

---

## O CORAÇÃO DE ATLETA NA MULHER

CLÉA SIMONE SABINO DE SOUZA COLOMBO<sup>1</sup>, RICARDO CONTESINI FRANCISCO<sup>2</sup>

Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo. 2014;24(1):66-70  
RSCESP (72594)-2106

A prática regular de exercícios de alta intensidade tem sido relacionada com alterações no tamanho e no ritmo cardíaco de atletas há séculos. Mais recentemente, com o avanço dos exames complementares no século 20, tais alterações foram bem descritas e definidas como adaptações fisiológicas, sendo conhecidas como “coração de atleta”. Entretanto, até meados da década de 90 estas adaptações não tinham sido descritas em mulheres. Acredita-se que isto se deva não só à presença de menos atletas do sexo feminino até aquele período e com uma intensidade menor de treinamento, mas também à quantidade inferior de androgênios circulantes. Atualmente, as adaptações do coração de atleta também têm sido evidenciadas nas mulheres atletas, porém, parecem ocorrer de maneira diferente e em menor proporção do que entre os homens atletas.

**Descritores:** atletas, exercício/fisiologia, frequência cardíaca/fisiologia, hipertrofia ventricular esquerda, mulheres.

### THE ATHLETE'S HEART IN WOMEN

Regular intensive physical training has been associated with changes in cardiac size and heart rate for centuries. Recently, with the advancement of multimodality imaging in the 20<sup>th</sup> century, such changes have been well described and defined as physiological adaptations, known as the “athlete’s heart”. However, until the middle of the 90’s these adaptations had never been described in women, not only because of the small number of female athletes until that time, but also due to the lower amount of circulating androgens. Recently, adaptations of the athlete’s heart have also been demonstrated in women, but it seems to occur differently and less extensive than in men athletes.

**Descriptors:** athletes, exercise/physiology, heart rate/physiology, hypertrophy, left ventricular, women.

---

<sup>1</sup> *Graduação em Medicina pela FCM-UNICAMP. Especialista em Cardiologia e Ergometria pela SBC/AMB. Especialista em Medicina Desportiva pela SBMEE/AMB Pós-Graduada em Fisiologia do Exercício e Treinamento Resistido no CEFAP/USP e em Medicina Desportiva no CEMAFE/UNIFESP. Médica voluntária da Seção de Cardiologia do Esporte do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. Médica da Cardiofit Campinas. Coordenadora Adjunta do DERC-Mulher 2014/2015.*

<sup>2</sup> *Especialista em Cardiologia pela SBC/AMB. Pós-Graduado em Medicina Esportiva pelo CEMAFE/UNIFESP. Médico da Seção de Cardiologia do Esporte do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. Médico do Setor de Sport Check Up do HCor. Editor Adjunto de Cardiologia do Esporte da Revista do DERC 2014/2015.*

*Endereço para correspondência:*

*Cléa Simone Sabino de Souza Colombo. Clínica Colombo. Rua Luiz Spiandorelli Neto, nº 60, sala 307. Paiquerê. Valinhos - SP. Brasil.  
CEP: 13271-570.*

*E-mail: cleacolombo@gmail.com*

---

A prática de esportes competitivos tem sido descrita há séculos, desde a Grécia antiga, onde aconteceu a primeira Olimpíada (776 a.C.), tendo ganhado maior visibilidade a partir dos primeiros jogos olímpicos da era moderna, em 1896<sup>1</sup>. Desde então, a evolução do treinamento e a busca da melhora da *performance* tem gerado, cada vez mais, o estudo das características dos atletas e o impacto dos esportes no corpo humano. Entretanto, a participação das mulheres nas Olimpíadas só teve início em 1900, e com apenas 11 competidoras. Até a década de 70, as mulheres eram desencorajadas a participar de esportes de alto rendimento, pois acreditava-se que possuísem um coração mais fraco e que fossem fisiologicamente incapazes de manter uma atividade física prolongada, além de que poderiam sofrer danos no sistema reprodutor que levariam à infertilidade<sup>2</sup>. Foi na década de 80 que se iniciou um aumento significativo da participação feminina nos esportes de alto rendimento, tendo ocorrido a primeira maratona feminina nas Olimpíadas de Los Angeles, em 1984<sup>3</sup>. A partir daí, o número de atletas mulheres tem crescido progressivamente, não só em número como em *performance*, atingindo grandes proporções, representando, por exemplo, 47% da delegação brasileira e tendo sido maior que o número de homens na delegação norte-americana da última Olimpíada em Londres, 2012. Tais fatos aumentam o interesse por estas atletas e abrem o questionamento se o conhecimento que temos atualmente a respeito dos efeitos do treinamento físico no corpo humano, especialmente no coração, vale também para o organismo feminino, visto que até então a maioria dos estudos realizados foi com atletas do sexo masculino.

## FISIOLOGIA

A intensidade de um esforço físico realizado tem uma relação direta com a necessidade de oxigênio do organismo. O sistema cardiovascular realiza o transporte do oxigênio para a musculatura esquelética, sendo tal processo quantificado como débito cardíaco. O treinamento físico regular e contínuo, de moderada a alta intensidade, leva a adaptações periféricas e centrais no sistema cardiovascular que aumentam a capacidade do organismo de suprir tal necessidade. De forma periférica, ocorrem alterações bioquímicas e celulares que promovem o aumento da captação de oxigênio pela musculatura periférica; de forma central, ocorrem modificações estruturais e funcionais cardíacas que promovem o aumento sustentado do débito cardíaco. Estas adaptações levam ao aumento da captação de oxigênio, conhecida como  $VO_2$ , que em indivíduos saudáveis apresenta relação direta com o débito cardíaco, sendo um marcador de treinamento aeróbico<sup>4</sup>.

As alterações ocorrem de maneira diferente entre as modalidades esportivas, dependendo do componente isotônico e isométrico de cada uma. A prática de modalidades com componente de exercício isotônico predominante (como corrida de longa distância, ciclismo, remo e natação) está mais relacionada à maior adaptação cardíaca, pois necessita de um

aumento sustentado do débito cardíaco, afetando as quatro câmaras e, geralmente, cursa com queda da resistência vascular periférica. No exercício isométrico (treinamento de força), o aumento do débito cardíaco é leve e a resistência vascular periférica é maior.

## ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS DO CORAÇÃO DE ATLETA

O coração de atleta se caracteriza pela presença de alterações secundárias às adaptações fisiológicas que propiciam um aumento no débito cardíaco e na função cardiovascular. Tais adaptações decorrem devido a uma função coordenada do sistema nervoso autônomo, em que há uma hiperestimulação do sistema parassimpático em resposta ao estímulo simpático após realização de esforço físico, e ao aumento crônico do débito cardíaco, o que leva a um remodelamento cardíaco<sup>5</sup>. Este remodelamento é reversível após a interrupção do treinamento e se caracteriza por:

1. Adaptações elétricas: alterações no ritmo e sistema de condução, havendo uma queda da frequência cardíaca ao repouso, com características eletrocardiográficas específicas.
2. Adaptações morfológicas: alterações no tamanho das câmaras cardíacas, com dilatação de cavidades atriais e ventriculares (esquerda e direita), hipertrofia ventricular esquerda e aumento de massa ventricular.
3. Adaptações funcionais: melhora no enchimento diastólico final ventricular, o que leva ao aumento do volume sistólico.

## EXAMES COMPLEMENTARES E AS DIFERENÇAS ENTRE OS GÊNEROS

Devido às adaptações descritas, os exames cardiológicos dos atletas podem apresentar alterações características, consideradas normais neste grupo. A saber:

### Eletrocardiograma

São achados comuns: bradicardia sinusal (maior que 30 bpm), arritmia sinusal, ritmo atrial ectópico, ritmo de escape juncional, bloqueio atrioventricular de 1º grau e 2º grau tipo Mobitz I (e em casos extremos Mobitz II), distúrbio de condução pelo ramo direito, aumento de voltagem do complexo QRS (como critério isolado para hipertrofia ventricular esquerda), repolarização precoce e elevação convexa do segmento ST associado a onda T invertida nas derivações V1 a V4 (em atletas afrodescendentes)<sup>6</sup>.

Os achados eletrocardiográficos em atletas mulheres são semelhantes aos presentes nos homens atletas. Porém, a prevalência das alterações é menor, principalmente quando se trata do aumento isolado da amplitude do QRS, que parece estar presente em apenas cerca de 10% das mulheres atletas, e a repolarização precoce, de ocorrência quatro vezes maior nos atletas do sexo masculino. A presença de alterações da repolarização ventricular e o desvio do eixo para a direita

parecem ser mais frequentes na mulher<sup>7</sup>. As alterações adaptativas eletrocardiográficas secundárias ao estímulo parassimpático, como bradicardia sinusal, e a sobrecarga atrial são comuns em mulheres atletas brancas, porém, as secundárias à hipertrofia ventricular esquerda são mais frequentemente encontradas em mulheres atletas da raça negra.

## Teste ergométrico e cardiopulmonar

### *Parâmetros hemodinâmicos e metabólicos*

#### *Frequência cardíaca e pressão arterial*

Apesar da frequência cardíaca dos atletas ser menor ao repouso, durante o exercício se eleva de maneira similar aos sedentários, atingindo níveis máximos determinados por características individuais, não aumentando com o treinamento. É responsável pelo maior aumento do débito cardíaco no exercício, o qual se eleva de 5 a 6 vezes no esforço máximo, em relação ao repouso. A pressão arterial sistólica se eleva normalmente durante o esforço, entretanto, pode apresentar um comportamento em platô ou até uma queda de 10 mmHg, sem aumento na recuperação, não sendo considerado patológico, mas sim secundário às adaptações fisiológicas nos atletas.

A frequência cardíaca de repouso na mulher é maior quando comparada à do homem (5 a 8 batimentos), porém durante o exercício se comporta de maneira semelhante, com aumento progressivo de acordo com o incremento das cargas, atingindo a frequência máxima igualmente<sup>8</sup>. Já a pressão arterial durante o esforço, apresenta aumento menor na mulher.

#### *Volume sistólico, consumo máximo de oxigênio ( $vo_{2max}$ ) e limiar anaeróbico*

O volume sistólico nos atletas é maior tanto no repouso quanto no exercício e, ao contrário da frequência cardíaca, aumenta de acordo com o treinamento. Este aumento resulta do aumento do volume diastólico final e da diminuição do volume sistólico final ventricular. A capacidade de aumento do volume sistólico está diretamente relacionada com o resultado do treinamento e é um marcador de capacidade cardiovascular (condicionamento físico), mais especificamente dos atletas de esportes de longa duração (*endurance*)<sup>9</sup>.

A mulher tem o tamanho do coração menor, mesmo quando se corrige proporcionalmente ao tamanho corporal, habitualmente menor, possuindo massa ventricular esquerda menor, o que já determina um menor volume sistólico ao repouso. Estudos demonstraram que na transição do repouso para o exercício também há um aumento de magnitude inferior do volume sistólico em relação ao homem. Sendo o débito cardíaco um produto do volume sistólico pela frequência cardíaca, com relação direta com o  $VO_2$  máximo, o consumo máximo de oxigênio é menor no sexo feminino, calculado de forma absoluta ou relativa. Entretanto, a necessidade de treinamento, em intensidade, frequência e duração, para aumentar o  $VO_2$  máximo é igual<sup>10</sup>.

Desta forma, para realizar um exercício físico na mesma intensidade absoluta de esforço (mesmo valor de consumo de

oxigênio absoluto), a mulher utiliza uma porcentagem maior da sua capacidade de exercício, necessitando de uma frequência cardíaca relativamente mais elevada, com mais stress e fadiga mais precoce em relação ao homem. Mas para realizar o mesmo trabalho relativo não há diferença na resposta da frequência cardíaca, pois o controle cardiovascular durante o exercício dinâmico é igual em ambos os sexos. Sendo assim, se executar um exercício na mesma intensidade relativa de sua capacidade física (mesmo percentual do consumo máximo de oxigênio), a resposta cardiovascular será semelhante à do homem. Alguns trabalhos demonstraram que homens e mulheres altamente treinados, competindo no mesmo esporte, apresentam respostas semelhantes ao exercício submáximo, com capacidade de resistência similares<sup>11</sup>.

O  $VO_2$  máximo melhora com o nível de treinamento e pode chegar, em valores relativos para atletas com idade entre 20 e 30 anos, altamente treinados (ciclismo), entre 70-80  $ml \cdot min^{-1} \cdot Kg^{-1}$ , enquanto sedentários da mesma faixa etária apresentam em média 35-40  $ml \cdot min^{-1} \cdot Kg^{-1}$ . Os valores de  $VO_2$  máximo são menores na mulher atleta em relação ao homem, mas aumentam também em relação às sedentárias. Dados de literatura mostram valores relativos para mulheres na faixa de 20 a 30 anos em média de 30-35  $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  nas sedentárias e 55-65  $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  em atletas altamente treinadas<sup>12</sup>.

O limiar anaeróbico também melhora com o nível de treinamento em ambos os sexos. Em indivíduos não treinados, encontra-se em torno de 40% a 60% do  $VO_2$  máximo, enquanto que nos atletas pode atingir até 85% do  $VO_2$  máximo alcançado.

É importante salientar que em atletas com hipertrofia ventricular, a medida de  $VO_2$  acima de 50  $ml \cdot min^{-1} \cdot Kg^{-1}$  é um ponto de corte para a exclusão de patologia<sup>13</sup>.

Com a idade, há um declínio fisiológico da capacidade aeróbica em ambos os sexos, entretanto, este parece ser mais acentuado no sexo masculino. Também foi demonstrado que a menopausa parece não afetar a capacidade cardiovascular de mulheres corredoras<sup>14</sup>.

### *Parâmetros eletrocardiográficos*

Durante o esforço, geralmente ocorre uma normalização das alterações eletrocardiográficas encontradas ao repouso, tanto nos atletas do sexo masculino, como do feminino. É frequente a ocorrência de arritmias supraventriculares e ventriculares não complexas durante o esforço e recuperação (ectopia isolada e pareada), bem como de bloqueio átrio-ventricular de primeiro e segundo grau (tipo Mobitz I) na recuperação.

### **Ecodopplercardiograma**

A medida do septo interventricular e da parede do ventrículo esquerdo na diástole define a espessura da parede ventricular. Há um aumento da espessura da parede ventricular esquerda, que fisiologicamente deve ser de aspecto homogêneo e simétrico, de magnitude inferior a 16 mm e associado ao aumento das cavidades cardíacas, especificamente do ventrículo esquerdo, sendo este maior que 54 mm e geralmente menor que

65 mm<sup>15</sup>. As funções sistólica e diastólica, bem como a fração de ejeção, devem ser normais.

A presença de espessura de parede ventricular acima de 16 mm indica uma alteração patológica e até 13 mm provavelmente fisiológica. Entretanto, valores entre 13 e 15 mm, que podem ser encontrados nos atletas altamente treinados, trazem a maior dificuldade para diferenciação com a miocardiopatia hipertrófica, compondo a chamada “gray zone”, na qual há a necessidade de avaliação detalhada de vários outros critérios<sup>16</sup>.

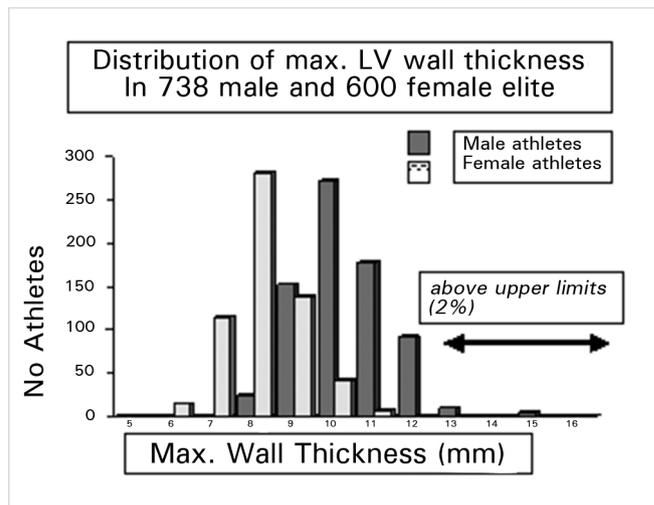
Muitos estudos avaliaram o espessamento da parede ventricular esquerda e o tamanho da cavidade do ventrículo esquerdo pelo ecocardiograma (modo M)<sup>17,18</sup>. Entretanto, a maioria deles foi realizada com atletas caucasianos, com idade entre 18 e 35 anos e do sexo masculino. As adaptações morfológicas cardíacas induzidas pela atividade física em mulheres nunca foram descritas de forma semelhante às encontradas nos homens. Tal ausência foi atribuída a alguns fatores, entre eles: volume e intensidade de treinamento entre as mulheres historicamente menor que o praticado pelos homens, tamanho corporal menor, maiores níveis de hormônios androgênicos que proporcionam maior síntese proteica e capacidade muscular nos homens, e possíveis alterações genéticas que impossibilitariam essas adaptações em mulheres.

No entanto, a partir de meados da década de 1990, vários estudos têm demonstrado que o remodelamento cardíaco induzido pela prática de atividade física ocorre em ambos os gêneros, mas em mulheres essas adaptações têm algumas características diferentes e são quantitativamente menores que nos homens, mesmo quando indexadas para a sua superfície corporal.

Mulheres atletas submetidas à prática de atividade física crônica e intensa apresentam espessura de septo e parede posterior do ventrículo esquerdo, cavidade ventricular, tamanho atrial esquerdo e massa ventricular esquerda relativamente maiores do que as de mulheres sedentárias, porém, menores que as de homens atletas de características semelhantes.

Em um grande estudo europeu<sup>19</sup> com 600 atletas brancas, altamente treinadas durante média de 9 anos, de 27 modalidades esportivas diferentes, a medida do septo variou entre 6 e 12 mm, mas raramente passou dos 10 mm (apenas 9 atletas), contrapondo à média dos atletas masculinos comparados (n = 738, de características semelhantes de idade, raça, modalidade esportiva e intensidade de treino) que, frequentemente, ultrapassaram os 12 mm, chegando a atingir os 16 mm (Figura 1). Em relação às dimensões da cavidade do ventrículo esquerdo, as medidas das mulheres atletas variaram de 40 a 66 mm (apenas 8% acima de 54 mm), dos homens atletas entre 44 e 66 mm, enquanto que as das mulheres sedentárias raramente ultrapassaram os 50 mm. As medidas de massa ventricular esquerda e de átrio esquerdo também apresentaram aumento significativo quando comparados com mulheres sedentárias, mas foram menores em relação aos homens atletas. Em medidas absolutas, foram demonstrados, então, nestas mulheres atletas, em relação às sedentárias,

valores de dimensão da cavidade ventricular esquerda 6%, atrial esquerda 4%, espessamento máximo de parede ventricular 14% e massa indexada do ventrículo esquerdo 25% maiores; em relação aos homens atletas estes valores foram 11%, 14%, 23% e 31% menores, respectivamente.



**Figura 1.** Athlete's Heart in Women: Echocardiographic Characterization of Highly Trained Elite Female Athletes. Pelliccia, Antonio; Maron, Barry; Culasso, Franco; Spataro, Antonio; Caselli, Giovanni. JAMA. 276(3):211-215, July 17, 1996<sup>19</sup>. Distribution of maximum left ventricular wall thickness in the 600 female athletes (black bars). For comparison, distribution of maximum wall thickness in a group of 738 male athletes, of the same origin, range and spectrum of sport disciplines participated, is shown (gray bars). While 2% of these athletes exceed upper normal limits (i.e., 12 mm) women rarely have wall thickness greater than 11 mm and none exceeds the normal limit.

Em uma meta-análise<sup>20</sup> que incluiu 13 estudos sobre morfologia e função cardíaca em mulheres atletas, concluiu-se que a cavidade ventricular esquerda atinge 66 mm e a espessura de parede ventricular 12 mm, no máximo. Entretanto, a etnia também parece influenciar nessas alterações. Um grande estudo<sup>21</sup> com atletas mulheres negras comparadas com atletas brancas, de idade e tamanho semelhantes e com treinamento em esportes idênticos, demonstrou que a espessura da parede ventricular pode ser maior nas de raça negra, atingindo até 13 mm (3% apresentaram medidas maiores que 11 mm).

Considerando tais dados de literatura, podemos dizer que a atividade física intensa na mulher parece não ser um estímulo capaz de gerar um aumento na espessura ventricular que atinja valores que possam ser considerados patológicos como nos atletas do sexo masculino, quando muitas vezes os níveis alcançam valores da chamada “gray zone”.

### Ressonância cardíaca

Confirma os achados de aumento de cavidades e espessura ventricular esquerda. Mas o dado mais importante é a ausência de realce tardio ou sinais de fibrose intersticial, que poderiam evidenciar a presença de cardiopatias adjacentes.

A definição do coração de atleta é particularmente importante para que se possam diferenciar as alterações cardiológicas encontradas entre adaptações fisiológicas e patologias cardíacas pré-existentes, principalmente a miocardiopatia hipertrófica, pois esta tem sido descrita como a maior causa de morte súbita entre os atletas.

## CONCLUSÃO

As alterações adaptativas cardiovasculares, conhecidas como coração de atleta, são evidenciadas também em coração de mulheres atletas. Do ponto de vista fisiológico, ocorrem de maneira semelhante ao homem, apresentando um controle cardiovascular no exercício dinâmico e capacidade de realização de esforço submáximo iguais; entretanto, do ponto de vista funcional e estrutural cardíaco, ocorrem em menor magnitude, com aumento menor do volume sistólico e valores absolutos inferiores de consumo máximo de oxigênio, prevalência menor de alterações eletrocardiográficas e raramente apresentando critérios ecocardiográficos que definam a presença de hipertrofia ventricular. As medidas são, com frequência, no limite superior do considerado como a normalidade dos critérios atuais.

Sendo assim, a caracterização de coração de atleta é realizada com maior facilidade em homens do que em mulheres e a diferenciação com patologias como a miocardiopatia hipertrófica parece ser um dilema restrito aos atletas do sexo masculino.

Porém, ainda necessitamos de mais estudos com atletas mulheres e, talvez, de uma reavaliação dos critérios de normalidade para os achados em exames nesta população.

## REFERÊNCIAS

1. Sengenis P. Women in sport. *Encyclopaedia of Sports Medicine: cardiovascular issues*. Saint Louis: Blackwell and Science; 2000. p.241-8.
2. Andronikos M, Yalouris N, Kakridis I Th, Karayorga-Stathakopoulou Th, Kyrkos V, et al. *I Giochi Olimpici nella Grecia Antica*. Athens: Ekdrotike Athenon; 1976.
3. Miragaya A. The female Olympian. In: Da Costa L. *Olympic studies current intellectual crossroads*. Rio de Janeiro: Editora Gama Filho; 2002.
4. Baggish AL, Wood MJ. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*. 2011;123(23):2723-35. PMID: 21670241 DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.981571>
5. Sharma S. Athlete's heart—effect of age, sex, ethnicity and sporting discipline. *Exp Physiol*. 2003;88(5):665-9. PMID: 12955167 DOI: <http://dx.doi.org/10.1113/eph8802624>
6. Drezner JA, Fischbach P, Froelicher V, Marek J, Pelliccia A, Prutkin JM, et al. Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med*. 2013;47(3):125-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2012-092068>
7. Gati SG, Papadakis MP, Rawlins JR, Sheikh NS, Zaidi AZ, Ghani SG, et al. Sex specific electrocardiographic differences in highly trained athletes: relevance to pre-participation cardiovascular evaluation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2011;18(Suppl 1):S55.
8. Sullivan MJ, Cobb FR, Higginbotham MB. Stroke volume increases by similar mechanisms during upright exercise in normal men and women. *Am J Cardiol*. 1991;67(16):1405-12. PMID: 2042572 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9149\(91\)90472-W](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9149(91)90472-W)
9. Ghorayeb N, Barros Neto T. *O exercício: preparação fisiológica, avaliação médica, aspectos especiais e preventivos*. São Paulo: Atheneu; 1999.
10. Batlouni M, Schwartz HJ, Ghorayeb N. *Eletrocardiograma*. In: Ghorayeb N, Dioguardi GS (orgs). *Tratado de cardiologia do exercício e esporte*. São Paulo: Atheneu; 2007.
11. Wilmore JH. The application of science to sport: physiological profiles of male and female athletes. *Can J Appl Sport Sci*. 1979;4(2):103-15. PMID: 533623
12. Cohen-Solal A, Carré F. *Practical guide to cardiopulmonary exercise testing*. Philadelphia: Elsevier Masson; 2009.
13. Ghorayeb N, Costa RVC, Castro I, Daher DJ, Oliveira Filho JA, Oliveira MAB, et al. Diretriz em cardiologia do esporte e exercício da Sociedade Brasileira de Cardiologia e da Sociedade Brasileira de Medicina Esportiva. *Arq Bras Cardiol*. 2013;100(1Supl.2):1-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/abc.2013s002>
14. Hossack KF, Bruce RA. Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: comparison of age-related changes. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982;53(4):799-804. PMID: 7153117
15. Whyte GP, George K, Nevill A, Shave R, Sharma S, McKenna WJ. Left ventricular morphology and function in female athletes: a meta-analysis. *Int J Sports Med*. 2004;25(5):380-3. PMID: 15241719 DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2004-817827>
16. Maron BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med*. 2003;349(11):1064-75. PMID: 12968091 DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMr022783>
17. Maron BJ. Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1986;7(1):190-203. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(86\)80282-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(86)80282-0)
18. 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*. 1983;67(4):896-901. PMID: 6825246 DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.67.4.896>
19. Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, Spataro A, Caselli G. Athlete's heart in women. Echocardiographic characterization of highly trained elite female athletes. *JAMA*. 1996;276(3):211-5. PMID: 8667565 DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.1996.03540030045030>
20. Rawlins J, Bhan A, Sharma S. Left ventricular hypertrophy in athletes. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(3):350-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ejechocard/jep017>
21. Rawlins J, Carre F, Kervio G, Papadakis M, Chandra N, Edwards C, et al. Ethnic differences in physiological cardiac adaptation to intense physical exercise in highly trained female athletes. *Circulation*. 2010;121(9):1078-85. PMID: 20176985 DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.917211>