

REMODELAMENTO CARDÍACO PATOLÓGICO EM ATLETAS DE ENDURANCE: UMA REVISÃO NARRATIVA

PATHOLOGICAL CARDIAC REMODELING IN ENDURANCE ATHLETES: A NARRATIVE REVIEW

REMODELADO CARDÍACO PATOLÓGICO EN ATLETAS DE RESISTENCIA: UNA REVISIÓN NARRATIVA



10.56238/revgeov17n3-216

João Carlos dos Santos Junior

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas (UEA)

E-mail: joao.carlos.santos.edu@gmail.com

Ana Clara Santos Schiochet Pontes

Graduanda em Medicina

Instituição: Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO)

E-mail: anacschiochet@gmail.com

Eliza dos Santos Gomes

Graduanda de Medicina

Instituição: Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO)

E-mail: eliza.d.gomes@gmail.com

Fabiana Cristina Castro da Silva

Graduanda em Medicina

Instituição: Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO)

E-mail: fabianacastro662@gmail.com

Maria Luísa Evangelista da Silva

Graduanda em Medicina

Institucional: Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO)

E-mail: lulita9578@gmail.com

Matheus Moussallem Luz

Graduando em Medicina

Institucional: Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO)

E-mail: matheusmluz14@gmail.com

Matheus Adjafre Pinheiro Amorim Cardoso

Graduando em Medicina

Institucional: Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO)

E-mail: matheuspinheiro13fla@gmail.com



Kauan Takayoshi Coutinho Kohashi

Graduando de Medicina

Institucional: Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO)

E-mail: kauan.kohashi@gmail.com

Gabriel de Albuquerque Mello

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

E-mail: gdame.med24@uea.edu.br

Heitor dos Santos Veloso

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas (UEA)

E-mail: hdsve.med24@uea.edu.br

Pedro Henrique dos Santos Ernesto Machado

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas (UEA)

E-mail: phdsema.med24@uea.edu.br

Heitor Carlos Constantin Alves Nogueira

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

E-mail: hccano.med24@uea.edu.br

Thiago da Silva Veloso Pereira

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: velosothiago228@gmail.com

Vinicius Guimarães Biason

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

E-mail: vgbi.med24@uea.edu.br

Guilherme Soares da Silva

Graduação em Medicina

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

E-mail: gsdsi.med24@uea.edu.br

Helder Bindá Pimenta

Doutor

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

E-mail: Hbinda@uea.edu.br



RESUMO

O remodelamento atrial induzido pelo exercício em atletas de endurance tem emergido como um tema de crescente interesse na cardiologia do esporte, especialmente diante da possibilidade de que adaptações inicialmente fisiológicas possam evoluir para alterações estruturais e funcionais com potencial impacto clínico. O exercício prolongado e de alta intensidade impõe sobrecarga volumétrica crônica às câmaras atriais, favorecendo dilatação progressiva, aumento do estresse parietal e alterações na mecânica atrial. Nesse contexto, esta revisão narrativa teve como objetivo analisar criticamente as evidências disponíveis sobre o remodelamento atrial em atletas de endurance, com ênfase nos mecanismos envolvidos, nos determinantes da adaptação e nos limites entre fisiologia e potencial patologia. Os estudos analisados demonstram que atletas de endurance apresentam, de forma consistente, aumento dos volumes atriais, especialmente do átrio esquerdo, com relação dose-resposta entre carga acumulada de treinamento e magnitude da dilatação. Do ponto de vista funcional, a literatura mostra achados heterogêneos, com redução dos índices de strain atrial em alguns grupos de atletas, enquanto outros estudos descrevem preservação da função mecânica dentro de limites fisiológicos. Além disso, diferenças relacionadas ao sexo, ao nível de treinamento e ao tempo de exposição parecem modular a intensidade dessas adaptações. Observou-se ainda associação entre remodelamento atrial, biomarcadores inflamatórios e maior propensão ao desenvolvimento de fibrilação atrial em atletas veteranos, sugerindo que a adaptação atrial não deve ser interpretada de forma dicotômica. Conclui-se que o remodelamento atrial em atletas de endurance integra um contínuo adaptativo, cuja expressão final depende da interação entre carga de treinamento, susceptibilidade individual e tempo de exposição, exigindo interpretação criteriosa no contexto da cardiologia esportiva.

Palavras-chave: Remodelamento Atrial. Atletas de Endurance. Fibrilação Atrial. Coração do Atleta. Cardiologia do Esporte.

ABSTRACT

Exercise-induced atrial remodeling in endurance athletes has emerged as a topic of growing interest in sports cardiology, particularly given the possibility that initially physiological adaptations may evolve into structural and functional changes with potential clinical relevance. Prolonged and high-intensity exercise imposes chronic volume overload on the atrial chambers, promoting progressive dilation, increased wall stress, and alterations in atrial mechanics. In this context, this narrative review aimed to critically analyze the available evidence on atrial remodeling in endurance athletes, with emphasis on the underlying mechanisms, determinants of adaptation, and the limits between physiology and potential pathology. The analyzed studies consistently demonstrate that endurance athletes present increased atrial volumes, especially of the left atrium, with a dose-response relationship between cumulative training load and the magnitude of dilation. From a functional perspective, the literature shows heterogeneous findings, with reduced atrial strain indices in some athlete groups, whereas other studies describe preservation of mechanical function within physiological limits. In addition, sex-related differences, training level, and duration of exposure appear to modulate the intensity of these adaptations. An association has also been observed between atrial remodeling, inflammatory biomarkers, and a higher propensity for the development of atrial fibrillation in veteran athletes, suggesting that atrial adaptation should not be interpreted in a dichotomous manner. It is concluded that atrial remodeling in endurance athletes represents an adaptive continuum whose final expression depends on the interaction among training load, individual susceptibility, and duration of exposure, requiring careful interpretation within the context of sports cardiology.

Keywords: Atrial Remodeling. Endurance Athletes. Atrial Fibrillation. Athlete's Heart. Sports Cardiology.

RESUMEN

El remodelado auricular inducido por el ejercicio en atletas de resistencia ha emergido como un tema de creciente interés en la cardiología del deporte, especialmente ante la posibilidad de que adaptaciones



inicialmente fisiológicas puedan evolucionar hacia alteraciones estructurales y funcionales con potencial impacto clínico. El ejercicio prolongado y de alta intensidad impone una sobrecarga crónica de volumen sobre las cavidades auriculares, favoreciendo la dilatación progresiva, el aumento del estrés parietal y alteraciones en la mecánica auricular. En este contexto, esta revisión narrativa tuvo como objetivo analizar críticamente la evidencia disponible sobre el remodelado auricular en atletas de resistencia, con énfasis en los mecanismos implicados, los determinantes de la adaptación y los límites entre la fisiología y la potencial patología. Los estudios analizados demuestran de manera consistente que los atletas de resistencia presentan aumento de los volúmenes auriculares, especialmente de la aurícula izquierda, con una relación dosis-respuesta entre la carga acumulada de entrenamiento y la magnitud de la dilatación. Desde el punto de vista funcional, la literatura muestra hallazgos heterogéneos, con reducción de los índices de strain auricular en algunos grupos de atletas, mientras que otros estudios describen preservación de la función mecánica dentro de límites fisiológicos. Además, las diferencias relacionadas con el sexo, el nivel de entrenamiento y el tiempo de exposición parecen modular la intensidad de estas adaptaciones. También se ha observado una asociación entre el remodelado auricular, biomarcadores inflamatorios y una mayor propensión al desarrollo de fibrilación auricular en atletas veteranos, lo que sugiere que la adaptación auricular no debe interpretarse de forma dicotómica. Se concluye que el remodelado auricular en atletas de resistencia integra un continuo adaptativo, cuya expresión final depende de la interacción entre la carga de entrenamiento, la susceptibilidad individual y el tiempo de exposición, exigiendo una interpretación cuidadosa en el contexto de la cardiología deportiva.

Palabras clave: Remodelado Auricular. Atletas de Resistencia. Fibrilación Auricular. Corazón del Atleta. Cardiología del Deporte.



1 INTRODUÇÃO

O remodelamento cardíaco induzido pelo exercício é um fenômeno bem descrito na literatura, caracterizado por adaptações estruturais e funcionais do coração em resposta ao treinamento físico crônico, especialmente em atletas de endurance (Pelliccia et al., 2005; D'andrea et al., 2016). Essas adaptações incluem aumento das cavidades cardíacas, alterações na massa miocárdica e modificações na função diastólica e sistólica, sendo, em grande parte, consideradas fisiológicas.

Embora a atividade física regular seja amplamente associada a benefícios cardiovasculares, a exposição crônica a cargas extremas tem sido relacionada ao desenvolvimento de adaptações que podem ultrapassar os limites da fisiologia benigna, fenômeno frequentemente discutido sob o conceito de "cardiomiopatia de Phidippides" (Contreras-Briceño et al., 2021; Spencer et al., 2024).

Entretanto, evidências recentes sugerem que, em determinadas condições, essas adaptações podem assumir características potencialmente patológicas, particularmente quando associadas a volumes elevados de treinamento e longos períodos de exposição (D'andrea et al., 2010; Spencer et al., 2024). Este fenômeno caracteriza-se por um remodelamento estrutural exagerado, envolvendo a deposição de fibrose miocárdica e a desorganização tecidual mediada por processos inflamatórios (Elliott et al., 2016; Contreras-Briceño et al., 2021; Spencer et al., 2024). Tais modificações, impulsionadas pelo elevado estresse parietal em câmaras de paredes delgadas, podem mimetizar o fenótipo de cardiomiopatias arritmogênicas e consolidar o substrato para a fibrilação atrial, evidenciando que a carga cumulativa de esforço é o determinante crítico para essa transição (Wilhelm et al., 2012; Pagourelas et al., 2013; Sanz-de la Garza et al., 2016; Diaz Babio et al., 2021).

Nesse contexto, o remodelamento atrial tem se destacado como uma área de crescente interesse, especialmente devido à sua relação com alterações estruturais e funcionais que extrapolam a adaptação fisiológica (D'andrea et al., 2016; Simard et al., 2022).

O átrio, por sua estrutura mais delgada e maior sensibilidade às variações de carga hemodinâmica, pode ser particularmente suscetível ao estresse crônico imposto pelo exercício de alta intensidade e longa duração (Contreras-briceño et al., 2021). Alterações como dilatação atrial, aumento do estresse parietal e modificações no tecido miocárdico têm sido descritas em atletas de endurance, sugerindo um possível espectro entre adaptação fisiológica e remodelamento patológico (Wilhelm et al., 2012; Sanz-de la garza et al., 2016).

Apesar do reconhecimento das adaptações cardíacas fisiológicas induzidas pelo exercício, evidências recentes têm desafiado o paradigma clássico ao sugerir que a exposição crônica a elevados volumes de treinamento pode promover alterações estruturais e funcionais com potencial caráter patológico. Nesse contexto, permanece uma controvérsia central na literatura: se o remodelamento atrial observado em atletas de endurance representa uma adaptação benigna ou um processo progressivo associado ao aumento do risco arritmico. Assim, esta revisão tem como objetivo analisar



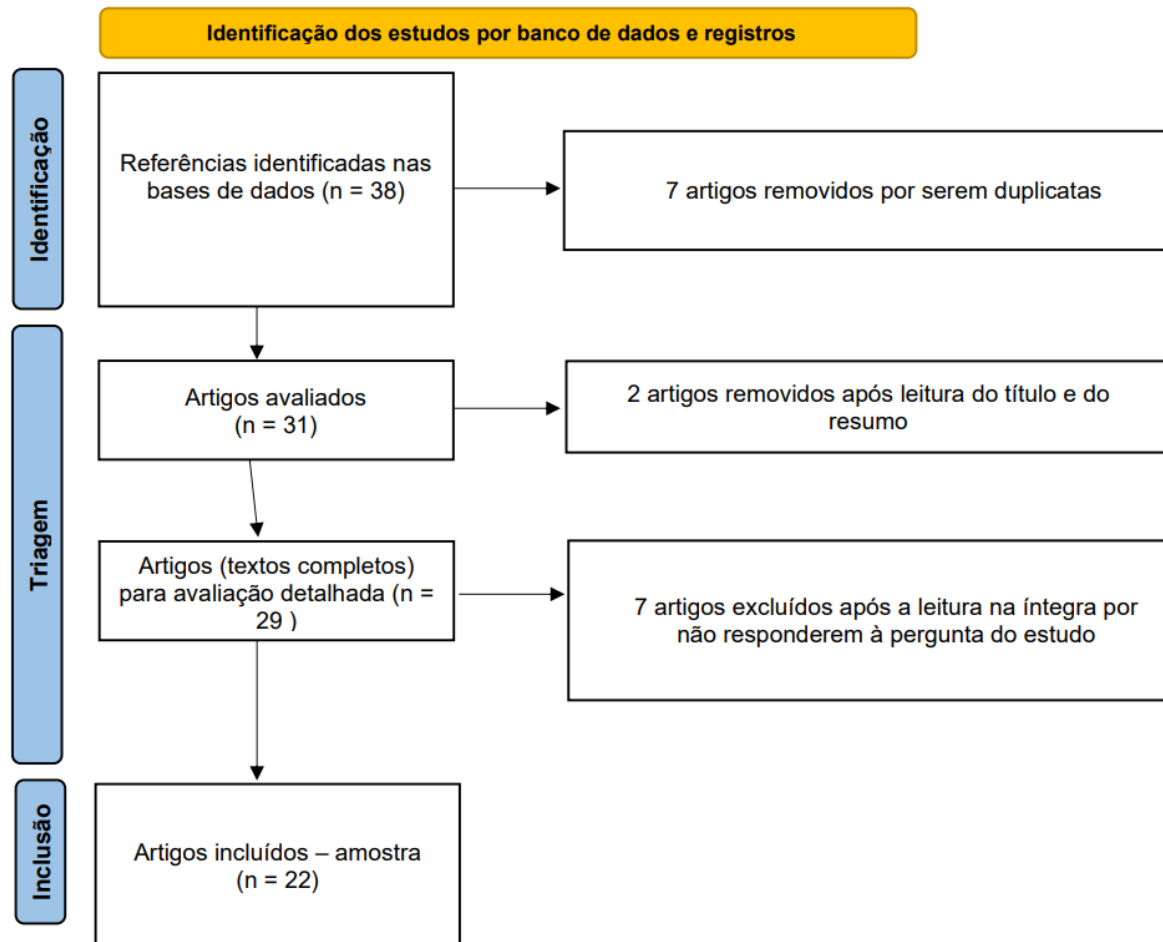
criticamente as evidências disponíveis, buscando esclarecer os mecanismos, os determinantes e os limites que distinguem a adaptação fisiológica do remodelamento atrial potencialmente patológico

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido como uma revisão narrativa da literatura dedicada ao remodelamento atrial induzido pelo exercício em atletas de endurance, com foco nas alterações estruturais e funcionais de caráter potencialmente patológico. A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus e Google Scholar, utilizando os descritores em inglês “atrial remodeling”, “exercise-induced cardiac remodeling”, “endurance athletes”, “atrial dilation”, “atrial function”, “left atrium”, “right atrium” e “exercise”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR. Foram priorizados estudos publicados entre 2016 e 2026, redigidos em inglês, disponíveis na íntegra e conduzidos em humanos, que abordassem diretamente o remodelamento atrial associado ao exercício físico de endurance. Adicionalmente, foram incorporados estudos relevantes publicados a partir de 2005 com o objetivo de fornecer embasamento teórico e fisiológico, especialmente no que se refere à anatomia cardíaca, à fisiologia do coração saudável e às adaptações cardiovasculares ao exercício. Foram excluídos estudos duplicados, pesquisas experimentais em modelos animais, publicações sem relação direta com o tema e estudos centrados predominantemente em cardiopatias estruturais não relacionadas ao exercício. A busca inicial identificou 38 registros; após a leitura dos títulos e resumos, 29 estudos foram considerados potencialmente elegíveis e, após a remoção de duplicatas, 22 artigos foram incluídos para análise final.



Figura 1 - Fluxograma do processo de identificação, triagem e elegibilidade dos estudos selecionados



Legenda: Fluxograma do processo de seleção dos estudos incluídos na revisão narrativa, contemplando as etapas de identificação nas bases de dados, remoção de duplicatas, triagem por título e resumo, avaliação dos textos completos e inclusão final da amostra.

Fonte: Autores.

3 RESULTADOS

Com base nos 22 artigos selecionados, os resultados indicam uma convergência científica quanto à existência de um remodelamento atrial estrutural significativo induzido pelo exercício de endurance, caracterizado primordialmente pela dilatação biatrial progressiva (Pelliccia et al., 2005; D’Andrea et al., 2010; Wilhelm et al., 2012; Pagourelas et al., 2013). Atletas de elite apresentam volumes atriais substancialmente superiores aos de indivíduos sedentários, com o volume cumulativo de treinamento atuando como o principal preditor dessa adaptação (D’Andrea et al., 2010; Zimmermann et al., 2022). Identificou-se uma relação dose-resposta na qual a probabilidade de dilatação atrial clinicamente relevante (LAVi 34 mL/m²) eleva-se de forma acentuada após o limiar de 3.600 horas de exercício acumuladas ao longo da vida (Wilhelm et al., 2012; Diaz Babio et al., 2021).

No âmbito funcional, observa-se um padrão complexo de adaptação da mecânica atrial através da análise de strain. Diversos estudos demonstram que atletas de alto rendimento apresentam valores de strain de reservatório e de contratilidade inferiores aos de controles sedentários em repouso



(D'Ascenzi et al., 2013; Lakatos et al., 2020; Di Gioia et al., 2025). Embora essa redução seja frequentemente interpretada como uma "reserva funcional" recrutável durante o esforço, há evidências divergentes: enquanto alguns autores sugerem que a função permanece estável e dentro dos limites fisiológicos (D'Ascenzi et al., 2014, 2015), achados em atletas amadores indicam que o treinamento de curto prazo pode, na verdade, aumentar o strain contrátil do átrio esquerdo, especialmente em mulheres jovens (Szałek-Goralewska et al., 2025).

As diferenças entre sexos também são determinantes nos resultados, com o sexo masculino apresentando maiores volumes cavitários e um remodelamento mais pronunciado (Simard et al., 2022; Di Gioia et al., 2025). Contudo, as mulheres tendem a exibir perfis de performance mecânica superiores, possivelmente devido à influência protetora dos hormônios ovarianos na atenuação de processos inflamatórios (Simard et al., 2022). Quanto aos efeitos agudos do exercício extremo, os achados são heterogêneos. Algumas coortes demonstram um prejuízo transitório e dose-dependente na função de reservatório do átrio direito imediatamente após competições de ultra-resistência (Sanz-de la Garza et al., 2016), ao passo que estudos em atletas master não identificaram disfunções biatriais agudas após ultramaratonas (Cavigli et al., 2022).

Clinicamente, o remodelamento atrial é reconhecido como o principal promotor mecânico para o desenvolvimento de arritmias, sendo a fibrilação atrial a manifestação mais prevalente em atletas veteranos (Elliott et al., 2016; Spencer et al., 2024). Esse processo patológico é sustentado pela correlação positiva ($\rho = 0,51$) entre o aumento do volume atrial e biomarcadores de inflamação e fibrose, como o sVCAM-1 (Contreras-Briceño et al., 2021).

No entanto, observa-se um descompasso diagnóstico relevante: a dilatação estrutural acentuada frequentemente não é acompanhada por alterações na morfologia da onda P no eletrocardiograma, sugerindo que no "coração de atleta" saudável, a estabilidade elétrica e a complacência tecidual podem ser preservadas apesar do aumento volumétrico (D'Ascenzi et al., 2016).

4 DISCUSSÃO

O coração saudável apresenta elevada capacidade de adaptação às demandas hemodinâmicas impostas pelo exercício físico. No entanto, quando submetido a cargas crônicas elevadas, especialmente em atletas de endurance, podem ocorrer modificações estruturais e funcionais que ultrapassam o espectro da adaptação fisiológica (D'Andrea et al., 2016; Spencer et al., 2024). O átrio, devido à sua menor espessura e maior complacência, encontra-se particularmente suscetível ao aumento do estresse parietal decorrente da sobrecarga volumétrica repetitiva (Wilhelm et al., 2012; Sanz-de la Garza et al., 2016). Segundo a lei de Laplace, o aumento do raio da cavidade atrial leva à elevação da tensão na parede, favorecendo processos de remodelamento estrutural (Contreras-Briceño et al., 2021).



Nesse contexto, os mecanismos subjacentes a essas alterações envolvem uma cascata de eventos moleculares e morfológicos disparados pelo estiramento mecânico persistente. Biofisiicamente, a sobrecarga de volume eleva as pressões intra-atriais, atuando como um gatilho para a ativação de vias pró-inflamatórias e a liberação de citocinas, como o fator de necrose tumoral alfa (TNF-), além de promover o estresse oxidativo tecidual (Elliott et al., 2016; Spencer et al., 2024). Tais estímulos moleculares resultam na ativação de fibroblastos e na subsequente deposição excessiva de colágeno na matriz extracelular, consolidando a fibrose intersticial (Elliott et al., 2016; Contreras-Briceño et al., 2021). Do ponto de vista morfológico, esse processo culmina na dilatação progressiva e no aumento do volume atrial, modificando a arquitetura miocárdica para acomodar a carga hemodinâmica do exercício crônico (D'Andrea et al., 2016; Spencer et al., 2024).

Ademais, evidências contemporâneas demonstram que o sexo é um determinante relevante na magnitude desse remodelamento. Homens atletas tendem a apresentar volumes atriais indexados e diâmetros cavitários superiores aos das mulheres, refletindo, em parte, o maior tamanho corporal e a exposição a tetos de treinamento mais elevados (Simard et al., 2022; Di Gioia et al., 2025). Por outro lado, fatores hormonais parecem exercer influência protetora; o estrógeno pode modular a resposta adaptativa ao atenuar a inflamação e a hipertrofia miocárdica, resultando em perfis funcionais distintos (Simard et al., 2022; Spencer et al., 2024). Assim, embora ambos os sexos apresentem adaptações significativas ao endurance, as mulheres frequentemente preservam índices superiores de mecânica atrial em comparação aos homens (Simard et al., 2022; Di Gioia et al., 2025).

Em relação às repercussões clínicas, o remodelamento atrial impacta diretamente a função mecânica da câmara, podendo reduzir os índices de deformação miocárdica (*strain*) de reservatório e contratilidade (D'Ascenzi et al., 2015; Di Gioia et al., 2025). Enquanto no "coração de atleta" fisiológico a complacência é preservada e a rigidez atrial permanece baixa, a transição para a patologia é marcada pelo aumento da rigidez e falha sistólica incipiente (D'Ascenzi et al., 2015; Spencer et al., 2024). Essas alterações funcionais estão associadas a desfechos adversos, uma vez que a desorganização tecidual compromete a reserva funcional necessária para sustentar o débito cardíaco elevado durante o esforço (D'Andrea et al., 2016; Spencer et al., 2024). Portanto, a distinção clínica entre a adaptação benigna e a cardiomiopatia atrial induzida pelo esporte é imperativa para a estratificação de risco cardiovascular (Pagourelas et al., 2013; Spencer et al., 2024).



A interpretação das alterações funcionais atriais em atletas permanece controversa. Enquanto estudos demonstram redução dos índices de strain de reservatório e contratilidade em atletas de alto rendimento (D'Ascenzi et al., 2013; Lakatos et al., 2020; Di Gioia et al., 2025), sugerindo possível comprometimento funcional, outras evidências indicam preservação da função atrial dentro dos limites fisiológicos (D'Ascenzi et al., 2014; 2015). Adicionalmente, investigações em atletas amadores submetidos a treinamento de curto prazo demonstram aumento do strain contrátil, particularmente em mulheres jovens (Szalek-Goralewska et al., 2025). Essas divergências sugerem que a resposta funcional atrial não é uniforme, sendo modulada por fatores como intensidade do treinamento, tempo de exposição e características da população estudada.

Do ponto de vista clínico, a avaliação do aumento atrial pode ser realizada por meio de parâmetros ecocardiográficos padronizados, como o volume do átrio esquerdo indexado à superfície corporal. Valores superiores a 34 mL/m² são geralmente considerados aumentados, podendo ser classificados em graus leve, moderado e grave conforme a magnitude da dilatação (Lang et al., 2015). No entanto, em atletas, esses limites podem apresentar sobreposição com adaptações fisiológicas, o que dificulta a distinção entre remodelamento benigno e alterações potencialmente patológicas. Esse ambiente pode favorecer o desenvolvimento de alterações como dilatação atrial, inflamação e deposição de matriz extracelular, contribuindo para a formação de fibrose (Elliott et al., 2016; Spencer et al., 2024). Essas alterações estruturais podem impactar a condução elétrica e a função mecânica atrial (D'Ascenzi et al., 2015; Spencer et al., 2024).

Além disso, episódios repetidos de estresse hemodinâmico agudo podem contribuir para microlesões miocárdicas cumulativas (Spencer et al., 2024). Estudos demonstram que essas alterações podem ocorrer mesmo na ausência de doença cardiovascular prévia (D'Ascenzi et al., 2016). O remodelamento atrial induzido pelo exercício tem sido descrito como potencialmente associado ao desenvolvimento de arritmias, especialmente fibrilação atrial, embora essa relação não seja uniforme entre os estudos (Elliott et al., 2016; Wilhelm et al., 2012).

Os efeitos agudos do exercício de endurance sobre a função atrial também apresentam resultados divergentes na literatura. Enquanto alguns estudos demonstram prejuízo transitório e dose-dependente da função atrial após competições de ultra-resistência (Sanz-de la Garza et al., 2016), outras investigações não identificam alterações significativas em atletas master submetidos a esforços extremos (Cavigli et al., 2022). Essas discrepâncias podem refletir diferenças no perfil dos atletas, no nível de condicionamento físico e na magnitude da carga imposta, sugerindo que o impacto agudo do exercício não é uniforme entre diferentes populações.



Vale destacar que o remodelamento atrial tem sido associado ao desenvolvimento de arritmias, particularmente fibrilação atrial em atletas veteranos (Elliott et al., 2016; Spencer et al., 2024; Wilhelm et al., 2012). No entanto, essa associação não é uniforme, uma vez que alterações estruturais significativas frequentemente não se acompanham de modificações eletrocardiográficas, como evidenciado pela preservação da morfologia da onda P mesmo na presença de dilatação atrial (D'Ascenzi et al., 2016). Esse descompasso sugere que a adaptação estrutural pode coexistir com estabilidade elétrica em determinados contextos, reforçando a complexidade da transição entre fisiologia e patologia.

Dessa forma, os achados sugerem que o remodelamento atrial em atletas de endurance não deve ser interpretado de forma dicotômica, mas como um processo progressivo, no qual adaptações inicialmente benéficas podem evoluir para alterações estruturais com potencial impacto clínico, dependendo da intensidade, duração e susceptibilidade individual.

5 CONCLUSÃO

O remodelamento atrial induzido pelo exercício de endurance representa um fenômeno complexo, que envolve um espectro entre adaptação fisiológica e possíveis alterações estruturais com relevância clínica. As evidências sugerem que fatores como intensidade, duração e carga acumulada de treinamento desempenham papel fundamental nesse processo.

Nesse sentido, o remodelamento atrial não deve ser compreendido como um fenômeno isolado, mas como parte de um contínuo adaptativo cuja expressão final depende da interação entre carga de treinamento, susceptibilidade individual e tempo de exposição.

A compreensão desses mecanismos é essencial para a adequada avaliação clínica de atletas, permitindo distinguir adaptações benignas de possíveis alterações com potencial impacto na saúde cardiovascular.



REFERÊNCIAS

- CAVIGLI, L. et al. The Acute Effects of an Ultramarathon on Atrial Function and Supraventricular Arrhythmias in Master Athletes. *Journal of Clinical Medicine*, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 528, 2022.
- CONTRERAS-BRICEÑO, F. et al. Circulating Vascular Cell Adhesion Molecule-1 (sVCAM-1) Is Associated With Left Atrial Remodeling in Long-Distance Runners. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, [S. l.], v. 8, p. 737285, 2021.
- D'ANDREA, A. et al. Left atrial volume index in highly trained athletes. *American Heart Journal*, [S. l.], v. 159, n. 6, p. 1155-1161, 2010.
- D'ANDREA, A. et al. Exercise-Induced Atrial Remodeling: The Forgotten Chamber. *Cardiology Clinics*, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 557-565, 2016.
- D'ASCENZI, F. et al. Characterization of right atrial function and dimension in top-level athletes: a speckle tracking study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 87-94, 2013.
- D'ASCENZI, F. et al. Morphological and Functional Adaptation of Left and Right Atria Induced by Training in Highly Trained Female Athletes. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 222-229, 2014.
- D'ASCENZI, F. et al. Increased left atrial size is associated with reduced atrial stiffness and preserved reservoir function in athlete's heart. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 699-705, 2015.
- D'ASCENZI, F. et al. Training-induced dynamic changes in left atrial reservoir, conduit, and active volumes in professional soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, [S. l.], v. 115, n. 8, p. 1715-1723, 2015.
- D'ASCENZI, F. et al. Atrial chamber remodelling in healthy pre-adolescent athletes engaged in endurance sports: A study with a longitudinal design. The CHILD study. *International Journal of Cardiology*, [S. l.], v. 223, p. 325-330, 2016.
- D'ASCENZI, F. et al. P-wave morphology is unaffected by training-induced biatrial dilatation: a prospective, longitudinal study in healthy athletes. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, [S. l.], v. 32, p. 407-415, 2016.
- DI GIOIA, G. et al. Right and Left Atrial Strain by Speckle-Tracking Echocardiography: Sex Differences and Correlation with Cardiorespiratory Fitness in Olympic Athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography*, [S. l.], v. 39, n. 2, 2025.
- DIAZ BABIO, G. et al. Atrial size and sports. A great training for a greater left atrium: how much is too much? *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, [S. l.], v. 37, p. 981-988, 2021.
- ELLIOTT, A. D. et al. Atrial Fibrillation in Endurance Athletes: From Mechanism to Management. *Cardiology Clinics*, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 567-578, 2016.
- LAKATOS, B. K. et al. Relationship between Cardiac Remodeling and Exercise Capacity in Elite Athletes: Incremental Value of Left Atrial Morphology and Function Assessed by Three-Dimensional Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 101-109, 2020.



PAGOURELIAS, E. D. et al. Right Atrial and Ventricular Adaptations to Training in Male Caucasian Athletes: An Echocardiographic Study. *Journal of the American Society of Echocardiography*, [S. l.], v. 26, n. 11, p. 1344-1352, 2013.

PELLICCIA, A. et al. Prevalence and clinical significance of left atrial remodeling in competitive athletes. *Journal of the American College of Cardiology*, [S. l.], v. 46, n. 4, p. 690-696, 2005.

SANZ-DE LA GARZA, M. et al. Acute, Exercise Dose-Dependent Impairment in Atrial Performance During an Endurance Race: 2D Ultrasound Speckle-Tracking Strain Analysis. *JACC: Cardiovascular Imaging*, [S. l.], v. 9, n. 12, p. 1380-1388, 2016.

SIMARD, F. et al. Sex as a main determinant of bi-atrial acute and chronic adaptation to exercise. *European Journal of Applied Physiology*, [S. l.], v. 122, p. 2585-2596, 2022.

SPENCER, L. W. et al. Atrial cardiomyopathy in endurance athletes. *NPJ Cardiovascular Health*, [S. l.], v. 1, p. 1-9, 2024.

SZĄŁEK-GORALEWSKA, A. et al. Assessment of atrial strain variations in amateur runners: A 10-week unsupervised training program and half-Marathon impact study using 2D and speckle-tracking echocardiography. *International Journal of Cardiology*, [S. l.], v. 421, art. 132880, 2025.

WILHELM, M. et al. Long-Term Cardiac Remodeling and Arrhythmias in Nonelite Marathon Runners. *The American Journal of Cardiology*, [S. l.], v. 110, n. 1, p. 129-135, 2012.

ZIMMERMANN, P. et al. Athlete's Heart in Elite Biathlon, Nordic Cross—Country and Ski-Mountaineering Athletes: Cardiac Adaptions Determined Using Echocardiographic Data. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, [S. l.], v. 9, n. 8, art. 8, 2022.

