sobrecarga aguda do miocárdio, associada à chamada “fadiga cardíaca”. A normalização dos biomarcadores em duas semanas sugere ausência de lesão permanente, embora os autores alertem para o acompanhamento de corredores amadores, dada sua maior heterogeneidade e potencial vulnerabilidade.

De forma complementar, Eriksson LMJ, et al. (2024) observaram que mesmo um protocolo de curta duração - seis semanas de treino intervalado de sprints (SIT) - pode induzir modificações estruturais no coração de adultos saudáveis. Houve aumento nos volumes diastólico e sistólico do ventrículo esquerdo, associado à elevação do VO_2 máx e redução da frequência cardíaca de repouso. Notavelmente, as alterações estruturais permaneceram significativas mesmo após controle estatístico dessas variáveis, caracterizando remodelamento cardíaco compatível com o fenômeno fisiológico conhecido como “coração de atleta”.

Por outro lado, potenciais riscos relacionados à prática de resistência em populações mais velhas foram evidenciados por Lamaa N, et al. (2021), em um relato de caso envolvendo uma maratonista de 63 anos previamente saudável, que apresentou taquicardia ventricular monomórfica. A investigação revelou cicatrizes miocárdicas no ventrículo direito, sugerindo que o exercício prolongado e repetitivo pode, em certos casos, induzir remodelamento patológico, mesmo na ausência de alterações ecocardiográficas evidentes. Esses dados reforçam a necessidade de avaliação individualizada em atletas veteranos com sintomas ou histórico arritmico.

No contexto de exercícios prolongados, Faivre-Rampant V, et al. (2024) identificaram que a natação em águas frias por até seis horas (OCWS) promoveu alterações eletrofisiológicas agudas, como o prolongamento significativo do intervalo QTc, especialmente entre indivíduos com maior percentual de gordura corporal. Embora não tenham sido detectadas arritmias graves ou disfunção ventricular, os resultados sugerem que fatores como temperatura, tempo de exposição e composição corporal modulam a resposta elétrica cardíaca, exigindo vigilância em provas de resistência em ambientes extremos.

Pagourelas ED, et al. (2022) investigaram os efeitos de uma ultramaratona de 246 km sobre a função cardíaca, utilizando ecocardiografia speckle-tracking. Os atletas experientes apresentaram redução leve, mas significativa, da deformação longitudinal nos ventrículos, especialmente nas regiões basais, além de prolongamento da sístole e encurtamento da diástole - alterações atribuídas à modificação aguda na pré e pós-carga cardíaca. Apesar disso, a função global foi preservada, indicando adaptações transitórias ao estresse extremo, sem evidência de lesão estrutural.

Tahir E, et al. (2020) aprofundaram essa discussão ao comparar triatletas com e sem fibrose miocárdica (LGE+ e LGE-), evidenciada por ressonância magnética. Após corrida de resistência, ambos os grupos apresentaram elevação de biomarcadores cardíacos (como troponina T e CK-MB), sem sinais de edema miocárdico. Contudo, os atletas com fibrose demonstraram respostas hemodinâmicas menos favoráveis, como aumento da pressão arterial sistólica e redução da função atrial esquerda no pós-exercício, o que sugere que remodelações estruturais pré-existent podem comprometer a adaptação cardíaca a esforços intensos.

De modo semelhante, Donaldson JA, et al. (2024) analisaram os efeitos agudos de um duathlon olímpico em triatletas altamente treinados, utilizando protocolos contínuos e interrompido. Observaram alterações transitórias na função cardíaca, como redução da deformação ventricular e das razões E/A mitral e tricúspide, além de aumento da troponina T. O predomínio simpático e a supressão vagal no período pós-prova, mais

intensos no protocolo interrompido, destacam a modulação autonômica como fator relevante. Todas as alterações regrediram após 24 horas, com manutenção do desempenho, o que reforça a capacidade de recuperação do coração treinado.

Kuzy K, et al. (2021) mostraram que atletas veteranos de elite apresentam diferentes padrões de remodelamento cardíaco conforme o tipo de treinamento: predominância de geometria normal entre velocistas e maior prevalência de hipertrofia (concêntrica e excêntrica) entre atletas de resistência. Em ambos os casos, a função cardíaca em repouso foi preservada, indicando que as alterações estruturais refletem adaptações fisiológicas e não processos patológicos. Esses achados relativizam a clássica hipótese de Morganroth, sugerindo maior variabilidade nos padrões de hipertrofia induzidos pelo exercício.

Estudos como os de Coates AM, et al. (2020) e Bizjak DA, et al. (2022) reforçam o caráter transitório das alterações funcionais induzidas pelo esforço extremo. Coates AM, et al. (2020) destacaram que a intensidade do exercício teve maior impacto na disfunção do ventrículo direito do que sua duração. Já Bizjak DA, et al. (2022) observaram que ultramaratonas induzem inflamação, depleção antioxidante e redução de parâmetros cardíacos, sem comprometimento metabólico significativo. Tais achados reforçam que, com recuperação adequada e suporte nutricional, a função cardíaca tende a se restabelecer.

Estudos longitudinais e experimentais, como os de Kleinnibbelink G, et al. (2021) e Tao C (2023), evidenciam os benefícios do treinamento regular. Kleinnibbelink G, et al. (2021) demonstraram que o treinamento hipóxico promove remodelamento adaptativo do ventrículo direito. Tao C (2023) destacou os efeitos terapêuticos da corrida leve em indivíduos saudáveis, reforçando o papel protetor do exercício regular sobre a saúde cardiovascular. De forma semelhante, Sun e Jiang (2023) demonstraram que a prática de ginástica aeróbica promove melhora na variabilidade da frequência cardíaca e no desempenho físico de universitários, com predomínio parassimpático e benefícios à saúde cardiovascular.

Climstein M, et al. (2025) observaram em triatletas nacionais a presença de bradicardia sinusal e alterações no eletrocardiograma compatíveis com treinamento de alta intensidade. Os achados ressaltam a importância da avaliação complementar com ecocardiograma para distinguir entre adaptações fisiológicas e possíveis sinais patológicos, especialmente em populações com histórico familiar de cardiopatias.

Além disso, Prada EO, et al. (2024) evidenciaram que atletas de resistência apresentam diferenças estruturais e funcionais cardíacas em comparação a outros tipos de atletas. Os achados reforçam que o tipo de modalidade esportiva influencia diretamente nas adaptações cardiovasculares, sendo o treinamento de endurance associado a remodelamento mais acentuado.

A idade também se mostrou fator determinante nas respostas cardíacas ao exercício. Szabó D, et al. (2021) evidenciaram que adolescentes atletas apresentam parâmetros cardíacos superiores aos de não atletas e até de atletas adultos, sugerindo que o início precoce do treinamento favorece adaptações morfofuncionais. Tarumi T, et al. (2021) observaram, em jovens atletas de resistência, maior complacência aórtica e menor frequência cardíaca, alterações benéficas do ponto de vista hemodinâmico e vascular.

No longo prazo, Bachman PN, et al. (2021) demonstraram que atletas de ultra-endurance com mais de uma década de prática apresentam corações com maior massa e volumes ventriculares, mas sem disfunção ou risco cardiovascular aumentado, mesmo com presença de cálcio coronariano em alguns casos. Esses achados reforçam que, desde que o contexto clínico seja favorável, o remodelamento cardíaco induzido pelo exercício não implica necessariamente em maior risco cardiovascular.

Por fim, Eze-Nliam C, et al. (2020) analisaram 178 atletas idosos participantes dos Jogos Mundiais, estratificados por intensidade de treino. Atletas de alta intensidade apresentaram maiores dimensões ventriculares e melhor enchimento diastólico do ventrículo esquerdo. A função sistólica biventricular permaneceu preservada entre os grupos, evidenciando que o exercício de resistência, mesmo em idades avançadas, pode promover remodelamento adaptativo sem comprometer a função cardíaca.

Sendo assim, a discussão dos estudos revisados destaca a complexidade das adaptações cardíacas ao exercício físico, que podem ser benéficas ou apresentar riscos, dependendo da intensidade, duração e das

características individuais dos praticantes. Enquanto os exercícios de resistência e de longa duração podem desencadear alterações transitórias e não patológicas na função cardíaca, como observados em ultramaratonistas e triatletas, também existem riscos para populações específicas, como os mais idosos ou aqueles com histórico de fibrose miocárdica.

Nesse sentido, o exercício regular, quando bem estruturado e adaptado às necessidades individuais, parece ser benéfico para a saúde cardiovascular, promovendo remodelamento cardíaco adaptativo e melhorando a função autonômica, especialmente em jovens e atletas de resistência. No entanto, é crucial a monitorização cuidadosa das respostas cardíacas em condições extremas e para indivíduos com condições pré-existentes, a fim de evitar complicações graves. Em suma, os efeitos do exercício sobre o coração são multifacetados, exigindo uma abordagem personalizada e orientada por um acompanhamento clínico adequado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo confirma que o treinamento de endurance é uma poderosa estratégia para promover a saúde cardiovascular e melhorar o desempenho cardíaco, gerando adaptações fisiológicas favoráveis na maioria dos indivíduos. No entanto, evidências apontam que, quando realizado em volumes extremos ou por populações com predisposições específicas — como idosos ou atletas com fibrose miocárdica —, pode gerar respostas cardíacas transitórias ou até risco de remodelamento patológico. Assim, torna-se fundamental que a prescrição do treinamento aeróbico de resistência seja cuidadosamente individualizada, considerando histórico clínico, idade, nível de condicionamento e fatores ambientais. A implementação de protocolos de avaliação, monitoramento e recuperação é essencial para maximizar os benefícios e mitigar riscos, reforçando a importância do acompanhamento multidisciplinar no contexto esportivo e médico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário de Brasília (CEUB) e aos professores que contribuíram para o desenvolvimento acadêmico dos autores e para a consolidação dos conhecimentos necessários à realização deste trabalho. Agradecemos, também, aos pesquisadores cujos estudos foram fundamentais para a construção desta revisão, bem como às bases de dados científicas que viabilizaram o acesso à literatura utilizada. Estendemos nosso reconhecimento aos colegas e profissionais da área médica e esportiva que, direta ou indiretamente, incentivaram a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. BACHMAN NP, et al. Comprehensive assessment of cardiovascular structure and function and disease risk in middle-aged ultra-endurance athletes. *Atherosclerosis*, 2021; 320: 105-111.
2. BIZJAK DA, et al. Running for Your Life: Metabolic Effects of a 160.9/230 km Non-Stop Ultramarathon Race on Body Composition, Inflammation, Heart Function, and Nutritional Parameters. *Metabolites*, 2022; 12(11): 1138.
3. CLIMSTEIN M, et al. Electrocardiographic Assessment of National-Level Triathletes: Sinus Bradycardia and Other Electrocardiographic Abnormalities. *Sports*, 2025; 13(1): 25.
4. COATES AM, et al. Alterations in Cardiac Function Following Endurance Exercise Are Not Duration Dependent. *Frontiers in Physiology*, 2020; 11: 581797.
5. DOMA K, et al. Training Considerations for Optimising Endurance Development: An Alternate Concurrent Training Perspective. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 2019; 49(5): 669–682.
6. DONALDSON JA, et al. Olympic distance duathlon and cardiac performance in highly-trained triathletes. *Physiological Reports*, 2024; 12: e70154.
7. EZE-NLIAM C, et al. Endurance exercise in seniors: Tonic, toxin or neither? *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2020; 40(5): 320–327.
8. FAIVRE-RAMPANT V, et al. Cardiac electrical and functional activity following an outdoor cold-water swimming event. *Journal of Thermal Biology*, 2024; 125: 103996.

9. ERIKSSON LMJ, et al. Evidence of Left Ventricular Cardiac Remodeling After 6 Weeks of Sprint Interval Training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2024; 34: e70007.
10. KALETA-DUSS AM, et al. Myocardial Injury and Overload among Amateur Marathoners as Indicated by Changes in Concentrations of Cardiovascular Biomarkers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020; 17: 6191.
11. KLEINNIBBELINK G, et al. Acute exercise-induced changes in cardiac function relates to right ventricular remodeling following 12-week hypoxic exercise training. *Journal of Applied Physiology*, 2021; 131: 511–519.
12. KUSY K, et al. Aging Athlete's Heart: An Echocardiographic Evaluation of Competitive Sprint- versus Endurance-Trained Master Athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2021; 34(11): e70007.
13. LAMAA N, et al. Is Endurance Training Harmful to Older Athletes in the Long Run? An Interesting Case of Exercise-Induced Ventricular Tachycardia. *Cureus*, 2021; 13(11): e19665.
14. PAGOURELIAS ED, et al. Impact of a 246 Km ultra-marathon running race on heart: Insights from advanced deformation analysis. *European Journal of Sport Science*, 2022; 22(8): 1287-1295.
15. PRADA EO, et al. Cardiovascular adaptive response to training in elite athletes: comparison between endurance and non-endurance athletes. *Medicina (B. Aires)*. 2024;84(3):415-425
16. SOUZA MT, et al. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein (São Paulo)*, 2010; 8(1):102–106.
17. SUN Y, JIANG H. Effects of aerobic gymnastics on heart rate variability and physical performance in male college students. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2023; 29: e2022_0488.
18. SUN Z, JIANG P. Effects of aerobic exercise on heart rate variability and physical performance in young adults: A six-week study. *Journal of Sports Sciences*, 2023; 41(12): 1398-1404.
19. SZABÓ D, et al. Influencing factors of cardiac adaptation in adolescent athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 2021; 42(13): 1209–1221.
20. TAHIR E, et al. Acute impact of an endurance race on cardiac function and biomarkers of myocardial injury in triathletes with and without myocardial fibrosis. *Eur J Prev Cardiol*, 2020;27(1):94–104.
21. TAO C. Benefits of Running on Cardiac Protection and the Culture of Exercise Health Awareness. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2023; 29: e2022_0168.
22. TARUMI T, et al. Proximal Aortic Compliance in Young Male Endurance Athletes: An MRI Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2021; 53(3):543-550.
23. HUGHES DC, et al. Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2018; 8(6): a029769.
24. RUEGSEGGER GN, BOOTH FW. Health Benefits of Exercise. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2018; 8(7): a029694.