

AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS E FUNCIONAIS DO CORAÇÃO DE ATLETAS - REVISÃO SISTEMÁTICAClarissa Brito Valle¹, Francisco Navarro²**RESUMO**

Introdução: atletas constituem um grupo de indivíduos submetidos a intensa exposição ao exercício físico, os quais respondem com inúmeras alterações morfológicas e funcionais permitindo-lhes um desempenho físico excepcional em busca do melhor rendimento esportivo. Tais mudanças representam adaptações hemodinâmicas produzidas por sobrecarga dependente do tempo, frequência e intensidade do treino acontecendo em diferentes proporções em cada indivíduo. **Objetivo:** avaliar, através de uma revisão de literatura sistemática, quais são as alterações morfológicas e funcionais que acontecem no coração de atletas e se é um processo puramente fisiológico, necessário para manter ótima performance cardíaca em condições de sobrecarga circulatória aumentada, ou envolveria alterações patológicas, relacionadas ao comprometimento do desempenho cardíaco. **Metodologia:** revisão sistemática em base de dados computadorizada, incluindo Google Acadêmico, Scielo e Pubmed analisando a morfologia e função do coração de atletas altamente treinados. **Resultados:** morfologicamente, o coração dos atletas apresentou maiores diâmetros total e interno, parede posterior e septo interventricular mais espessos e maior massa ventricular esquerda enquanto a função cardíaca foi similar entre os grupos de atletas e seus grupos controles. **Discussão:** o "coração de atleta" apresenta uma variedade de alterações resultantes do treinamento físico vigoroso para melhorar a função como bomba e a capacidade do sistema cardiovascular em fornecer oxigênio aos músculos que se exercitam variando de acordo com o tipo de exercício. É um processo compensatório ou adaptativo a um estímulo hemodinâmico, representando a sobrecarga por volume e/ou pressão, porém, as propriedades sistólicas e diastólicas são normais. **Conclusão:** o treinamento físico de atletas, que requer altas cargas e regularidade está associado com mudanças morfológicas cardíacas, incluindo aumento na cavidade do VE, espessura de sua parede e massa, porém a função cardíaca permanece sem alterações significativas entre atletas e não atletas mostrando que não há prejuízo de sua função.

Palavras-chave: Atleta, Exercícios físicos, Ventrículo esquerdo, Coração de atleta.

ABSTRACT

Assessment of functional and morphological changes of the athletes' heart - a systematic review

Introduction: athletes are subjected to intense physical exertion. As a result, the heart responds with several morphological and functional alterations that allow the body to reach its peak performance. These changes, known as hemodynamic adaptations, are a result of the timing, frequency and intensity of the training. These hemodynamic adaptations occur differently in each athlete. **Objective:** to evaluate, through the review of a systematic literature, what are the morphological and functional alterations that happen in the heart of an athlete. In addition, assess if these alterations are either a physiological process of the heart that maintains a good cardiac performance when overloaded with blood circulation; or if they are pathological alterations that are related to the physical exertion. **Methodology:** systematic review of a computerized database that includes Google Scholar, Scielo and Pubmed. These databases were used to analyze the morphology and function of the hearts of highly trained athletes. **Results:** morphologically, the athletes' hearts were larger in its total and internal diameter, the posterior wall and inter ventricular septum were thicker; and there was an increase in the ventricular mass of the left ventricle. The cardiac function was similar between athletes and non-athletes. **Discussion:** "The athletes' heart" presents a variety of alterations that are a result of the type of training that the athlete endures. A strong training program is going to improve the heart's ability to work as a pump and the cardiovascular system to provide oxygen to the muscles that are being exercised. These adaptations can develop as a compensatory process or as an adaptation to the hemodynamic stimulus that is created by the volume and/or pressure of blood in the heart. However, the heart's systolic and diastolic function did not change. **Conclusion:** The athletes' physical training, which requires high intensity and regularity, is associated with cardiac morphological changes. Some of the changes are the increase in the left ventricle's cavity, in its wall thickness and mass. However, the cardiac function in both athletes and non-athletes did not change drastically. In other words, there were no losses in the heart's functionality.

Key words: Athlete, Physical exertion, Left ventricle, The athletes' heart.

INTRODUÇÃO

Atletas constituem um grupo de indivíduos submetidos a intensa exposição ao exercício físico, os quais respondem com inúmeras alterações morfológicas e funcionais (Castanheira, 2007) permitindo-lhes um desempenho físico excepcional (Ghorayeb e colaboradores, 2005) em busca do melhor rendimento esportivo (Maron, 2005).

A nível cardiovascular ocorrem tanto modificações centrais quanto periféricas, comumente conhecidas como “coração de atleta”. Entre essas modificações inclui-se diminuição da frequência cardíaca (FC) de repouso, alterações da condução eletrocardiográfica, (McMullen e Jennings, 2007), aumento das câmaras cardíacas (Castanheira, 2007), principalmente do ventrículo esquerdo (VE), da espessura da parede, da massa ventricular (Pluim, 1999) e do débito cardíaco (DC) (McMullen e Jennings, 2007).

Tais mudanças representam adaptações hemodinâmicas produzidas por sobrecargas dependentes do tempo, frequência e intensidade do treino (Pelliccia, 1999), além de serem influenciadas por características genéticas do atleta (McMullen e Jennings, 2007). Portanto, acontecem em diferentes proporções em cada indivíduo (Pelliccia, 1999) podendo situar-se fora dos limites da normalidade.

Os diversos esportes podem ser classificados em dois grupos: esportes de endurance e esportes de força sendo que o condicionamento atlético envolve componentes de ambos os grupos, porém com predominância de um deles (Magalhães e colaboradores, 2008).

Exercícios de endurance ou aeróbios promovem sobrecarga de volume ou aumento de pré-carga sobre o miocárdio, induzindo a hipertrofia excêntrica (Hashimoto e colaboradores, 2011). Exercícios resistidos ou de força levam à sobrecarga pressórica ou aumento de pós-carga, resultando em hipertrofia concêntrica, com aumento na espessura da parede do VE, sem alteração do tamanho da câmara cardíaca (Hashimoto e colaboradores, 2011).

Dessa forma, o “coração de atleta” apresenta uma variedade de alterações morfológicas, resultantes do treinamento físico vigoroso e sistemático, com o objetivo de

melhorar a função do coração como bomba e aumentar a capacidade do sistema cardiovascular em fornecer oxigênio aos músculos que se exercitam (Teixeira, 2011).

Entretanto, o aumento na espessura da parede do VE pode também criar dificuldade em distinguir a hipertrofia fisiológica do coração de atletas das formas patológicas de hipertrofia, como hipertrofia cardiomiopática, que expõe o atleta ao risco de morte súbita. A distinção entre essas duas formas depende de uma definição precisa dos limites fisiológicos da hipertrofia cardíaca (HC), que é esperado como resultado do treinamento físico (Pelliccia, 1991).

O objetivo deste estudo foi avaliar, através de uma revisão de literatura sistemática, quais são as alterações morfológicas e funcionais que acontecem no coração de atletas e se é um processo puramente fisiológico, necessário para manter ótima performance cardíaca em condições de sobrecarga circulatória aumentada, ou envolveria o potencial de induzir, a longo prazo, alterações patológicas, relacionadas à estrutura miocárdica e ao comprometimento do desempenho cardíaco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se uma revisão sistemática, no período de maio à agosto de 2012, utilizando-se a estratégia de busca em base de dados computadorizada, incluindo Google Acadêmico, Scielo e Pubmed. Foram utilizadas palavras-chave isoladas e combinadas entre si, relacionadas à “hipertrofia cardíaca, atleta, exercícios físicos, ventrículo esquerdo e coração de atleta”.

De todos os artigos encontrados nas bases de dados citadas, 20 foram selecionados por se enquadrarem no objetivo do presente estudo e por preencherem os critérios de inclusão: população de atletas altamente treinados, de qualquer modalidade esportiva e de ambos os sexos. Estudos que mostravam os efeitos do treinamento no coração, mas não envolviam um grupo de atleta foram excluídos do estudo.

A estrutura cardíaca foi analisada através: (1) diâmetro do VE (incluindo diâmetro total e interno); (2) espessura da parede posterior do VE (EPPVE); (3) espessura do septo interventricular (ESI); e (4) massa do VE.

A avaliação da função cardíaca foi feita através: (1) percentual de encurtamento do diâmetro interno do VE (%DIVE); (2) estresse da parede do VE no final da sístole; (3) fração de ejeção (FE); (4) débito cardíaco (DC); (5) índice cardíaco (IC); (6) velocidade de mudança no diâmetro interno do VE; (7) movimento da parede posterior; e (8) velocidade de fluxo mitral.

A relação entre morfologia cardíaca e função sistólica e diastólica do VE foi avaliada nos respectivos grupos de atletas em relação aos seus grupos controles. Quando não havia grupo controle, os atletas foram controles deles mesmos em uma situação sem treinamento e após um período de treinamento para comparação.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as características dos participantes de cada estudo analisado. Os grupos controle eram formados por indivíduos de sexo, idade e medidas de peso e altura similares aos grupos de atletas e eram sedentários ou apenas praticavam atividades recreativas esporadicamente. A maioria dos estudos foram feitos com atletas homens submetidos ao treinamento de endurance.

Em todos os estudos, a avaliação do coração de cada indivíduo foi feita durante o repouso, através da ecocardiografia ou imagens de ressonância magnética.

A FC de repouso de todos os atletas foi menor que dos participantes dos grupos controle.

Tabela 1 - Participantes de cada estudo.

Artigos	Nº participantes	Sexo	Idade	Esporte	Tempo que pratica	Grupo controle				
						Nº participantes	Sexo	Idade	Atividade	
Baggish e colaboradores (2007)	20	mulheres	19.3	remo	Não cita		Não Tem			
	20	homens		remo						
	24	homens		futebol americano						
De Luca e colaboradores (2011)	16	homens	18.5	ciclismo	7.4 anos	15	homens	18.5	não atleta	
	17			futebol	6.7 anos					
	17			basquete	5.6 anos					
Douglas e colaboradores (1990)	22	homens	24-63	ultraendurance	Não cita		Não Tem			
	19	mulheres								
Fagard e colaboradores (1989)	10	homens	28-37	maratona	14 anos	10	homens	similar	não atleta	
Fagard e colaboradores (1987)	16	homens	17-37	ciclismo	7.3 anos	16	homens	similar	não atleta	
Fagard e colaboradores (1984)	12	homens	18-35	ciclismo	8 anos	12	homens	similar	não atleta	
	12		19-40	corrida	6.6 anos			similar		
Fagard e colaboradores (1983)	12	homens	17-35	ciclismo	7.6 anos	12	homens	similar	não atleta	
Grander e colaboradores (1985)	11	homens	22-40	corrida	2 anos	12	homens	similar	não atleta	
Ghorayeb e colaboradores (2005)	30	homens	24-48	maratona	3 anos	30	Não cita	similar	sedentário	
Makan e colaboradores (2005)	900	misto	14-18	13 modalidades	4.5 anos	250	misto	similar	não atleta	
Nishimura e colaboradores (1980)	14	homens	20-29	ciclismo	5 anos	10	homens	similar	sedentário	
	17		30-39		14 anos			10		similar
	29		40-49		27 anos			15		similar

Osborn e colaboradores (2007)	41	homens	23	tênis	Não cita				Não Tem
Pelliccia e colaboradores (1991)	947	misto	13-49	25 modalidades	3-20 anos				Não Tem
Pelliccia e Colaboradores (1990)	1309	misto	13-59	38 modalidades	7 anos				Não Tem
Pluim e colaboradores (1998)	21	homens	28-52	ciclismo	23 anos	12	homens	33-56	não atleta
Pluim e colaboradores (1996)	13	homens	22.3	ciclismo	5 anos	12	homens	26.8	não atleta
Scharf colaboradores (2010)	26	homens	18-35	triathlon	6 anos	27	homens	similar	não atleta
Scharhag e colaboradores (2002)	10 6 5	homens	18-36	triathlon ciclismo corrida	Não cita	21	homens	21-37	não atleta
Stefani e colaboradores (2008)	25	homens	26	futebol	5 anos	25	homens	25	não atleta
Wieling e colaboradores (1981)	27	homens	20-22	remo	Não cita	17	Não cita	22	não atleta

Nas tabelas 2 e 3 estão os resultados das análises feitas pelos artigos quanto a estrutura cardíaca do VE e sua função. Morfologicamente, o coração dos atletas apresentou maiores diâmetros total e interno, parede posterior e septo inter ventricular mais espessos e maior massa ventricular quando comparado com seus grupos controle. Apenas no trabalho de Fagard e colaboradores (1989), eles encontraram a espessura da parede posterior do VE diminuída no grupo de atletas.

As variáveis analisadas da função cardíaca foram similares entre os grupos de atletas e seus grupos controle, exceto nos trabalhos de De Luca e colaboradores (2011), que encontraram aumento da FE, Douglas e colaboradores (1990), em que a velocidade de fluxo através da válvula mitral estava aumentada, Ghorayeb e colaboradores (2005), que encontraram aumentos no %DIVE e FE enquanto no estudo de Pelliccia e colaboradores (1990), o %DIVE estava diminuído e Fagard e colaboradores (1989), que encontraram diminuição do estresse da parede do VE no final da sístole.

DISCUSSÃO

O “coração de atleta” apresenta uma variedade de alterações resultantes do treinamento físico vigoroso e sistemático para melhorar a função como bomba e a capacidade do sistema cardiovascular em fornecer oxigênio aos músculos que se exercitam (Ghorayeb e colaboradores, 2005).

Essas alterações variam de acordo com o tipo de exercício, isto é, se é essencialmente de endurance, de força ou uma combinação de ambos (Osborn, 2007), porém, as propriedades sistólicas e diastólicas de atletas altamente treinados com VE hipertrofiado são normais (Pluim, 1998).

A hipertrofia do VE desenvolve-se como processo compensatório ou adaptativo a um estímulo hemodinâmico, representando a sobrecarga por volume e/ou pressão (Ghorayeb e colaboradores, 2005). O exercício físico é, então, um propulsor para desenvolver essa hipertrofia e as alterações estruturais, resultantes do treinamento físico dependem da natureza, duração e intensidade do exercício (Ghorayeb e colaboradores, 2005).

Tabela 2 - Características Morfológicas analisadas do VE em atletas em relação ao seu grupo controle

Artigos	Diâmetro do VE	EPPVE	ESI	Massa do VE
Baggish e colaboradores (2007)	↑	↑	↑	↑
De Luca e colaboradores (2011)	↑	=		↑
Douglas e colaboradores (1990)*	↓ ↑			
Fagard e colaboradores (1989)	↑	↓		↑
Fagard e colaboradores (1987)	↑	↑	↑	↑
Fagard e colaboradores (1984)	↑	↑	↑	
Fagard e colaboradores (1983)	↑	↑	↑	
Ghorayeb e colaboradores (2005)	↑	↑	↑	↑
Grander e colaboradores (1985)	↑	↑		↑
Makan e colaboradores (2005)	↑	↑		
Nishimura e colaboradores (1980)**	↑	=↑	=↑	↑
Osborn e colaboradores (2007)	↑	↑	↑	↑
Pelliccia e colaboradores (1991)	↑	↑	↑	↑
Pelliccia e colaboradores (1990)	↑	↑	↑	↑
Pluim e colaboradores (1998)				↑
Pluim e colaboradores (1996)				↑
Scharf e colaboradores (2010)		↑		↑
Scharha e colaboradores (2002)				↑
Stefani e colaboradores (2008)	↑			
Wieling e colaboradores (1981)	↑	↑	↑	

↑ aumento; ↓ diminuição; = similar entre os grupos; EPPVE espessura da parede posterior do VE; ESI espessura do septo interventricular; VD volum diastólico; VS volume sistólico

*Houve diminuição do diâmetro do VE logo após o exercício, mas durante o período de recuperação, aumentou

**Apenas no grupo de atletas mais velhos, 39-49 anos, houve aumento nas variáveis EPPVE e ESI

Além do tipo e intensidade de exercício, outros determinantes importantes das adaptações estruturais do “coração de atleta” são idade, sexo, raça e componente genético (Maron, 1986). Há consenso na literatura que fatores genéticos devam desempenhar importante papel no

desenvolvimento da hipertrofia do VE em atletas para justificar as acentuadas diferenças nas alterações cardíacas e na performance atlética observadas em indivíduos com as mesmas características antropométricas, como altura e peso, e submetidos ao mesmo nível de treinamento (Maron, 1986 e Osborne,

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

1992 citados por Ghorayeb e colaboradores, 2005). Para Pelliccia e colaboradores (1996) citado no estudo de Ghorayeb e colaboradores (2005) os fatores hereditários influenciam as dimensões cardíacas seja pelo controle genético da resposta hipertrófica ao

condicionamento atlético, seja pela predisposição genética para sustentar o treinamento físico mais intenso e atingir níveis mais elevados de performance durante a competição.

Tabela 3 - Características Funcionais analisadas do VE em atletas em relação ao seu grupo controle.

Artigos	%DIVE	Estresse parede	FE	DC	IC	Vel. Mudança DI	Mov. PP	Vel. Fluxo
Baggish e colaboradores (2007)*			=	↓ =				
De Luca e colaboradores (2011)			↑					
Douglas e colaboradores (1990)	=		=					↑
Fagard e colaboradores (1989)	=	↓					=	
Fagard e colaboradores (1987)	=	=						=
Fagard e colaboradores (1984)	=	=				=	=	
Fagard e colaboradores (1983)	=	=					=	
Ghorayeb e colaboradores (2005)**	↑		=↑					
Grander e colaboradores (1985)			=					=
Makan e colaboradores (2005)	=							=
Nishimura e colaboradores (1980)***	=		=↓			↓		
Osborn e colaboradores (2007)			=					
Pelliccia e colaboradores (1991)	=							
Pelliccia e colaboradores (1990)	↓		=				=	=
Pluim e colaboradores (1998)			=		=			=
Pluim e colaboradores (1996)		=	=	=	=			
Scharf e colaboradores (2010)			=		=			
Scharhag e colaboradores (2002)			=	=	=			
Stefani e colaboradores (2008)			=					=
Wieling e colaboradores (1981)	=							

↑ aumento; ↓ diminuição; = similar entre os grupos; %DIVE percentual de encurtamento do diâmetro interno do VE; FE fração de ejeção; DC débito cardíaco; IC índice cardíaco; vel. mudança DI velocidade de mudança no diâmetro interno do VE; mov. PP movimento da parede posterior; vel. fluxo velocidade de fluxo mitral

*DC diminuiu nos atletas de endurance enquanto permaneceu sem mudanças nos atletas de força

** Quando analisado pela ressonância magnética, a FE aumentou no grupo de atletas

***Apenas no grupo de atletas mais velhos, 39-49 anos, a FE diminuiu

O efeito bradicárdico dos atletas em repouso foi atribuído ao aumento do tônus vagal, melhorando o fornecimento de sangue por meio de um aprimoramento na relação sístole-diástole, o que indica economia de função cardíaca (Scarf e colaboradores, 2010).

De acordo com esses mesmos autores, a FE e índice cardíaco no repouso não tiveram variações entre as populações estudadas, o que mostra que mesmo com mudanças de carga devido ao treinamento, isso não influencia a função ventricular sistólica durante o repouso.

Segundo Fagard e colaboradores (1987), a relação similar entre atletas e não atletas da fração de encurtamento do diâmetro interno do VE e do estresse da parede no fim da sístole é indicativo de que as alterações estruturais do coração também não afetam a função sistólica do ventrículo.

No estudo de Pluim e colaboradores (1998), que analisaram a função sistólica e o metabolismo cardíaco, demonstrado pela diminuição na relação entre metabolitos de fosfatos de alta energia e ATP durante altas cargas de trabalho tanto em atletas quanto no grupo controle indica que a hipertrofia do VE é uma adaptação fisiológica sem efeitos adversos significativos na função e metabolismo cardíaco.

Apesar de ter poucos dados sobre a função diastólica, segundo Grossman (1976) citado por Fagard (1987), quando se desenvolve hipertrofia do VE como resultado da sobrecarga por pressão, volume ou ambos em pacientes com doença cardíaca, essa hipertrofia está usualmente associada com mudanças na rigidez da câmara cardíaca, o que não é desejável em atletas. Se o "coração de atleta" leva a um aumento de risco para eventos cardiovasculares ainda é um problema clínico (Pluim, 1998).

Uma característica inicial da hipertrofia do VE resultante de doenças como hipertensão arterial, cardiomiopatia hipertrófica e outras condições hipertróficas é a mudança nas propriedades diastólicas, que pode, portanto, servir como um indicador de doença e ser usado para diferenciar entre hipertrofia patológica e fisiológica (Krayenbuehl, 1989 e Stauffer, 1990 citados por Pluim 1998).

No presente estudo a função diastólica, avaliada pelo padrão de fluxo sanguíneo através da válvula mitral também não apresentou diferenças significativas entre

os atletas e seus respectivos grupos controle, embora os primeiros tenham apresentado mudanças morfológicas da câmara cardíaca.

Mudanças profundas no metabolismo miocárdico pode também discriminar entre essas duas hipertrofias como demonstrado no estudo de Pluim e colaboradores (1998) que não encontraram diferenças entre as populações de atleta e não atleta.

Em apenas um estudo, foi avaliado o padrão de hipertrofia e função do VE em atletas ciclistas de 20 a 49 anos. Em atletas mais novos, de 20 a 39 anos, o ecocardiograma mostrou principalmente dilatação da dimensão do VE com espessura da parede normal. Em atletas mais velhos, de 40 a 49 anos, houve aumento da espessura da parede e dilatação da dimensão do VE.

Nesses atletas, que continuaram o treinamento vigoroso, o longo tempo de treinamento físico aparentemente causou espessamento da parede ventricular. Os autores concluíram que a moderada hipertrofia é provavelmente benéfica em atletas relativamente jovens, entretanto, atletas de meia idade, que continuam o treinamento físico vigoroso, podem ser mais susceptíveis as anormalidades eletrocardiográficas e hipertrofia proeminente e alguns deles têm leve depressão da função do VE (Nishimura e colaboradores, 1980).

CONCLUSÃO

O treinamento físico de atletas, que requer altas cargas e regularidade está associado com mudanças morfológicas cardíacas, incluindo aumento na cavidade do VE, espessura de sua parede e massa, porém a função cardíaca permanece sem alterações significativas entre atletas e não atletas o que mostra que mesmo com mudanças morfológicas da câmara cardíaca não há prejuízo nem melhora exarcebada da função do coração.

Entretanto, os trabalhos aqui analisados apenas avaliaram o coração de atletas em comparação a não atletas em situação de repouso e maiores diferenças entre eles poderiam ser observadas sobre condições de estresse.

Todos os estudos foram avaliados de forma transversal e não houve mais estudos em atletas mais velhos submetidos a um longo período de treinamento para averiguar se essa

hipertrofia, que inicialmente é benéfica, pode se tornar patológica. Outro fator limitante foi a maioria dos estudos ter analisado atletas homens submetidos aos esportes de endurance.

REFERÊNCIAS

- 1-Baggish, A. L.; Wang, F.; Weiner, R.B.; Elinoff, J. M.; Tournoux, F.; Boland, A.; Picard, M. H.; Hutter Jr, A. M.; Wood, M.J. Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. *Journal of Applied Physiology*. Massachusetts. Vol. 104. p.1121-1128. 2008.
- 2-Castanheira, J.; Pereira, T.; Conde, J. Adaptações Cardíacas em Atletas: Estudo Comparativo. 5º Congresso Virtual de Cardiologia. Coimbra. 2007.
- 3-De Luca, A.; Stefani, L.; Pedrizzetti, G.; Pedri, S.; Galanti, G. The effect of exercise training on left ventricular function in young elite athletes. *Cardiovascular Ultrasound*. Itália. 2011. p.9-27.
- 4-Douglas, P. S.; O'toole, M. L.; Hiller, W. D. B.; Reichel, N. Defferent effects of prolonged exercise on right and left ventricles. *Journal of American College of Cardiology*. Vol. 15. Núm. 1. 1990. p.64-69.
- 5-Fagard, R.; Van den Broeke, C.; Amery, A. Left ventricular dynamics during exercise in elite marathon runners. *Journal of American College of Cardiology*. Bélgica. Vol. 14. Núm. 1. 1989. p.112-118.
- 6-Fagard, R.; Broeke, C. V. D.; Bielen, E.; Vanhees, L.; Amery, A. Assessment of stiffness of the hypertrophied left ventricle of bicyclists using left ventricular inflow dopplervelocimetry. *Journal of American College of Cardiology*. Vol. 9. Núm. 6. 1987. p. 1250-1254.
- 7-Fagard, R.; Aubert, A.; Staessen, J.; Eynde, E. V.; Vanhees, L.; Amery, A. Cardiac structure and function in cyclists and runners: Comparative echocardiographic study. *Br. Heart J*. Vol. 52. 1984. p.124-129.
- 8-Fagard, R.; Aubert, A.; Lysens, R.; Staessen, J.; Vanhees, L.; Amery, A. Noninvasive assessment of seasonal variations in cardiac structure and function in cyclists. *Circulation*. Vol. 67. Núm. 4. 1983. p.896-901.
- 9-Ghorayeb, N.; Batlouni, M.; Pinto, I. M. F.; Dioguardi, G. S. Hipertrofia Ventricular Esquerda do Atleta: Resposta Adaptativa Fisiológica do Coração. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. Vol. 85. Núm. 3. 2005. p.191-197.
- 10-Granger, C. B.; Karimedini, M. K.; Smith, V. E.; Shapiro, H. R.; Katz, A. M.; Riba, A. L. Rapid ventricular filling in left ventricular hypertrophy: physiologic hypertrophy. *Journal of American College of Cardiology*. Vol. 5. Núm. 4. 1985. p.862-868.
- 11-Hashimoto, N. Y.; Fernandes, T.; Soci, Ú. P. R.; Oliveira, E. M. Determinantes Moleculares da Hipertrofia Cardíaca Induzida por Diferentes Volumes de Treinamento Aeróbico. *Revista Brasileira de Cardiologia*. Vol. 24. Núm. 3. 2011. p.153-162.
- 12-Magalhães, F. C.; Barretti, D.; Hashimoto, N.; Melo, S. F. S.; Roque, F. R.; Oliveira, E. M. Hipertrofia cardíaca induzida pelo treinamento físico: Eventos moleculares e celulares que modificam o fenótipo. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*. Vol. 7. Núm. 1. 2008. p.198-193.
- 13-Makan, J.; Sharma, S.; Firoozi, S.; Whyte, G.; Jackson, P. G.; McKenna, W. J. Physiological upper limits of ventricular cavity size in highly trained adolescent athletes. *Heart*. Vol. 91. 2005. p.495-499.
- 14-Maron, B. J. Structural Features of the Athlete Heart as Defined by Echocardiography. *Journal of American College of Cardiology*. Vol. 7. Núm. 1. 1986. p.190-203.
- 15-Maron, B.J.; Ackerman, M.J.; Nishimura, R. A.; Pyeritz, R. E.; Towbin, J. A.; Udelson, J. E. Task Force 4: HCM and other cardiomyopathies, mitral valve prolapse, myocarditis, and marfan syndrome. *Journal of American College of Cardiology*. Vol. 45. Núm. 8. 2005. p.1340-1345.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

16-McMullen, J. R.; Jennings, L. G. Differences between pathological and physiological cardiac hypertrophy: Novel therapeutic strategies to treat heart failure. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. Vol. 34. 2007. p.255-262.

17-Nishimura, T.; Yamada, Y.; Kawai, C. Echocardiographic evaluation of long-term effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists. *Circulation*. Vol. 61. Núm. 4. 1980. p.832-840.

18-Osborn, R. Q.; Taylor, W. C.; Oken, K.; Luzano, M.; Heckman, M.; Fletcher, G. Echocardiographic characterisation of left ventricular geometry of professional male tennis players. *Br. J. Sports Med.* Vol. 41. 2007. p.789-792.

19-Pelliccia, A.; Culasso, F.; Di Paolo, F. M.; Maron, B. J. Physiologic Left Ventricular Cavity Dilatation in Elite Athletes. *American College of Physicians - Annals of American Society of Internal Medicine*. Vol. 130. Núm. 1. 1999. p.23-31.

20-Pelliccia, A.; Maron, B. J.; Spataro, A.; Proschan, M. A.; Spirito, P. The upper limit of cardiac hypertrophy in high trained elite athletes. *The New England Journal of Medicine*. Vol. 324. Núm. 5. 1991. p.295-301.

21-Pluim, B. M.; Zwinderman, A. H.; Van der Laarse, A.; Vander Wall, E. E. The Athlete's Heart: A Meta-Analysis of Cardiac Structure and Function. *Circulation*. Vol. 100. 1999. p.336-344.

22-Pluim, B. M.; Lamb, H. J.; Kayser, H. W. M.; Leujes, F.; Beyerbacht, H. P.; Zwinderman, A. H.; Van der Laarse, A.; Vliegen, H. W.; Roos, A.; Van der Wall, E. E. Functional and metabolic evaluation of the athlete's heart by magnetic resonance imaging and dobutamine stress magnetic resonance spectroscopy. *Circulation*. Vol. 97. 1998. p.666-672.

23-Pluim, B. M.; Chin, J. C.; De Roost, A.; Doornbost, J.; Siebelink, H. M. J.; Van der Laarse, A.; Vliegen, H. W.; Lamerichs, R. M. J. N.; Brusckke, A. V. G.; Van der Wall, E. E. Cardiac anatomy, function and metabolism in elite cyclists assessed by magnetic resonance

imaging and spectroscopy. *European Heart Journal*. Vol. 17. 1996. p.1271-1278.

24-Scharf, M.; Brem, M. H.; Wilhelm, M.; Schoepf, U. J.; Uder, M.; Lell, M. M. Atrial and ventricular functional and structural adaptations of the heart in elite triathletes assessed with cardiac MR Imaging. *Radiology*. Vol. 25. Núm. 1. 2010. p.71-79.

25-Scharhag, J.; Schneider, G.; Urhausen, A.; Rochette, V.; Kramann, B.; Kindermann, W. Athlete's heart: right and left ventricular mass and function in male endurance athletes and untrained individuals determined by magnetic resonance imaging. Vol. 40. Núm. 10. 2002. p.1856-1863.

26-Stefani, L.; Toncelli, L.; Di Tante, V.; Vono, M. C. R.; Cappelli, B.; Pedrizzetti, G.; Galanti, G. Supernormal functional reserve of apical segments in elite soccer players: an ultrasound speckle tracking handgrip stress study. *Cardiovascular Ultrasound*. 2008. p.6-14.

27-Teixeira, C. G. O.; Teixeira Júnior, J.; Fernandes, R. M.; Silva, I. R. O.; Lima, W. A.; Santos, C. G. O.; Venâncio, P. E. M.; Pereira, D. C.; Silva, L. R. R. Identificação da hipertrofia cardíaca induzida pelo treinamento de judô. *Revista Científica Jopof*. Vol. 11. Núm. 1. 2011. p.2-10.

28-Wieling, W.; Borghols, E.A.M.; Hollander, A. P.; Danner, S. A.; Dunning, A. J. Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in oarsmen during training. *Br. Heart J*. Vol. 46. 1981. p.190-195.

1-Programa de Pós Graduação Lato Sensu da Universidade Gama Filho - Fisiologia do Exercício: Prescrição de Exercício.

2-Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício.

E-mail:
clabritovalle@gmail.com

Endereço para correspondência:
Rua Conselheiro Lafaiete, nº 575
Bairro Sagrada Família – Belo Horizonte - MG
CEP: 31030-010.

Recebido para publicação 02/04/2013
Aceito em 01/05/2013