

Joaquim Moreira Castanheira

PARTICIPAÇÃO DESPORTIVA, CRESCIMENTO, MATURAÇÃO E PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS EM JOVENS MASCULINOS PERI-PUBERTÁRIOS

Tese de Doutoramento em Ciências do Desporto, ramo de Atividade Física e Saúde, orientada pelos Senhores Professores Doutores Manuel João Coelho e Silva e António José Barata Figueiredo e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Setembro de 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Joaquim Moreira Castanheira

**PARTICIPAÇÃO DESPORTIVA, CRESCIMENTO, MATURAÇÃO E
PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS EM JOVENS MASCULINOS
PERI-PUBERTÁRIOS**

Tese de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, com vista à obtenção do grau de Doutor em Ciências do Desporto, no Ramo de Atividade Física e Saúde.

Orientadores:

Professor Doutor Manuel João Coelho e Silva

Professor Doutor António José Barata Figueiredo

COIMBRA

2014

Castanheira, J. (2014). *Participação desportiva, crescimento, maturação e parâmetros ecocardiográficos em jovens masculinos peri-pubertários*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal.

"In memoriam" das duas mulheres mais importantes da minha vida:

Minha Mãe e Minha Esposa:

† *Aida Antunes Moreira* (10/08/1940 – 22/05/1972)

† *Maria Edite Soares Ventura Castanheira* (18/02/1966 – 23/06/2014)

AGRADECIMENTOS

Apesar das muitas horas de solidão, uma tese de doutoramento reflete também o contributo de outros sem os quais seria mais difícil a sua conclusão e a quem quero expressar os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor Manuel João Coelho e Silva pelo seu apoio permanente, tanto do ponto de vista científico como de suporte pessoal durante dias muito difíceis da minha vida. Sem a sua preocupação permanente, bem como o seu constante incentivo para remar contra as dificuldades, provavelmente não seria possível a realização desta tese dentro dos prazos previamente estabelecidos. Possivelmente aprende-se mais observando apenas a sua forma de trabalho e liderança, do que a ler grandes tratados de investigação científica. Muito obrigado por tudo.

Ao Professor Doutor António José Barata Figueiredo por apesar do seu alto cargo nos órgãos diretivos da Faculdade, ter tido sempre tempo e disponibilidade para me ouvir e ajudar a resolver os problemas que foram surgindo durante estes anos. Não vou esquecer o dia em que no seu gabinete me disse “eu não vou permitir que desista”. Muito obrigado por tudo.

Ao amigo Mestre João Valente dos Santos por toda a ajuda e apoio ao longo desta tese. A sua inteligência, capacidade de trabalho e organização são difíceis de igualar nos tempos que correm. Com certeza que terá um grande futuro pela frente e em mim um amigo sempre ao dispor.

Ao colega e amigo Professor Doutor Telmo Pereira pelas sugestões e revisão final da tese.

Aos órgãos de gestão da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, nomeadamente na pessoa do seu Presidente e amigo Mestre Jorge Conde pelas facilidades concedidas na organização dos tempos letivos bem como no incentivo para que esta tarefa fosse levada até ao fim.

A todos os participantes nesta tese, atletas e escolares que constituíram o grupo de controlo, pela dedicação e paciência que sempre demonstraram na recolha dos dados.

Ao meu Pai, à tia Manuela, aos meus irmãos, aos meus sogros, restante família e amigos por todo o apoio e carinho demonstrado.

Por último, mas o mais importante. **À Edite, à Patricia e à Catarina.** Apesar da doença presente ao longo destes anos, sempre souberam suportar heroicamente a minha ausência, demonstrando nas muitas horas difíceis que viveram, uma paciência, compreensão, solidariedade e carinho que para mim será difícil de retribuir. À Edite, que tudo suportou na doença para ver este trabalho finalizado e não conseguiu, a melhor homenagem que lhe posso fazer, esteja onde estiver, foi conseguir forças para a sua conclusão.

Um Eterno Muito Obrigado.

O trabalho apresentado nesta tese foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (Ministério da Educação e Ciência).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA



GRUPO
DE RECURSOS
ESTRATÉGICO
NACIONAL



RESUMO

A presente tese, organizada em quatro estudos transversais, pretende identificar um conjunto de variáveis suscetíveis de explicar o efeito do treino continuado na remodelagem cardíaca em jovens atletas do sexo masculino. Simultaneamente, disponibiliza-se uma perspetiva geral sobre as adaptações cardiovasculares crónicas ao treino, bem como sobre os limites fisiológicos do ventrículo esquerdo (VE). Os dois primeiros estudos compreendem um alinhamento de complementaridade. A amostra do estudo 1 (n=30, 15.37±0.61 anos) foi constituída por atletas internacionais que representaram Portugal nos campeonatos da Europa das respetivas modalidades e por adolescentes saudáveis não atletas (n=28, 15.22±1.27 anos). A amostra do estudo 2 (n=164, 15.28±0.76 anos) foi constituída por atletas de várias modalidades desportivas de clubes portugueses com prática desportiva federada há mais de 5 anos. Com estes dois estudos, pretendeu-se avaliar a morfologia do VE entre atletas adolescentes de elite e não atletas realçando-se a associação entre a massa ventricular esquerda (MVE) e a estatura, bem como identificar a influência da prática de diferentes modalidades desportivas sobre a remodelagem cardíaca. A amostra do estudo 3, foi constituída por jovens basquetebolistas de nível local (n=45, 15.10±0.57 anos) e de nível internacional (n=64, 15.35±0.51) e com ele pretendeu-se avaliar, dentro da mesma modalidade desportiva, (i) a interdependência entre descritores de tamanho e composição corporal com os efeitos da idade cronológica e do estado maturacional recorrendo à modelação alométrica proporcional e (ii) comparar os principais parâmetros relativos à morfologia do VE entre jogadores de nível local e de nível internacional. Por último, com o estudo 4, cuja amostra é constituída por judocas convocados para os estágios da seleção nacional da Federação Portuguesa de Judo (n=79, 15.6±0.8 anos), pretendeu-se avaliar a inter-relação multivariada entre os descritores de tamanho corporal e os parâmetros do VE, e examinar a relação entre os segundos e as componentes do somatótipo.

A partir da análise dos principais resultados, os estudos efetuados mostram que: (i) o diâmetro das cavidades esquerdas e da raiz da aorta, a espessura das paredes do VE, a massa e o índice de massa ventricular esquerda dos jovens atletas são superiores às dos jovens não atletas; (ii) a variação das dimensões cardíacas não pode ser apenas atribuível à metodologia de treino utilizada; (iii) a relação entre a massa ventricular

esquerda e o tamanho corporal é não linear; *(iv)* a estatura não foi um bom preditor único para a MVE e as análises alométricas proporcionais indicaram que, após o ajuste para o efeito da estatura, é necessário considerar a estatura matura predita como covariável simultânea; *(v)* a maturação somática, o endomorfismo e o mesomorfismo estão diretamente associados ao diâmetro e à espessura das paredes do ventrículo esquerdo, mas a associação com o ectomorfismo é inversa; *(vi)* a morfologia do ventrículo esquerdo acompanha o incremento da morfologia externa, tanto ao nível da robustez músculo-esquelética, como a nível da sobrecarga ponderal atribuível à adiposidade relativa; *(vii)* valores estatura-ponderais elevados, independentemente do tamanho absoluto da estatura, tendem a associar-se inversamente com as dimensões do VE.

Palavras-chave: Adolescência, Jovens Atletas, Crescimento, Maturação Biológica, Composição Corporal, Somatótipo, Remodelagem Cardíaca, Ventrículo Esquerdo, Massa Ventricular Esquerda, Treino Desportivo, Ecocardiograma, Morte Súbita.

ABSTRACT

The present thesis, organized into four cross-sectional studies, aims to identify a set of variables likely to explain the effect of continued training on cardiac remodelling in young male athletes. At the same time, offers a general perspective on chronic cardiovascular adaptations to training, as well as about the physiological limits of the left ventricle (LV). The first two studies embrace an alignment of complementarity. The sample of study 1 comprised thirty highly trained male athletes (15 roller hockey players and 15 basketball players; 15.37 ± 0.61 years) who represented Portugal in the respective European Championships and by twenty eight age matched healthy non-athletes (15.22 ± 1.27 years). Study 2 was composed of athletes from several sports ($n=164$; 15.28 ± 0.76 years) that had been engaged in formal training and competition for at least 5 years. The aforementioned studies aimed to examine the contribution of body size and sport participation to changes of LV morphology, as well as to identify the influence of the practice of different sports on cardiac remodelling. The sample of study 3 included forty five local (15.10 ± 0.57 years) and sixty four international basketball players (15.35 ± 0.51 years). Objectives were twofold: firstly, to independent and combined effects of age, biological maturity status, body size and body composition to explain the inter-individual variability in LV mass (LVM) using proportional allometric modelling and, secondly to evaluate the contributions of these variables to the discrimination of players by competitive level (international versus local). Finally, study 4, comprised 79 male competitive judo athletes aged 15.6 ± 0.8 years that participated in the national tem preparation internships of the Portuguese Judo Federation. The purpose of this study was to determine the interrelationship between multivariate descriptors of body size and parameters of LVM, and to examine the relationships between echocardiographic dimensions and the Heath-Carter anthropometric somatotype.

Overall, studies' results highlighted that: (i) young elite athletes showed significant higher telediastolic and telesistolic diameters of the LV, thickness of interventricular septum in diastole, thickness of the posterior wall of the LV, diameter of left atrium, aortic root diameter, LVM and LVM index than the non-athletes, even after adjusting for stature; (ii) the variation of cardiac dimensions cannot be solely attributable to the nature of training; (iii) nonlinear relationships were apparent between

body size descriptors and LVM; (iv) stature alone did not adequately normalize LVM and the proportional allometric modelling indicated that after adjusting for the effects of stature, it was also necessary to consider predicted mature stature as a simultaneous covariate; (v) somatic maturity, endomorphy and mesomorphy are positively associated with the telediastolic and telesistolic diameters of the LV, thickness of interventricular septum in diastole and thickness of the posterior wall of the LV, but the association with Ectomorphy is inverse; (vi) LV morphology follows the increase of body morphology, both at the musculoskeletal level and at the overload attributable to relative fatness; (vii) High ponderal values, regardless of the absolute stature, tend to be inversely associated with LV dimensions.

Keywords: Youth, Young Athletes, Growth, Biological Maturation, Body Composition, Somatotype, Cardiac Remodelling, Left Ventricle, Left Ventricular Mass, Sports Training, Echocardiography, Sudden Death.

ÍNDICE

Agradecimentos	V
Resumo	IX
Abstract	XI
Lista de Tabelas	XVII
Lista de Figuras	XIX
Abreviaturas	XXI

Capítulo I

1. Introdução Geral	3
1.1. Preâmbulo	3
1.2. Crescimento, maturação biológica e treino	4
1.3. Influência do treino na remodelagem cardíaca	6
1.4. Adaptações crônicas do coração ao treino	7
1.5. Estudos ecocardiográficos em jovens atletas e não atletas	9
1.6. Limites fisiológicos do ventrículo esquerdo	12
A espessura das paredes	12
A cardiomiopatia hipertrófica	13
Os diâmetros do ventrículo esquerdo	16
1.7. Questões a considerar na verificação da aptidão do atleta	17
1.8. O exame ecocardiográfico	18
1.9. Avaliação do ventrículo esquerdo	20
Determinação da massa ventricular esquerda	21
1.10. Importância do ecocardiograma no estudo do coração de jovens atletas	21
1.11. Objetivos do estudo e organização interna da tese	22

Capítulo II

2. Considerações metodológicas	27
2.1. Antropometria	28

2.2. Idade cronológica e maturação biológica	28
2.3. Somatotipologia.....	29
2.4. Avaliação ecocardiográfica	30
2.5. Variabilidade intra-observador	31
2.6. Observadores, referências a projetos e equipamentos.....	32

Capítulo III: Estudo 1

3. Morfologia do ventrículo esquerdo em adolescentes: comparação entre atletas de elite e não-atletas.....	37
3.1. Introdução.....	37
3.2. Métodos	38
População estudada	38
Exame físico.....	39
Avaliação ecocardiográfica	40
Variabilidade intra-observador.....	41
Análise estatística	42
3.3. Resultados.....	42
3.4. Discussão.....	47
3.5. Conclusão	49

Capítulo IV: Estudo 2

4. Influência da modalidade desportiva na remodelagem cardíaca: estudo em jovens atletas de elite	53
4.1. Introdução.....	53
4.2. Métodos	55
Amostra	55
Antropometria de corpo todo	56
Avaliação ecocardiográfica	56
Análise estatística	58
4.3. Resultados.....	59

4.4. Discussão	64
4.5. Limitações	66

Capítulo V: Estudo 3

5. Massa ventricular esquerda em jovens basquetebolistas: modelação para o tamanho adotando diferentes descritores	71
5.1. Introdução	71
5.2. Metodologia.....	73
Amostra	73
Idade cronológica e maturação biológica	73
Antropometria	74
Avaliação ecocardiográfica	74
Qualidade dos dados.....	74
Análise estatística	75
5.3. Resultados.....	76
5.4. Discussão	83

Capítulo VI: Estudo 4

6. Inter-relação multivariada entre a morfologia do corpo todo, somatotipologia e parâmetros ecocardiográficos: análise de correlações canónicas em judocas adolescentes do sexo masculino	89
6.1. Introdução	89
6.2. Metodologia.....	91
Amostra	91
Antropometria	91
Idade cronológica e maturação biológica	92
Somatotipologia.....	92
Avaliação ecocardiográfica	93
Análise estatística	95
6.3. Resultados.....	96

6.4. Discussão	102
Capítulo VII: Discussão geral e conclusões	109
O efeito do treino na remodelagem do ventrículo esquerdo	111
Massa ventricular esquerda	114
Função sistólica do ventrículo esquerdo	114
Somatótipo e morfologia do ventrículo esquerdo	114
Abordagem diagnóstica na seleção do atleta.....	115
Principais conclusões	116
Referências bibliográficas	121

LISTA DE TABELAS

Capítulo III: Estudo 1

Tabela 3.1. Características da amostra total do estudo (n=58).....	43
Tabela 3.2. Comparação entre o grupo de atletas (n=30) e o grupo de não atletas (n=28).....	44
Tabela 3.3. Médias ajustadas (erro padrão) para os grupos de atletas e não atletas e resultados da análise da covariância (ANCOVA), controlando para o efeito da estatura, para testar a variação das medidas do ventrículo esquerdo associadas ao estatuto de participação desportiva.....	46

Capítulo IV: Estudo 2

Tabela 4.1. Características da amostra total do estudo (n=64).....	59
Tabela 4.2. Frequências absolutas de adolescentes observados por grupo etário, considerando a classificação por modalidade desportiva.....	60
Tabela 4.3. Variação associada à idade para a totalidade da amostra de atletas	61
Tabela 4.4. Características da amostra de atletas organizados por modalidade desportiva e análise da variância para testar a variação associada à modalidade praticada.....	63

Capítulo V: Estudo 3

Tabela 5.1. Estatística descritiva para o total da amostra de jovens basquetebolistas (n=109).....	78
Tabela 5.2. Modelação alométrica tendo como variável dependente a massa ventricular esquerda (MVE) utilizando diferentes descritores de tamanho e composição corporal em jovens basquetebolistas (n=109).....	79

Tabela 5.3. Modelação alométrica multiplicativa para estimar a massa do ventrículo esquerdo (MVE) combinando descritores corporais e cronovariáveis em jovens basquetebolistas (n=109).....	80
Tabela 5.4. Comparação entre os jogadores de nível local (n=45) e nível internacional (n=65) para tamanho corporal, adiposidade e parâmetros do ventrículo esquerdo normalizados para diferentes descritores de tamanho corporal.....	82

Capítulo VI: Estudo 4

Tabela 6.1. Estatística descritiva para a totalidade da amostra em judocas adolescentes (n=79)	97
Tabela 6.2. Resultados da análise de correlações canónicas entre as medidas de morfologia de corpo todo (estatura, índice e androginia, massa gorda e massa isenta de gordura) e as dimensões do ventrículo esquerdo para a totalidade da amostra de judocas (n=79)	100
Tabela 6.3. Resultados da análise de correlações canónicas entre o somatótipo e as dimensões do ventrículo esquerdo para a totalidade da amostra de judocas (n=79).....	101

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I: Introdução geral

Figura 1.1. Ecocardiograma dum corte paraesternal-longitudinal do VE. Hipertrofia concêntrica fisiológica num atleta (a) e hipertrofia do SIV (b) num doente com cardiomiopatia hipertrófica..... 14

Figura 1.2. Ecocardiograma dum corte paraesternal- longitudinal do VE. Diâmetro normal (a) e dilatação do VE (b) num doente com cardiomiopatia dilatada..... 17

Figura 1.3. Imagens dum ecocardiograma: a) modo-M do VE; b) Corte bidimensional apical-4C do VE; c) doppler contínuo do fluxo aórtico 19

Capítulo III: Estudo 1

Figura 3.1. Associação entre a massa do ventrículo esquerdo (MVE) e a estatura, considerando a amostra total (painel **a**), o grupo de atletas (painel **b**) e o grupo de não atletas (painel **c**)..... 45

Capítulo VI: Estudo 4

Figura 6.1. Regressão linear simples entre a massa do ventrículo esquerdo e a idade cronológica para a totalidade da amostra de judocas (n=79) 98

Figura 6.2. Regressão linear simples entre a massa do ventrículo esquerdo e a variável de maturação biológica dada pela altura medida expressa em percentagem da estatura estimada para a totalidade da amostra de judocas (n=79) 98

Figura 6.3. Cargas de cada uma das variáveis da solução inicial com a respetiva variável canónica, isto é, a preto as medidas de maturação somática e tamanho corporal e a cinzento as medidas simples obtidas do exame ecocardiográfico e que estão na base da determinação da MVE (n=79) 103

Figura 6.4. Cargas de cada uma das variáveis da solução inicial com a respetiva raiz canónica, isto é, a preto estão as medidas de maturação somática e as três componentes primárias do e a cinzento as medidas simples obtidas do exame ecocardiográfico e que estão na base da determinação da MVE (n=79) 105

ABREVIATURAS

AE	Aurícula esquerda
AEE	Associação Europeia de Ecocardiografia
ANCOVA	Análise das covariância
ANOVA	Análise da variância
AST	Área de seção transversa
DAE	Diâmetro da aurícula esquerda
DC	Débito cardíaco
DIVE	Diâmetros internos do ventrículo esquerdo
DRAO	Diâmetro da raiz da aorta
DtsVE	Diâmetro telesistólico do ventrículo esquerdo
DtVE	Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo
EMP	Estatua matura predita
EPR	Espessura parietal relativa
EtPPVE	Espessura telediastólica da parede posterior do ventrículo esquerdo
EtSIV	Espessura telediastólica do septo interventricular
FC	Frequência cardíaca
FCDEF	Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física
FejVE	Fração de ejeção do ventrículo esquerdo
FenVE	Fração de encurtamento do ventrículo esquerdo
IC	Idade cronológica
IE	Idade esquelética
IR	Investigador responsável
IMVE	Índice de massa ventricular esquerda
LC	Limites de concordância
MS	Morte súbita
MVE	Massa ventricular esquerda
PPVEd	Parede posterior do ventrículo esquerdo em telediástole
PVC	Pico de velocidade de crescimento
SAE	Sociedade americana de ecocardiografia

SC	Superfície corporal
SEC	Sociedade europeia de cardiologia
SIVd	Septo interventricular em telediástole
VE	Ventrículo esquerdo
VTDVE	Volume telediastólico do ventrículo esquerdo
VTI	Integral velocidade/tempo
VTSVE	Volume telesistólico do ventrículo esquerdo

Capítulo I

Introdução Geral

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Preâmbulo

O coração é o primeiro órgão a ser formado durante o período embrionário. A partir desse momento, a vida do novo organismo depende da sua capacidade para levar oxigênio e nutrientes a todos os sistemas em desenvolvimento. Durante a vida intrauterina os seus lados direito e esquerdo apresentam volumes semelhantes, com 59% do débito cardíaco (DC) realizado pelo ventrículo direito e 41% pelo ventrículo esquerdo (VE) (Mielke et al., 2001). Mas, após o nascimento, o lado esquerdo e em particular o VE, cresce mais rapidamente que o lado direito e altera-se o relaxamento e o volume de enchimento ventricular, bem como as resistências vasculares sistêmica e pulmonar (Harada et al., 1994). Embora as funções cardíacas sistólica e diastólica se vão modificando à medida do desenvolvimento e maturação do coração (Freyschuss et al., 1982; Hornberger, 2006; Zielinsky, 2002), ainda não se conhece, com exatidão, quando é que a função cardíaca humana atinge a sua maturação e performance máxima.

Dado que as células cardíacas têm uma baixa capacidade de divisão (Olson, 2004), o aumento do seu tamanho bem como da espessura das paredes do VE está diretamente relacionado com a necessidade de bombear o sangue contra uma maior pressão e resistência (Malina et al., 2004). Este aumento de tamanho do coração durante a aceleração do crescimento, ocorre geralmente de modo proporcional à massa corporal (Malina et al., 2004) e fundamentalmente à custa do seu diâmetro transversal (Bliss et al., 1950; Lincoln et al., 1928; Maresh, 1948). Embora a massa ventricular esquerda (MVE) seja semelhante no género masculino e feminino até aos 9-12 anos de idade, posteriormente o seu aumento é mais rápido nos rapazes, mesmo controlando os resultados para a massa corporal.

A nível ecocardiográfico, o coração dum atleta pode ser analisado tanto do ponto de vista morfológico como funcional, permitindo contribuir para o diagnóstico de eventuais cardiomiopatias. No entanto, embora estes aspetos estejam bem definidos no caso do atleta adulto do sexo masculino, poucos estudos têm focado a sua atenção no caso dos atletas pubertários. Estas alterações estruturais observadas fundamentalmente a

nível do VE, podem ser explicadas por mecanismos de controlo da remodelagem ventricular associadas não só ao tamanho corporal, mas também a outros fatores que contribuem para a variância neste traço complexo e multifactorial em adolescentes saudáveis. Por exemplo, só a hereditariedade estimada na estrutura cardíaca contribui com 30-70% (Arnett, et al., 2004; Eisenmann, et al., 2007). Adicionalmente, a especificidade da variabilidade encontrada para as dimensões do VE em adultos, está associada ao tamanho corporal o qual determina até 50% dessa variabilidade (Pelliccia et al., 1999).

No domínio do treino desportivo para crianças e jovens, são ainda escassos os trabalhos que: *(i)* descrevem um conjunto económico de caracteres susceptíveis de explicar o processo adaptativo da morfologia e função do VE; *(ii)* referem quais as respostas e adaptações ao exercício físico e ao treino; *(iii)* estudam as interações do treino com o metabolismo e a regulação endócrina nas crianças e jovens (Bar'or, 1983; Boule et al., 1989; Petrova et al., 1990). Com efeito, é nossa proposta nesta tese contribuir para a sua melhor compreensão e estudo. Embora o tema não seja novo nem recente é sem dúvida relevante e merecedor de investigação adicional.

1.2. Crescimento, maturação biológica e treino

A criança não é um adulto em miniatura. O seu crescimento natural inclui aspetos biológicos quantitativos a nível da hipertrofia e da hiperplasia celular e, a sua maturação, inclui fenómenos biológicos qualitativos relacionados com o amadurecimento das funções dos diferentes órgãos e sistemas (Malina et al., 2009; Massa et al., 2010).

Os processos de crescimento e maturação estão associados a grandes mudanças no tamanho corporal. Nos rapazes entre os 8 e os 16 anos e apesar das variações que podem existir de indivíduo para indivíduo, a massa corporal aumenta cerca de 160% e a estatura cerca de 40% (Rowland., 1996). Dado que a cada etapa deste crescimento correspondem determinadas características biológicas, a atividade física a que é sujeito também deve ser adaptada à sua fase de crescimento e os esforços a que é submetido (em frequência, intensidade e duração) não devem ser superiores à sua real capacidade.

Habitualmente os rapazes atingem a fase do pico de velocidade de crescimento (PVC) em estatura e força muscular no estágio maturacional 4 (considerando o padrão de desenvolvimento e distribuição da pilosidade púbica) descrito por Tanner (Pearson et al., 2006; Rogol et al., 2002) e esta também será a fase ideal para o início do treino visando desenvolver amplamente as suas capacidades de força, velocidade e resistência (Malina et al., 2009; Smith., 2003). No entanto, quando se estuda o desempenho de crianças e jovens em processo de crescimento, estes devem ser considerados como uma unidade morfofuncional que está em processo de desenvolvimento e não é fácil distinguir entre a influência exercida pela atividade física que praticam e a que resulta do seu normal processo de crescimento. É que as alterações características da maturação biológica são semelhantes às alcançadas através do treino e estudar os efeitos que têm os programas de treino nas dinâmicas de crescimento são assuntos que justificam um considerável estudo (Bailey et al.,1988; Obert et al., 1998; Rowland et al., 1998).

Apesar de muitas crianças e jovens participarem em desporto competitivo, ainda não se conhece com exatidão o impacto tanto agudo como crónico do treino intensivo na sua saúde, dado que este envolve um processo de *stress* repetitivo sobre tecidos e órgãos que estão em crescimento. No entanto, parece não haver evidências de que as alterações cardiovasculares provocadas pelo treino sejam prejudiciais à sua saúde, pelo contrário, os atletas parecem refletir uma eficiência funcional superior de que resulta um melhor rendimento (Rowland, 1993; Rowland, 1997).

Entende-se assim que, embora cada modalidade desportiva tenha especificações próprias quanto à idade em que deve ser iniciado o treino, é importante que os atletas e restantes agentes desportivos respeitem os processos de crescimento e maturação, de modo a que os atletas entrem em competição apenas quando alcançarem a idade biológica que lhes confere prontidão para as exigências de treino e competição. No entanto, o aparecimento de atletas expostos ao treino em idades cada vez mais jovens (Maffulli et al., 1988; Wiersma, 2000; Zauner et al., 1989;) coloca preocupações em saber até que ponto, o treino intensivo e a atitude competitiva durante os anos de crescimento representam ou não um risco para o seu desenvolvimento.

1.3. Influência do treino na remodelagem do ventrículo esquerdo

Apesar da cadência e do momento de crescimento poderem variar de indivíduo para indivíduo, os processos de crescimento e maturação estão associados às mudanças que ocorrem no seu tamanho corporal e o aumento do tamanho do coração durante a fase de crescimento ocorre geralmente de modo proporcional à massa corporal (Malina et al., 2004; Rowland, 1996). Embora na infância a relação entre o tamanho corporal e a MVE seja próxima, com o avançar da idade a variabilidade dessa relação aumenta significativamente, aumentando também a diferença entre os valores observados para a MVE e os valores preditos para o tamanho corporal respectivo (de Simone et al., 1995; de Simone et al., 1998; de Simone et al., 2000).

Obert et al. (1998) e Triposkiadis et al. (2002) ao estudarem o efeito do treino intenso e de longa duração em jovens nadadores (10-12 anos) mostraram a existência de alterações a nível do diâmetro interno do VE, mas não a nível da espessura das suas paredes nem nos parâmetros da sua função sistólica (frações de ejeção e de encurtamento). No entanto, o efeito do treino desportivo na estrutura cardíaca tem sido caracterizado como hipertrofia fisiológica do VE, a qual é habitualmente representada pelos aumentos do seu diâmetro telediastólico e da espessura das suas paredes (Futterman et al., 1998; George et al., 1999; Maron et al., 1986b; Pelliccia et al., 1997; Pierard, 2001).

Mas, nesta abordagem, tem também muita importância o tipo de desporto e a intensidade do treino que é realizado bem como o grau de influência de fatores genéticos e funcionais próprios do atleta (Hunter, 1985; Pelliccia et al., 2002). É que esta hipertrofia ventricular esquerda habitualmente designada de fisiológica, pode ser de tipo excêntrico, se implicar aumento da cavidade em diástole e um proporcional aumento da espessura das suas paredes, ou concêntrica se predominantemente houver aumentos na espessura das paredes sem alteração no tamanho da cavidade (Morganroth et al., 1975; Pierard, 2001). É também importante notar que estas alterações que habitualmente se verificam entre atletas e não atletas, embora estatisticamente significativas, normalmente são pequenas (Maron et al., 1995) e encontram-se dentro dos limites considerados normais para a população em geral (Feigenbaum, 1994).

1.4. Adaptações crónicas do coração ao treino

A primeira descrição clínica da adaptação do coração às cargas impostas pelo esforço, foi realizada por Henschen em 1899 numa equipa de esquiadores de “*cross-country*” na neve. Apenas através da percussão torácica colocou em evidência que estes atletas possuíam um aumento da massa cardíaca e que existia uma associação entre hipertrofia e dilatação do coração (Fagard, 2003; Maron et al., 2006a). Estas constatações clínicas apenas foram confirmadas anos mais tarde, graças aos dados fornecidos pela radiografia do tórax e pela ecocardiografia.

O processo de treino prolongado está assim associado a respostas adaptativas da estrutura cardíaca em atletas adultos, quando comparados com a população saudável da mesma idade não exposta ao treino (Abernethy et al., 2003; Baggish et al., 2010; Fagard et al., 1983; Legaz-Arrese et al., 2006; Maron et al., 1986b; Pelliccia et al., 1999; Pelliccia et al., 2002), no entanto, a remodelagem cardíaca também pode ser visível na pré-adolescência, mesmo após um curto período de treino (Zdravkovic, et al., 2010).

O exercício, ao aumentar as necessidades metabólicas do organismo, também provoca um aumento do DC com o objetivo de as satisfazer. Em indivíduos adultos devidamente treinados este pode atingir valores da ordem de 35-40 l/m durante o esforço máximo (Mitchell et al., 1994), embora este tipo de resposta só se verifique habitualmente em atletas de elite. Este facto implica que, em situações extremas, o tempo de contato alvéolo-capilar seja reduzido a índices críticos, o que impossibilita o sangue arterial de manter uma PO₂ normal. Quando tal sucede pode admitir-se que o limite máximo de aptidão aeróbia do atleta foi obtido (Johnson et al., 1992). É esta variabilidade de alterações hemodinâmicas e electrofisiológicas a que o coração está sujeito, associadas aos regimes de treino que lhe é imposto, que concorrem para um aumento das suas dimensões (Makan et al., 2005).

Deste modo, o exercício crónico dinâmico e o treino aeróbio, induzirão dilatação da cavidade ventricular esquerda durante a diástole, com um desenvolvimento proporcional das suas paredes e redução das resistências periféricas. Desenvolve-se assim uma hipertrofia ventricular esquerda de tipo excêntrico. Mas, atletas envolvidos em desportos com grande ênfase na força e potência muscular (como o halterofilismo), desenvolvem predominantemente aumento da espessura parietal sem alteração

significativa do diâmetro da cavidade, resultado da elevada pressão arterial sistémica e do aumento das resistências periféricas. Desenvolve-se assim, uma hipertrofia ventricular esquerda do tipo concêntrico (Escudero et al., 2006; Fagard, 1996; Fagard, 2003; Huonker et al., 1996; Madeira et al., 2008; Möckel et al., 1996; Sagiv et al., 2007). No entanto, a maioria das modalidades desportivas envolvem uma combinação de treino de resistência aeróbia e de força, e deste modo, além do aumento do diâmetro do VE provocam também o aumento da espessura das suas paredes em proporções diversas (Hoogsteen et al., 2004), mas harmoniosas. Aliás, as crianças e jovens raramente praticam desportos de força pura, podendo o treino aeróbio realizado numa tarefa motora com elevado grau de solicitação dos membros superiores, induzir respostas adaptativas de carácter marcadamente concêntrico (Gates et al., 2003).

Embora as alterações características da maturação biológica nos adolescentes e jovens sejam semelhantes às alcançadas através do treino, há estudos onde se constata que o adolescente atleta já tem uma espessura do septo interventricular em telediástole (SIVd) superior aos indivíduos sedentários da mesma idade. Sharma et al. (2002) num estudo efetuado em 720 atletas pós-pubertários, com idades entre os 14 e 20 anos, observou um aumento importante na espessura do SIVd dos atletas em relação ao grupo de controlo, embora apenas 0,4% tivessem espessuras superiores a 12 mm. No entanto, este aumento de espessura foi sempre associado a alguma dilatação simétrica da cavidade ventricular esquerda. Mas, também há trabalhos (Petridis et al., 2004; Rowland et al., 1994; Telford et al., 1988; Triposkiadis et al., 2002), que não colocam em evidência este aumento da espessura das paredes do VE em atletas adolescentes.

Há autores (Makan et al., 2005; Sharma et al., 2002) que referem que, tal como em atletas adultos, também o diâmetro da aurícula esquerda (DAE) está aumentado (embora habitualmente associado a aumento do diâmetro do VE) em atletas adolescentes sujeitos a treino físico regular e intenso. O género, a idade e o tipo de desporto praticado também influenciam este critério. No estudo acima citado de Sharma et al. (2002) os valores do DAE variaram entre os 19 mm e os 45 mm nos adolescentes do sexo masculino.

1.5. Estudos ecocardiográficos em jovens atletas e não atletas

Muitos dos valores utilizados como referência de normalidade para as dimensões cardíacas em crianças e adolescentes ainda são derivados de estudos das décadas de 1970 e 1980, os quais, dum modo geral incluíam pequenas amostras de lactentes, pré-escolares e adolescentes (Bonatto et al., 2006). Acresce ainda que, dada a ausência de valores de referência especificamente para esta população, habitualmente são usados padrões de normalidade de populações de outros países, o que pode induzir erros de interpretação dado que, fatores ambientais, socioeconômicos e raciais podem influenciar os seus padrões antropométricos.

Katzmarzyk et al. (1998) no âmbito da determinação das dimensões cardíacas em crianças, adolescentes e adultos jovens (8-25 anos de idade), saudáveis e não-obesos, reportam dados da primeira fase do *Québec Family Study*, onde adolescentes canadenses apresentam valores inferiores de diâmetro da cavidade ventricular esquerda, mas similares para variáveis diretas como as espessuras do SIVd e da parede posterior do VE em telediástole (PPVEd) de jovens atletas do mesmo grupo etário. Num estudo ainda mais recente, Eisenmann et al. (2007) descreveram a mesma tendência, embora tenha recorrido apenas aos dados da faixa etária compreendida entre os 9 e os 18 anos, da mesma amostra do estudo anterior. Na extrapolação das medidas diretas para as indiretas, os dados reportados para a MVE de adolescentes saudáveis (Eisenmann et al., 2007; Katzmarzyk et al., 1998) são inferiores aos encontrados para jovens atletas. No entanto, estes valores foram determinados através da fórmula desenvolvida na Universidade da Pensilvânia – Convenção de *Penn* (Devereux & Reichek, 1977).

Outra linha de trabalhos dedica-se à análise da relação entre a frequência cardíaca (FC), tamanho corporal e dimensões do VE em crianças, adolescentes e adultos (de Simone et al., 2001), com função diastólica normal. De Simone et al. (2001), ao avaliarem 819 indivíduos saudáveis, verificaram que nas crianças e adolescentes, a FC decresce com o incremento da estatura e massa corporal tanto nos rapazes como nas raparigas. O diâmetro do VE tende a ser superior nos rapazes, decrescendo com o aumento da FC em crianças e adolescentes. A FC apresenta assim uma relação inversa com o diâmetro do VE e a MVE em crianças e adolescentes.

Outros autores (Mandigout et al., 2002; Rowland et al., 1998; Zdravkovic et al., 2010) têm testado a hipótese de atletas pré-pubertários já apresentarem uma remodelagem cardíaca que os levasse a serem pré-selecionados de acordo com as suas maiores dimensões. Controlando para o tamanho corporal, confirma-se essa hipótese, porém, maiores dimensões cardíacas não se associam positivamente, nestas idades, ao processo de seleção desportiva.

Em Portugal, alguns estudos (Madeira et al., 2008) realizaram aproximações metodológicas diretas e indiretas similares às anteriores e indicam os jovens futebolistas e nadadores (15-16 anos de idade) como detentores de cavidades ventriculares menores comparativamente às de jovens hoquistas do mesmo grupo etário (Valente-dos-Santos, et al., 2010), mas com espessuras do SIVd e da PPVEd mais elevadas. Verifica-se também que nenhum dos grupos de atletas apresenta evidências clínicas de hipertrofia do VE, embora o perfil da cavidade ventricular seja marcadamente do tipo excêntrico.

Makan et al. (2005), num estudo realizado com 900 atletas de elite de desportos coletivos e individuais (70% rapazes), com 15-16 anos de idade, indicam valores médios das cavidades esquerdas e da espessura das paredes do VE significativamente superiores aos dos controlos para a mesma idade. No ténis, Basavarajaiah et al. (2007) referem valores muito próximos aos encontrados por Makan et al. (2005), acrescentando a informação de elevadas massas ventriculares (>226 g) quando comparados com as dos não atletas, embora o seu cálculo fosse efetuado com recurso à fórmula desenvolvida pela Sociedade Americana de Ecocardiografia (SAE) em 1977 (Sahn et al., 1978).

Obert et al. (1998) estudaram nadadores de 10-11 anos e embora tenham verificado algumas alterações nos diâmetros das cavidades cardíacas, o mesmo não foi observado na espessura das paredes do VE, nem nos parâmetros da função sistólica e diastólica, o que parece revelar que o efeito do treino de longa duração em jovens atletas pré-pubertários na função e estrutura cardíaca ainda não foi exaustivamente estudado.

Numa linha de estudos dedicada à especificidade das alterações na morfologia e função do VE, responsáveis pelo aumento do DC em crianças e jovens adultos, Nottin, et al. (2004), avaliaram por ecocardiograma 10 ciclistas adultos, 13 sedentários (controlo), 12 ciclistas adolescentes e 11 rapazes saudáveis não atletas. No grupo de adultos treinados, as adaptações na morfologia do VE incluíram aumento do diâmetro da cavidade, da espessura das paredes e da MVE. No grupo de adolescentes atletas, os

efeitos do treino na morfologia do VE são distintos, não se registrando uma verdadeira hipertrofia. Os efeitos do treino na função sistólica e diastólica do VE são idênticos entre os grupos de adolescentes e adultos. Nestes atletas o treino de resistência promoveu um aumento das propriedades de relaxamento do VE com pressões normais de enchimento, o que sugere uma tipologia de hipertrofia fisiológica uniforme com as cargas hemodinâmicas impostas ao coração.

Em geral, os valores avaliados nos jovens atletas resultantes do estudo das adaptações cardiovasculares, revelam-se de menor magnitude do que no atleta adulto, pelas próprias características dos primeiros, uma vez que o processo de maturação biológica ainda não está concluído, o que implica uma menor dimensão das respostas catecolaminérgicas (Ghorayeb et al., 2005) e influência mais difusa dos fatores de crescimento, tornando difícil isolar a influência destes, da influência do treino desportivo (Pavlik et al., 2001).

Do que ficou exposto, pode concluir-se que o treino desportivo prolongado pode promover alterações morfológicas e funcionais no coração, dando origem ao conhecido “coração de atleta”, caracterizado fundamentalmente por dilatação, hipertrofia fisiológica e aumento da MVE (Somauroo et al., 2001). No caso dos adultos, esta clássica associação hipertrofia-dilatação do VE é relatada numa forma harmoniosa, fundamentalmente devida à hipertrofia dos cardiomiócitos mas sem que exista fibrose intercelular, sendo esta a diferença fundamental da hipertrofia ventricular esquerda patológica como por exemplo no caso da cardiomiopatia hipertrófica. Em relação à função sistólica, na literatura não têm sido verificadas alterações significativas quando os atletas são comparados com grupos de controlo (Bjornstad et al., 1993; Colan, 1997; D’Andrea et al., 2002; Di Bello et al., 1995; Gates et al., 2004; George et al., 1999; Haykowsky et al., 2002; Hoogsteen et al., 2004; Pela et al., 2004; Pluim et al., 2000; Shapiro, 1997; Vinereanu et al., 2001; Zakynthinos et al., 2001). As alterações estruturais verificadas, podem ser explicadas por mecanismos de controlo da remodelagem ventricular esquerda como resposta fisiológica resultante de um crescimento equilibrado e proporcional do miócito e do interstício do miocárdio. Embora mais notórias em situações de esforço físico, estas alterações são também detetáveis em repouso por ecocardiografia (Levy et al., 1993).

1.6. Limites fisiológicos do ventrículo esquerdo

O intervalo de valores considerados para a normalidade, hipertrofia fisiológica e hipertrofia patológica, das dimensões e função ventricular esquerda, foram publicados pela Sociedade Americana de Ecocardiografia (SAE) (Lang et al., 2005) em conjunto com a Associação Europeia de Ecocardiografia (AEE) (Lang et al., 2006), atualmente designada por Associação Europeia de Imagem Cardiovascular. Em Portugal, dada a ausência de uma tabela nacional de valores de referência, é importante considerar os dados da segunda reunião sobre Recomendações, Competências e Consensos em Cardiologia (Branco & Pereira, 1994).

A espessura das paredes

Whyte et al. (2004), após avaliarem 442 atletas britânicos de elite (306 do masculino e 136 do sexo feminino) de 13 desportos coletivos e individuais reportam valores superiores a 13 mm da PPVEd (2.5% da amostra) em atletas do sexo masculino, convindo com o diagnóstico de cardiomiopatia hipertrófica. Por sua vez, 5.8% dos atletas do sexo masculino apresentaram diâmetros diastólicos do VE superiores a 65 mm. Nos atletas do sexo feminino, não se verificaram espessuras da PPVEd superiores a 11 mm e todos os diâmetros diastólicos do VE eram inferiores a 60 mm. Na avaliação da função sistólica e diastólica do VE, todos os valores apontam para um padrão funcional normal. Os valores de corte utilizados para aferir normalidade morfológica para este grupo de atletas, maioritariamente adultos, foram 65 mm para o diâmetro telediastólico do VE (DtVE) e 14 mm para a espessura da PPVEd, no caso do sexo masculino e 60 mm e 11 mm respetivamente, para o sexo feminino.

Como referido anteriormente, do ponto de vista histológico, a hipertrofia fisiológica do atleta, é caracterizada por uma hipertrofia dos cardiomiócitos, com vascularização coronária adaptada e sem que exista fibrose intercelular. Embora os limites fisiológicos destes parâmetros estejam perfeitamente estudados no caso dos adultos, esses dados não podem ser extrapolados para atletas adolescentes (Makan et al., 2005) e as fronteiras entre a hipertrofia fisiológica e a hipertrofia patológica do VE, por vezes, são muito difíceis de precisar. Assim, o diagnóstico diferencial entre o coração de

atleta e a cardiomiopatia hipertrófica pode representar um dilema clínico importante dado que, pelo menos 10% dos pacientes adolescentes portadores da doença podem estar em alto risco para morte súbita (MS) cardíaca (Maron et al, 2000a; 2000b).

A cardiomiopatia hipertrófica

A cardiomiopatia hipertrófica é uma doença de origem genética causada por pelo menos 11 mutações que codificam maioritariamente proteínas do sarcómero cardíaco e a sua transmissão faz-se de forma autossómica dominante com expressão clínica e morfológica variáveis e história natural diferente. É por isso muito importante a avaliação sistemática e durante vários anos dos familiares em primeiro grau do indivíduo afetado (Alfonso 1996; Charron et al., 2010; Hershberger et al., 2009). Habitualmente assintomática, a sua primeira expressão clínica pode ser a MS, geralmente causada por taquicardia/fibrilhação ventricular, muitas vezes no contexto de exercício e prática desportiva (Borjesson et al., 2009). Tem uma incidência na população em geral entre 0,1% e 0,2% (Maron et al., 1994) e a taxa de MS situa-se entre os 3% e 6% ao ano sendo a sua frequência maior em idades entre os 14 e os 35 anos (Brugada, 1996). Apesar de não ter uma incidência muito alta, é a maior causa de MS em jovens sem qualquer tipo de sintomas. Nos atletas, a MS ocorre maioritariamente entre os 14 e os 18 anos e é a causa de 36% de todas as mortes súbitas neste grupo (Maron et al., 1996a).

A principal característica da cardiomiopatia hipertrófica é a marcada hipertrofia (simétrica ou assimétrica) principalmente a nível do septo interventricular (relação com a parede posterior do VE superior a 1,3) sem sinais de dilatação do VE e na ausência de qualquer outra explicação fisiopatológica para que tal ocorra (Bronzatto et al., 2001). Habitualmente uma espessura telediastólica máxima igual ou superior a 15 mm é a dimensão absoluta geralmente aceite para o seu diagnóstico clínico em atletas adultos, no entanto, alguns doentes apresentam uma forma simétrica e concêntrica da hipertrofia (Maron, 2004), enquanto outros apresentam espessuras entre os 13 e os 15 mm. A estes Maron et al. (1995) designou como pertencentes a uma “zona cinzenta” uma vez que estes valores tanto podem corresponder a adaptações estruturais e fisiológicas no coração de um atleta, como a uma fase inicial da doença. Pelliccia et al. (2006)

realizaram um estudo a 4450 atletas de equipas nacionais italianas (74% do sexo masculino) sendo excluído pelo ecocardiograma o diagnóstico de cardiomiopatia hipertrófica a cerca de 98,8% dos indivíduos estudados. No entanto 41 tinham aumento da espessura das paredes do VE e 37 (todos homens) com espessuras entre os 13 e os 15 mm. Este tipo de alterações representa o principal dilema no diagnóstico da patologia cardíaca em atletas, uma vez que tanto podem corresponder a alterações fisiológicas próprias do exercício, como a doenças cardiovasculares graves como é o caso da cardiomiopatia hipertrófica. Neste estudo as alterações observadas foram consideradas na maioria dos casos de origem fisiológica e resultantes da remodelagem normal da estrutura cardíaca. Mas, em 4 atletas o diagnóstico foi duvidoso, uma vez que apresentavam uma espessura do SIVd de 13 mm, associada a uma cavidade do VE não dilatada. Foram por isso considerados como pertencentes à “zona cinzenta” e estudados com outros exames complementares.

Um dos métodos mais confiáveis e baratos para o esclarecimento desta doença é o ecocardiograma (fig.1.1) dado que habitualmente consegue demonstrar a localização, a forma e a dimensão da hipertrofia (Maron et al., 2003; Pfister et al., 2000). No entanto, a espessura anormal dum parede pode não ser tão evidente quando se trata de crianças e adolescentes e, neste caso, se a suspeita de doença for muito forte, devem ser realizados exames seriados.

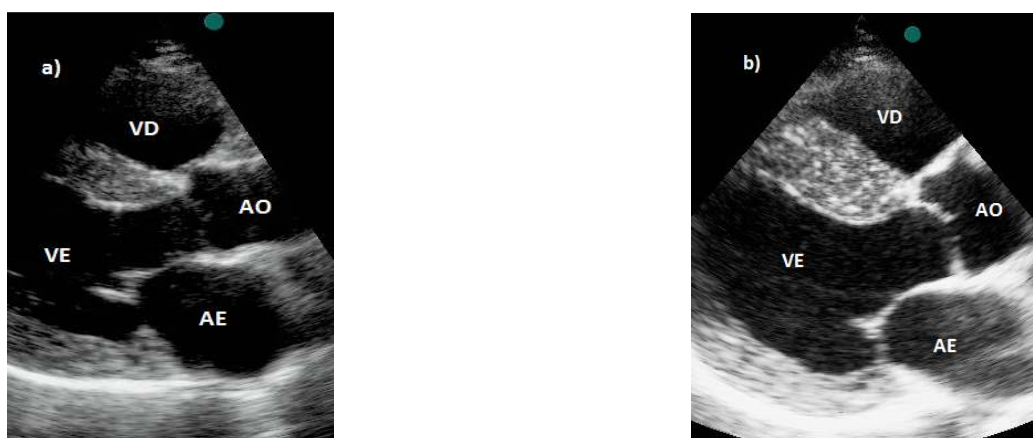


Figura 1.1. Ecocardiograma dum corte paraesternal-longitudinal do VE. Hipertrofia concêntrica fisiológica num atleta (a) e hipertrofia do SIVd (b) num doente com cardiomiopatia hipertrófica. VE-ventrículo esquerdo; VD-Ventrículo direito; AE-aurícula esquerda; AO-artéria aorta

A sua apresentação pode ou não ocorrer com obstrução da câmara de saída do VE e, neste caso, causar diminuição do DC e do fluxo sanguíneo cerebral podendo levar à

síncope. Os pacientes podem também apresentar dispneia de esforço, devido à restrição do enchimento ventricular e dor torácica, secundária à existência de isquemia miocárdica (Fuller, 2000; Shirley et al., 2005). No entanto é a forma não obstrutiva que está presente em cerca de 75% dos casos (Drezner, 2000).

Embora não pareça existir correlação entre a sintomatologia dos pacientes e o risco de MS, o facto é que a existência de síncope recorrentes em crianças e jovens com a doença parece ter algum significado (Penas et al., 1995) e a idade parece ser o primeiro marcador de risco. A taxa de mortalidade anual em crianças e jovens com a doença é de cerca de 6%, enquanto em adultos com idade superior a 40 anos essa taxa é de 1% (Alfonso, 1996; Maron, 1993; Sáenz de la Calzada et al., 1996).

Assim, deveria ser fundamental a existência de rastreios pré-competição em atletas. Neste campo, a experiência e o modelo italiano tem inspirado a secção de desporto da Sociedade Europeia de Cardiologia (SEC), a qual em 2005 propôs um protocolo europeu para o rastreio cardiovascular e prevenção da MS cardíaca em jovens atletas (Corrado et al., 2005). As suas recomendações foram baseadas no modelo italiano, uma vez que este provou efetividade na deteção da doença cardíaca potencialmente fatal (particularmente da cardiomiopatia hipertrófica) num grande número de atletas e foi implementado (embora nem sempre seguido) nos restantes países europeus. Este protocolo impõe a realização de um rastreio anual aos atletas de competição, que inclui a história pessoal e familiar, exame físico e eletrocardiograma de 12 derivações. Nicole et al., (2006), referem que também a FIFA (*Fédération Internationale de Football Association*) teve como base o protocolo italiano de rastreio cardiovascular para avaliar os jogadores que participaram no campeonato mundial de futebol de 2006 na Alemanha.

Nas suas recomendações, a SEC desaconselha a atividade desportiva competitiva a todos os indivíduos com genótipo positivo e fenótipo negativo de cardiomiopatia hipertrófica (Pelliccia et al., 2005) e a “*26th Bethesda conference: recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities*” (Maron et al., 1994) definiu que o atleta com diagnóstico demonstrado de cardiomiopatia hipertrófica não pode participar em desportos competitivos, com algumas exceções para desportos de baixa intensidade. No entanto, deve ter-se em conta que um falso diagnóstico da doença (falso positivo) vai

resultar na desqualificação desnecessária do atleta, privando-o dos benefícios físicos, psicológicos e eventualmente financeiros da competição e um diagnóstico errado (falso negativo) pode colocar em risco a sua vida.

Os diâmetros do ventrículo esquerdo

Vários estudos (Pavlik et al., 2001; Petridis et al., 2004; Triposkiadis et al., 2002) referem um aumento do DtVE em jovens atletas comparados com indivíduos sedentários da mesma idade, no entanto, os valores fisiológicos conhecidos para este parâmetro em jovens com idades inferiores a 18 anos são baseados num número limitado de estudos. Makan et al. (2005) num trabalho realizado em 900 atletas de elite de vários desportos com idades compreendidas entre os 14 e os 18 anos, concluíram que o DtVE dos atletas era superior ao dos controlos, sendo em 18% dos primeiros superior a 54 mm e tendo excedido o tamanho predito em 13%.

Embora habitualmente atletas adolescentes altamente treinados tenham aumentos do DtVE superior aos valores previstos, em termos absolutos a cavidade ventricular esquerda raramente excede os 60 mm. Deste modo, em atletas adolescentes altamente treinados com um tamanho da cavidade do VE > 60 mm mas com diminuição da função sistólica global, o diagnóstico de cardiomiopatia dilatada deve ser considerado.

Esta doença é caracterizada por dilatação das cavidades cardíacas, especialmente as ventriculares e com origem multifactorial (genética, familiar, inflamatória, etc). De acordo com a *World Health Organization* (2002) esta doença é responsável por 2 % das mortes súbitas por arritmia em atletas jovens e adultos e o seu diagnóstico tem importantes implicações clínicas. Tanto pode ser assintomática (o que aumenta o risco de MS durante o exercício) como evoluir para insuficiência cardíaca por depressão da função sistólica global do VE. Do ponto de vista ecocardiográfico, manifesta-se por dilatação e diminuição da fração de ejeção do VE (FejVE) (fig. 1.2).

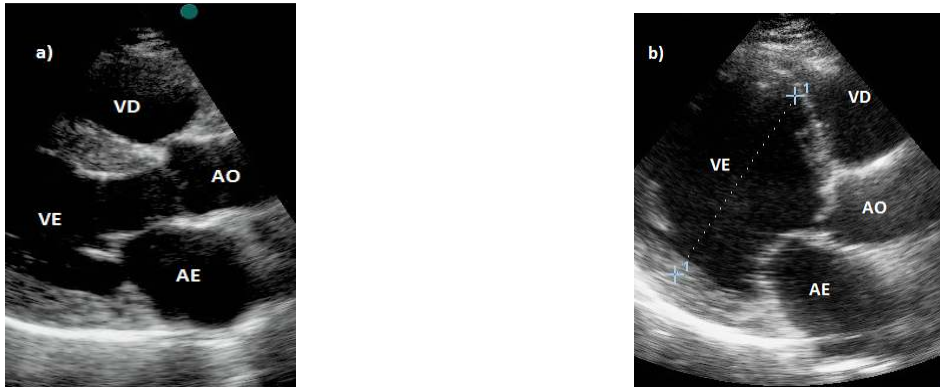


Figura 1.2. Ecocardiograma dum corte paraesternal- longitudinal do VE. Diâmetro normal (a) e dilatação do VE num doente com cardiomiopatia dilatada (b).
VE-ventrículo esquerdo; VD- Ventrículo direito; AE- aurícula esquerda; AO-artéria aorta

1.7. Questões a considerar na verificação da aptidão do atleta

Identificada uma anomalia cardíaca, devem considerar-se de seguida quais os critérios a usar para qualificar ou não um atleta, uma vez que o risco de MS cardíaca associada ao desporto de competição pode ser controlável através da restrição apropriada do exercício. Aliás, a *36th Bethesda Conference* reportada por Maron et al. (2005) fornece recomendações bastante claras para duas das patologias mais frequentes que podem conduzir à MS em atletas: a cardiomiopatia hipertrófica e a displasia arritmogénica do ventrículo direito. Quando estas patologias estão presentes, é recomendado que o atleta seja excluído da maioria dos desportos de competição, com possível exceção de desportos de baixa intensidade como o golfe ou o *bowling*. Para algumas das doenças adquiridas, como a miocardite ou o *commotio cordis*, admite-se um período temporário de abstinência do treino e da competição uma vez que, se a doença for bem resolvida, o atleta pode voltar a iniciar a atividade.

Mas, como referido anteriormente, o problema de mais difícil resolução refere-se aos atletas colocados na chamada “zona cinzenta” no caso da cardiomiopatia hipertrófica, uma vez que o risco associado ao exercício físico intenso pode não ser passível de quantificação precisa, dadas as imprevisíveis condições fisiológicas a que estão expostos. Neste caso, não é possível definir critérios específicos, até porque algumas desclassificações podem ser injustificadas. Tal facto leva a que alguns considerem estas recomendações conservadoras assumindo uma postura prudente, uma

vez que, apesar de tudo, não é possível determinar com certeza o risco absoluto para cada atleta e, em muitos dos casos, ele pode até ser baixo.

1.8. O exame ecocardiográfico

O ecocardiograma é um exame complementar de diagnóstico não invasivo, que se baseia no uso de ultrassons para gerar a imagem cardíaca. Acompanhando as descobertas da física ao longo dos anos, as suas diversas modalidades foram trazendo novas possibilidades de investigação diagnóstica e um melhor entendimento da fisiologia cardíaca e da fisiopatologia das cardiopatias.

Iniciou-se com a ecocardiografia modo M nas décadas de 1950 e 1960 com as importantes contribuições de Edler, Schmitt e Effert. Mais tarde, nas décadas de 1960 e 1970 através dos contributos de Eggleton e Feigenbaum surge o ecocardiograma bidimensional, bem como a primeira descrição da ecocardiografia transesofágica em modo monoplanar. No início da década de 1980, iniciou-se o emprego do doppler pulsado para a observação dos fluxos cardíacos, bem como os primeiros estudos com mapeamento de fluxos com doppler a cores, o que viria a revolucionar a investigação das cardiopatias congênicas e das valvopatias cardíacas (fig. 1.3) (Vieira, 2013).

A primeira descrição de imagem tridimensional cardíaca foi realizada em 1974 por Dekker et al., mas foi só no início do século XXI que ocorreu a descrição da ecocardiografia tridimensional em tempo real a partir de tecnologia digital matricial, sendo considerado um enorme passo para a sua aplicação e inclusão na prática clínica. Nesse contexto, tem sido extremamente significativa a contribuição do grupo de Lang et al. (2012), da Universidade de Chicago.

Atualmente está também disponível a investigação da mecânica cardíaca através do ecocardiograma de *stress*, doppler tecidual e da técnica de *speckle tracking* bem como outras tantas evoluções tecnológicas e metodológicas que tornam por vezes complicado o seu acompanhamento (Graziosi, 1998; Singh & Goyal, 2007; Vieira 2013).

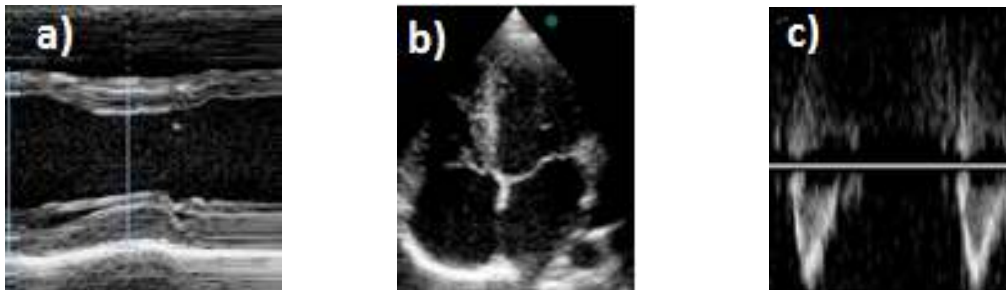


Figura 1.3 Imagens dum ecocardiograma: a) modo-M do VE; b) corte bidimensional apical-4C do VE; c) doppler contínuo do fluxo aórtico

Apesar de inicialmente o modo-M tender a ser substituído pelas novas técnicas de imagem que iam surgindo, a verdade é que se mantém até hoje como um exame válido e amplamente utilizado. A sua maior e eficaz taxa de amostragem (quando comparada com o bidimensional) é bastante útil para precisar a ocorrência temporal dos acontecimentos cardíacos (Singh & Goyal, 2007). No entanto, é relevante reter que esta técnica é limitada quando utilizada na medição da MVE, dada a extrapolação da dimensão única e a assunção da forma e contração das paredes do VE. Apesar destas limitações e do facto de depender da orientação do modo bidimensional para obter as imagens, continua a ser o método mais utilizado na literatura dada a sua capacidade precisa de determinação dos parâmetros morfológicos do coração (Ayabakan, et al., 2006; Eisenmann et al., 2007; Escudero et al., 2006; Graziosi, 1998; Katzmarzyk, et al., 1998; Madeira, et al., 2006, 2008; Obert et al., 1998; Pelliccia, 1996; Poutanen & Jokinen, 2007; Singh & Goyal, 2007).

A análise do fluxo transmitral por doppler pulsado assume-se como um método não invasivo e facilmente reproduzível para avaliar a função diastólica do VE (Pluim et al., 2000). Esta análise é no entanto muito mais eficaz se complementada com o doppler pulsado das veias pulmonares, a velocidade de propagação do fluxo transmitral por modo-M a cores e o doppler tecidual do anel mitral (Pavlik et al., 2010). A informação recolhida através do modo-M complementado pela análise bidimensional permite, por sua vez, determinar a função sistólica do VE. Esta traduz-se, geralmente, pelo cálculo da extensão e velocidade do encurtamento das fibras, resultando em informação associada à fração de ejeção, fração de encurtamento e volume de ejeção.

1.9. Avaliação do ventrículo esquerdo

Atualmente, o ecocardiograma é o método mais usado para a avaliação da função ventricular, dado que permite obter uma ótima informação sobre a *performance* cardíaca e sobre a contractilidade global e segmentar do VE. Através dele é possível avaliar os efeitos do treino desportivo sobre os diâmetros telediastólico e telesistólico do VE, espessuras do SIVd e da PPVEd, diâmetros da aurícula esquerda (AE) e raiz da aorta, bem como proceder à avaliação da função ventricular (Basavarajaiah, et al., 2007; Eisenmann et al., 2007; Escudero et al., 2006; Madeira et al., 2006, 2008; Makan et al., 2005).

A forma elíptica do VE permite a derivação de fórmulas para o cálculo dos volumes ventriculares a partir de dimensões lineares (modo-M), de áreas de secção transversal (ecocardiograma bidimensional) ou de volumes tridimensionais (Nelson et al., 1996). Com base nos diâmetros ântero-posteriores do VE obtidos a partir do modo-M, têm sido calculados ao longo dos anos dois índices práticos para a avaliação da sua função sistólica: a fração de encurtamento e a fração de ejeção. A primeira retrata a variação percentual dos diâmetros telediastólico e telesistólico do VE e reflete o desempenho da sua função como bomba. A segunda, é calculada a partir dos mesmos diâmetros e através de fórmulas e simplificações matemáticas como as usadas por Teichholz ou Quiñones, permite calcular os volumes sistólico e diastólico do VE e assim extrapolar o valor da fração de ejeção. No entanto, dado que estes cálculos podem gerar algumas imprecisões em resultado das suposições geométricas necessárias para converter uma medida linear num volume 3D (Quiñones et al., 1981; Teichholz et al., 1976), é recomendado pela ASE e pela AEE que, na prática clínica, estes cálculos não sejam efetuados (Lang et al., 2005).

Nos inúmeros estudos sobre as alterações estruturais potencializadas pelo processo de treino, não foram identificadas diferenças significativas na função sistólica do VE entre atletas e não atletas (Gates et al., 2003; Hoogsteen et al., 2004; Pluim, et al., 2000), o que sugere a inexistência de relação entre a geometria cardíaca e a função sistólica do VE.

O mesmo padrão foi encontrado para a função diastólica do VE estudada através da análise do fluxo transmitral, onde a velocidade máxima de fluxo precoce (onda E) e

tardio (onda A), bem como a sua relação (E/A), são semelhantes entre grupos de atletas e não atletas (Hoogsteen et al., 2004; Pavlik et al., 2010; Pavlik et al., 2001; Pluim et al., 2000). Curiosamente, o processo de envelhecimento cardíaco e a possível alteração de resposta ao treino e às suas exigências, também não está muito estudado (Pavlik et al., 2001). A sua importância parece óbvia, visto que a prestação diastólica, avaliada pelo fluxo transmitral, é fortemente influenciada pelo incremento etário, embora seja mais evidente em idades mais avançadas.

Determinação da massa ventricular esquerda

A quantificação da MVE, requer a identificação precisa das interfaces entre o volume sanguíneo e o endocárdio por um lado e entre o epicárdio e o pericárdio por outro lado. Até à presente data, a maioria dos cálculos têm sido realizados com recurso a medidas lineares do VE derivadas de cálculos efetuados por modo-M e orientados por imagens bidimensionais ou por medidas lineares bidimensionais (Ilercil et al., 2001).

A MVE, como referência indireta, tem sido calculada (Eisenmann et al., 2007; Katzmarzyk et al., 1998) com recurso à fórmula desenvolvida na Universidade da Pensilvânia – Convenção de *Penn* – segundo um critério que não incluía as margens nas medidas das espessuras parietais, mas considerava-as parte da cavidade ventricular (Devereux & Reichek, 1977). Este método tende a subestimar o valor da MVE, quando comparado ao método proposto pela SAE (Sahn et al., 1978) e, posteriormente, foi proposta uma nova equação, baseada num modelo elipsoide do VE, ajustada e validada mediante os resultados da necropsia de 52 cadáveres ($r=0.90$, $P < 0.001$) (Devereux et al., 1998) e que ficou conhecida como a fórmula modificada de Devereux, sendo adequada para avaliar pacientes sem grandes distorções geométricas do VE, como no caso de atletas.

1.10. Importância do ecocardiograma no estudo do coração de jovens atletas

Atualmente, dado o seu baixo custo e carácter não invasivo, o ecocardiograma tornou-se um exame de rotina na avaliação do candidato à prática desportiva, uma vez que permite estudar as estruturas e dimensões cardíacas, determinar áreas valvulares, gradientes de pressão, volumes e débitos. Na avaliação do jovem desportista, permite fazer o diagnóstico diferencial na avaliação dos sopros cardíacos, bem como nas dilatações e hipertrofias do VE. Possibilita o controlo do treino e das eventuais alterações fisiológicas que provoca, através da monitorização das dimensões das cavidades cardíacas, da espessura das paredes e da função cardíaca.

1.11. Objetivos do estudo e organização interna da tese

Como resultado dos pressupostos atrás enunciados, o presente estudo foi organizado em trabalhos parcelares no sentido de identificar um conjunto de variáveis susceptíveis de definir a relação entre a morfologia externa e a adaptação cardíaca, através de parâmetros ecocardiográficos em jovens atletas pubertários. Os dois primeiros estudos referem-se às adaptações cardíacas entre atletas de várias modalidades e um grupo de controlo. O primeiro, compara os parâmetros ecocardiográficos entre uma amostra aleatória de escolares saudáveis e de atletas de centros nacionais de treino. O segundo, procede à comparação dos mesmos parâmetros entre atletas das modalidades de basquetebol, hóquei em patins, judo e natação e também com um grupo de controlo. O terceiro estudo foi realizado em jovens basquetebolistas e com ele tivemos dois objetivos: [1] avaliar a influência de vários descritores de tamanho e composição corporal bem como explorar os efeitos combinados e independentes da idade cronológica e do estado maturacional na MVE usando a modelação alométrica proporcional; [2] comparar as alterações cardíacas adaptativas entre jogadores de basquetebol de nível local e internacional. O quarto estudo foi realizado em judocas e teve como objetivo uma avaliação multivariada da inter-relação entre os vários descritores do tamanho corporal e os parâmetros ecocardiográficos do VE por um lado e, em paralelo, examinar a relação entre o mesmo conjunto de parâmetros do VE e o

somatótipo. Em ambas as análises, a idade cronológica (IC) e um indicador de maturação biológica foram incorporados no conjunto de variáveis morfológicas.

A estrutura deste trabalho foi organizada em sete capítulos. É iniciada por este Capítulo I, com uma introdução alargada e estruturada em torno de um enquadramento teórico através do qual é estabelecido um quadro conceptual suportado nos estudos que se seguem. O Capítulo II refere-se às considerações metodológicas em que é explanado o desenho metodológico dos quatro estudos. Os Capítulos III e IV enquadram os estudos 1 e 2, estruturados com uma introdução, considerações metodológicas, resultados e discussão. O Capítulo V suporta o estudo 3 e o Capítulo VI o estudo 4, ambos de idêntico formato aos estudos 1 e 2. O Capítulo VII incorpora a discussão geral e as conclusões. Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração da tese.

Capítulo II

Considerações Metodológicas

2. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

O presente projeto é constituído por quatro estudos complementares e os dados obtidos obedecem a um desenho transversal sobre o crescimento, a maturação, o treino, e a remodelagem cardíaca em jovens atletas.

Os estudos foram aprovados pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física (FCDEF) da Universidade de Coimbra e posteriormente pela Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia [processo SFRH/PROTEC/67972/2010], tendo sido respeitados os princípios da Declaração de Helsínquia. Os responsáveis e os participantes assinaram, respectivamente, os termos de consentimento e de assentimento livre e esclarecido, tendo sido garantido o carácter voluntário da participação, bem como a confidencialidades dos dados. As escolas, a Federação Portuguesa de Basquetebol, a Federação de Patinagem de Portugal, a Federação Portuguesa de Judo, bem como todos os clubes envolvidos autorizaram a realização dos estudos.

A amostra total ficou constituída por 166 basquetebolistas, 88 hoquistas, 107 judocas, 21 nadadores e 28 adolescentes saudáveis não atletas. As variáveis consideradas no estudo incluíram os anos de treino, a idade cronológica IC, superfície corporal (SC), estatura, estatura do pai, estatura da mãe, estatura matura predita (EMP), massa corporal, índice de androginia, massa isenta de gordura, massa gorda, prega de gordura subcutânea tricípital, prega de gordura subcutânea bicípital, endomorfismo, mesomorfismo, ectomorfismo e todas as variáveis ecocardiográficas determinadas, a saber: diâmetros telediastólico e telesistólico do VE, espessuras do septo interventricular e da parede posterior do VE em telediástole, frações de ejeção e de encurtamento do VE, diâmetros da raiz da aorta e da AE, MVE e espessura parietal relativa (EPR) do VE.

Os atletas envolvidos no estudo 1 pertencem às seleções nacionais que representaram Portugal nos Campeonatos da Europa das respetivas modalidades, os envolvidos nos estudos 2 e 3 pertencem a clubes portugueses e têm prática desportiva federada há pelo menos 5 anos e os atletas do estudo 4 foram selecionados para os estágios da seleção nacional da Federação Portuguesa de Judo.

2.1. Antropometria

A estatura, massa corporal e as pregas de gordura subcutânea tricipital e subescapular foram avaliadas por um único e experiente antropometrista, seguindo os procedimentos descritos por Lohman, Roche e Martorell (1988) e sempre recorrendo ao mesmo instrumentário e nas mesmas condições laboratoriais. A estatura foi medida com um estadiómetro *Harpenden* (modelo 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, Reino Unido) e a altura sentado com um estadiómetro *Harpenden* (model 98.607, Holtain Ltd, Crosswell, UK). A massa corporal foi medida com uma balança SECA (modelo 770, Hanover, MD, Estados Unidos), com os indivíduos de pé e descalços. A estatura e a massa corporal foram registadas com a precisão de 0,1 cm e 0,1 kg respectivamente. As pregas de gordura subcutânea foram medidas para o mm mais próximo com um adipómetro Lange Skinfold Caliper (Beta Technology, Ann Arbor, MI, Estados Unidos) tendo as pregas subescapular e tricipital sido utilizadas para estimar a percentagem de massa gorda (Slaughter et al., 1988) e subsequente cálculo da massa gorda e massa livre de gordura (kg). Os erros técnicos de medida para a estatura (0.3 cm), massa corporal (0.5 kg) e pregas de gordura subcutânea (0.5-0.7 mm) estão dentro da amplitude de valores reportados em diversos inquéritos de saúde nos Estados Unidos e uma variedade de levantamentos de campo (Malina et al., 2004). O índice de androginia corresponde à diferença entre o produto de três e o diâmetro biacromial pelo diâmetro bicristal (isto é, $3 \times \text{diâmetro biacromial} - \text{diâmetro bicristal}$).

2.2. Idade cronológica e maturação biológica

A IC foi determinada na data em que foram efetuadas as avaliações ecocardiográficas. O estatuto maturacional foi estimado utilizando a percentagem de estatura matura predita (EMP), método não invasivo que tem sido usado em pesquisas com jovens atletas (Malina et al., 2012). Trata-se de um modelo linear desenvolvido por Khamis & Roche (1994), que tem como preditores a IC, estatura e massa corporal dos atletas juntamente com a média da estatura dos pais. Posteriormente, a estatura realmente medida é expressa como percentagem da EMP.

2.3. Somatotipologia

Adotou-se o método antropométrico de Heath & Carter (1990). O cálculo dos valores das três componentes primárias assenta nas seguintes medidas e operações:

Endomorfismo: corresponde à adiposidade relativa e decorre da soma de três pregas subcutâneas (subescapular, tricipital e suprailíaca) corrigida para a altura:

$$0.1551 [X] - 000.68 [X2] + 0.0000014 [X3]$$

Em que X é o valor da soma das pregas multiplicado por [170.18 / estatura]

Mesomorfismo: esta componente materializa a robustez músculo-esquelética, sendo BCH e BCF as medidas dos diâmetros bicôndilo-umeral e bicôndilo-femural, CBm e CGI respectivamente as circunferências corrigidas (para a prega medida na mesma secção transversa) na referência braquial máxima com o membro fletido a 90 graus, e referência geminal medial. Note-se os valores das circunferências são expressos em cm, sendo necessário subtrair os valores das pregas tricipital e geminal que foram medidas em mm. Na mesma fórmula [A] corresponde à estatura:

$$0.858 [DBH] + 0.601 [DBF] + 0.188 [CRm] + 0.161 [CGI] - 0.131 [A] + 4.5$$

Ectomorfismo: esta componente pretende ser indicadora da relação estaturponderal, sendo desenvolvida a partir do índice ponderal recíproco:

$$\text{IPR} = [\text{Estatura em cm}] / [\text{Massa corporal em kg}]^{1/3}$$

Se $\text{IPR} > 40.75$; Ectomorfismo = $0.732 [\text{IPR}] - 28.58$

Se $38.25 < \text{IPR} < 40.75$: Ectomorfismo = $0.463 [\text{IPR}] - 17.63$.

Se $\text{IPR} < 38.25$, Ectomorfismo=0.1

2.4. Avaliação ecocardiográfica

O ecocardiograma é um exame de imagem não invasivo que permite a obtenção de informações sobre a estrutura e função cardíacas. É a principal fonte de informações sobre a adaptação cardíaca em resposta ao treino intensivo em atletas (Maron, 1986a; Pelliccia et al., 1991). A avaliação da morfologia cardíaca foi realizada com um ecocardiógrafo Vivid 3, com sonda multifrequência de 1,5-3,6 MHz (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Noruega), sendo o exame ecocardiográfico transtorácico efetuado com o indivíduo em repouso e na posição de decúbito lateral esquerdo. As imagens em modo-M foram registadas a partir da incidência paraesternal-eixo longo sob visualização direta da respetiva imagem bidimensional e os parâmetros selecionados são os coincidentes com estudos similares realizados com adolescentes saudáveis (Eisenmann, et al., 2007; Katzmarzyk et al., 1997) e com jovens atletas (Basavarajaiah, et al., 2007; Makan, et al., 2005; Sagiv & Ben-Sira, 2007). Todos os exames ecocardiográficos foram realizados pelo mesmo operador de acordo com as recomendações da SAE e da AEE (Lang et al., 2006; Lang et al., 2005; Sahn et al., 1978). Foram determinados os diâmetros da raiz da aorta, AE, DtVE, diâmetro telesistólico do VE (DtsVE) e as espessuras do SIVd e da PPVEd. Com base nas dimensões anteriores, determinou-se a MVE estimada pela fórmula cúbica da SAE modificada por Devereux et al. (1998), com as medidas dos preditores (SIVd, DtVE e PPVEd) a serem expressas em milímetros:

$$MVE (g) = 0.8 \{1.04 [(SIVd+DtVE+PPVEd)^3 - DtVE^3]\} + 0.6g.$$

A MVE corrigida para a SC, foi calculada através da fórmula de DuBois (DuBois & DuBois, 1916), amplamente difundida na literatura internacional, que apesar de validada com apenas 9 indivíduos apresenta uma correlação elevada ($r=0.97$), com a determinação direta proposta por Mitchell et al. (1971):

$$SC (m^2) = 0.007184 [massa\ corporal\ (kg)]^{0.425} \times [estatura\ (cm)]^{0.725}.$$

Com esta normalização obteve-se o índice de MVE (g/m^2) (IMVE). Para Koren et al., (1991), quando a MVE é normalizada para a SC, fala-se em hipertrofia se o IMVE for

$\geq 125 \text{ g/m}^2$. Mediante o cálculo da EPR foi possível distinguir um perfil concêntrico (≥ 0.44) do excêntrico (< 0.44) do VE (Madeira et al., 2008; Osborn et al., 2007; Venckunas et al., 2008a; Zdravkovic et al., 2010):

$$EPR = [(SIVd + PPVEd) / DtVE]$$

A função do VE, traduzida na fração de encurtamento do ventrículo esquerdo (FenVE) e FejVE, podem ser determinadas (Lang et al., 2006; Lang et al., 2005; Madeira et al., 2008; Pavlik et al., 2010) através das fórmulas que se seguem.

$$FenVE (\%) = [(DtVE - DtsVE) / DtVE] \times 100$$
$$FejVE (\%) = [(VTDVE - VTSVE) / VTDVE] \times 100$$

Note-se que os volumes telediastólico do VE (VTDVE) e telesistólico do VE (VTSVE) (em ml) introduzidos na fórmula anterior, foram calculados através da fórmula de Teichholz :

$$V = 7 \times DIVE^3 / 2,4 + DIVE$$

onde DIVE se refere aos cálculos dos diâmetros internos do VE em telediástole e telesístole:

2.5. Variabilidade intra-observador

A qualidade dos dados foi apreciada através da determinação da variabilidade intra-observador recorrendo a um subgrupo aleatório de 20 indivíduos (5 basquetebolistas; 5 hoquistas e 10 não atletas) que foram avaliados a reavaliados com uma semana de intervalo pelo mesmo investigador, utilizando o mesmo equipamento e na observância dos procedimentos acima descritos. Foi determinada a diferença e percentagem de diferença entre as duas medições considerando os seus limites de concordância (LC) a 95% (Bland & Altman, 2012), para as dimensões das cavidades e espessuras cardíacas (0,02-0,17 mm; 95% LC – 1,95 a 2,28 mm). Os parâmetros resultantes da avaliação das

medidas anteriores apresentaram percentagem de variabilidade intra-observador variando 0,3-0,8 % (95% LC – 4,1 a 8,1 %).

2.6. Observadores, referências a projetos e equipamentos

A tarefa de recolha de dados foi assegurada por uma vasta equipa de observadores coordenados pelo IR (investigador responsável) da linha de pesquisa (Prof. Doutor Manuel João Coelho e Silva) que agregou as funções de orientador de investigadores (pós-doutorandos, doutorandos, mestrandos) com a coordenação de projetos que permitiram a execução de despesas e aquisição de equipamentos, nomeadamente o projeto PRONTALSPORT (financiamento plurianual da Fundação para a Ciência e Tecnologia 2004-2008: aquisição de pletismografia de ar deslocado, pagamento de exames radiográficos, deslocações dos investigadores) e PTDC/DES/70918/2006-2009 (ciclo-ergómetro, pagamento de exames radiográficos, deslocações dos investigadores).

BASQUETEBOLISTAS: (1) pós-doutorando: Enio Ronque [CAPES]; (2) bolsiros doutoramento: SFRH/PROTEC/67972/2010, SFRH/BD/41647/2007, SFRH/BD/61658/2009, SFRH/BD/69447/2010, SFRH/BD/72111/2010, SFRH/BD/78603/2011; (3) doutorandos: Vasco Vaz, Rafael Baptista; (4) mestrandos: Héctor Carvalho, Ricardo Pimenta, José Miguel Baptista de Almeida, João Mota, João Madail; (5) outros elementos não orientados pelo IR: Tiago Montanha, André Seabra, Fátima Rosado, Paulo Santos;

NADADORES: (1) bolsiro de doutoramento: SFRH/BD/78603/2011, SFRH/PROTEC/67972/2010, SFRH/BD/64648/2009; (2) outros elementos não orientados pelo IR: Luís Rama;

HOQUISTAS: (1) doutorandos: Vasco Vaz; (2) bolsas de doutoramento: SFRH/BD/64648/2009, SFRH/PROTEC/67972/2010, SFRH/BD/41647/2007; (3) outros elementos não orientados pelo IR: Rui Soles Gonçalves, Renato Gonçalves, Amândio Cupido dos Santos;

JUDOCAS: (1) bolsheiro de doutoramento: SFRH/BD/64648/2009, SFRH/PROTEC/67972/2010, SFRH/BD/69447/2010, SFRH/BD/72111/2010, SFRH/BD/78603/2011; (2) mestrandos: Jorge Fernandes, Pedro Ribeiro; (3) estudantes de licenciatura: Jorge Fernandes; (4) outros elementos não orientados pelo IR: José Robalo;

ESCOLARES: (1) pós-doutorando: Enio Ronque [CAPES]; (2) bolsheiro de doutoramento: SFRH/BD/64648/2009, SFRH/PROTEC/67972/2010, SFRH/BD/61658/2009, SFRH/BD/69447/2010, SFRH/BD/72111/2010, SFRH/BD/78603/2011; (3) mestrandos: Carlos Santos, João Pedro Duarte, João Rafael Pereira; (4) outros elementos não orientados pelo IR: António Ferraz, Paula Coelho e Silva.

O equipamento utilizado nos exames ecocardiográficas foi requisitado pelo doutorando e autor da presente tese de doutoramento, Joaquim Castanheira, sendo propriedade da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra-Instituto Politécnico de Coimbra.

Capítulo III

Estudo 1

Morfologia do ventrículo esquerdo em adolescentes:
comparação entre atletas de elite e não-atletas
(Aceite para publicação na Revista Brasileira de Medicina do Esporte)

3. MORFOLOGIA DO VENTRÍCULO ESQUERDO EM ADOLESCENTES: COMPARAÇÃO ENTRE ATLETAS DE ELITE E NÃO-ATLETAS

3.1. Introdução

A prática desportiva corresponde a uma das principais formas de atividade física e vários estudos calcularam a contribuição do desporto organizado como parcela do dispêndio energético diário (Machado Rodrigues et al., 2012). As estatísticas de participação desportiva indicam crescente participação de crianças e jovens, existindo tendência para a elevação do volume e exigência dos sistemas de treinos e competições, incluindo as internacionais, em idades cada vez mais baixas, regra geral, coincidentes com o salto de crescimento pubertário.

Existem alterações hemodinâmicas e eletrofisiológicas associadas às cargas de treino e competição, que acarretam no aumento das dimensões cardíacas (Makan et al., 2005). Entretanto, do ponto de vista metodológico, não é fácil distinguir os efeitos induzidos pelo processo de treino, das alterações decorrentes dos processos de crescimento e maturação biológica. As adaptações crónicas decorrentes da exposição aos estímulos de treino resultam, entre outros parâmetros, no aumento do diâmetro das cavidades do coração e na espessura das paredes. Neste particular, o ventrículo esquerdo é a estrutura mais estudada do coração (Hoogsteen et al., 2004). A remodelagem cardíaca, entendida como alteração dos diâmetros das cavidades e espessura das paredes, tende a acontecer logo a partir dos anos pré-pubertários, existindo evidências que isso acontece como resposta a períodos de treino de curta duração (Zdravkovic et al., 2010).

A literatura existente é essencialmente de natureza associativa entre o treino em grupos particulares de modalidades desportivas e os diâmetros telediastólico e telesistólico do VE, espessuras do septo interventricular e parede posterior em diástole, bem como os diâmetros da AE e raiz da aorta (Basavarajaiah et al., 2007; Eisenmann et al., 2007; Makan et al., 2005). Paralelamente, alguns estudos concentram-se na avaliação das diferenças entre atletas e não atletas relativamente à função e estrutura do coração (Gates et al., 2003; Hoogsteen, et al., 2004; Pluim et al., 2000). O estudo

sistemático do jovem atleta de elite concentrado em centros de treino e exposto a sistemas de competições internacionais é ainda escasso, talvez por ser realidade recente.

Os estudos disponíveis descrevem a morfologia e função do VE e demais parâmetros cardíacos em atletas adolescentes (Ayabakan et al., 2006; Basavarajaiah, et al., 2007; Madeira et al., 2008; Makan, et al., 2005; Mitchell et al., 1971; Zdravkovic, et al., 2010), sem contudo considerarem de forma sistemática a variação inter-individual associada ao tamanho corporal. As dimensões da estrutura cardíaca em crianças e jovens são diretamente proporcionais à estatura (Epstein et al., 1975), pelo que a comparação de atletas e não atletas deve ter em consideração o controle desta fonte de variação, sobretudo se for considerado que o processo de seleção desportiva tende a promover e a selecionar os jovens adolescentes mais altos que os seus pares da população em geral.

O objetivo do presente trabalho foi comparar os parâmetros ecocardiográficos entre uma amostra aleatória de escolares e de atletas dos centros nacionais de treino da Federação Portuguesa de Patinagem, na modalidade de hóquei em patins, e da Federação Portuguesa de Basquetebol. A comparação terá como particularidade a comparação entre grupos antes e depois de controlar para a estatura.

3.2. Métodos

População estudada

O estudo compreende duas amostras, uma de 30 atletas internacionais, participantes nas seleções nacionais que representaram Portugal nos campeonatos da Europa de modalidade (15 basquetebolistas e 15 hoquistas; $15,37 \pm 0.61$ anos) e, outra considerada como grupo controle, composta por 28 adolescentes saudáveis e não atletas ($15,22 \pm 1.27$ anos). O grupo de não praticantes desportivos foi aleatoriamente selecionado da amostra de um estudo mais amplo que compreende 440 avaliações em contexto escolar. Todos os participantes eram caucasianos, do sexo masculino, não apresentando evidências de doença orgânica, nem estavam sob o efeito de qualquer medicação. Relativamente aos atletas, todos os participantes estavam envolvidos na prática desportiva formal há mais

de cinco anos e no ano em que ocorreram as avaliações participavam em regimes de treino e competição caracterizados por 4–6 sessões semanais o que corresponde a aproximadamente 360–510 minutos, jogando, em regra, um a dois jogos por semana durante os 10 meses da época desportiva (Setembro a Junho).

O estudo foi aprovado pelo *Conselho Científico* da FCDEF da *Universidade de Coimbra* e posteriormente pela *Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia* [processo SFRH/PROTEC/67972/2010], tendo sido respeitados os princípios da Declaração de Helsínquia, que correspondem aos aspetos das resoluções CNS 196/96 e complementares, sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas envolvendo seres humanos do Ministério da Saúde Brasileiro. As escolas, bem como a *Federação Portuguesa de Basquetebol*, a *Federação de Patinagem de Portugal* autorizaram a realização do estudo. Além disso, os responsáveis e os participantes assinaram, respectivamente, os termos de consentimento e de assentimento livre e esclarecido, tendo sido garantido o carácter voluntário da participação, bem como a confidencialidade dos dados.

Exame físico

A estatura, massa corporal e as pregas de gordura subcutânea tricipital e subescapular foram avaliadas por um único e experiente antropometrista, seguindo os procedimentos descritos por Lohman, Roche e Martorell (1988). A estatura foi medida com um estadiómetro *Harpender* (modelo 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, Reino Unido) e a massa corporal com uma balança SECA (modelo 770, Hanover, MD, Estados Unidos). As pregas de gordura subcutânea foram medidas com um adipómetro Lange Skinfold Caliper (Beta Technology, Ann Arbor, MI, Estados Unidos). Os erros técnicos de medida para a estatura (0,3 cm), massa corporal (0,5 kg) e pregas de gordura subcutânea (0,5-0,7 mm) estão dentro da amplitude de valores reportados em diversos inquéritos de saúde nos Estados Unidos e uma variedade de levantamentos de campo (Malina et al., 2004). A percentagem de massa gorda foi estimada pelo protocolo de Slaughter et al. (1988). Posteriormente, a massa gorda e a massa isenta de gordura foram determinadas em quilogramas.

Avaliação ecocardiográfica

Para a avaliação da morfologia cardíaca foi utilizado o ecocardiograma transtorácico na posição de decúbito lateral esquerdo, compreendendo um ecocardiógrafo *Vivid 3*, com sonda multifrequência de 1,5-3,6 MHz (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Noruega). Os ecocardiogramas em modo M foram extraídos de imagens bidimensionais sob visualização direta, sendo gravadas a 100 mm s^{-1} . As dimensões das cavidades e espessuras cardíacas foram avaliadas em repouso. Os parâmetros selecionados são os coincidentes com estudos similares realizados com adolescentes saudáveis (Eisenmann, et al., 2007; Katzmarzyk et al., 1997) e com jovens atletas (Basavarajaiah et al., 2007; Makan et al., 2005; Sagiv & Ben-Sira, 2007). Todas as medições ecocardiográficas foram realizadas pelo mesmo observador. Os diâmetros da raiz da aorta e da AE foram determinados por Modo-M através do eixo longo da incidência paraesternal esquerda. O DtVE, DtsVE, as espessuras do SIVd e da PPVEd, foram medidos através da incidência paraesternal eixo longo, logo após os folhetos da válvula mitral, de acordo com as recomendações da SAE e AEE (Lang et al., 2006; Lang et al., 2005; Sahn et al., 1978). Com base nas dimensões anteriores determinou-se a MVE, estimada pela fórmula cúbica da SAE modificada por Devereux (1998), com as medidas dos preditores (SIVd, DtVE e PPVEd) a serem expressas em milímetros:

$$\text{MVE (g)} = 0,8 \{1,04 [(\text{SIVd} + \text{DtVE} + \text{PPVEd})^3 - \text{DtVE}^3]\} + 0.6$$

(Equação 1)

A MVE foi corrigida para a SC através equação 2 (DuBois & DuBois, 1916), permitindo o cálculo do IMVE (g/m^2). Subsequentemente, determinou-se a EPR do VE tal como descrito pela equação 3, de modo a distinguir um perfil concêntrico ($\geq 0,44$) ou excêntrico ($< 0,44$) (Madeira et al., 2008; Osborn et al., 2007; Venckunas et al., 2008b, Zdravkovic et al., 2010):

$$\text{SC (m}^2\text{)} = 0,007184 [\text{massa corporal (kg)}]^{0,425} \times [\text{estatura (cm)}]^{0,725}$$

(Equação 2)

$$\text{EPRVE} = [(\text{SIVd} + \text{PPVEd}) / \text{DDVE}] \quad \text{(Equação 3)}$$

A função do VE, traduzida FenVE, e FejVE, podem ser determinadas do seguinte modo (Lang, et al., 2006; Lang et al., 2005; Madeira et al., 2008; Pavlik et al., 2010):

$$\text{FenVE (\%)} = [(\text{DDVE} - \text{DSVE}) / \text{DDVE}] \times 100 \quad \text{(Equação 4)}$$

$$\text{FejVE (\%)} = [(\text{VTDVE} - \text{VTSVE}) / \text{VTDVE}] \times 100 \quad \text{(Equação 5)}$$

Note-se que os volumes telediastólico (VTDVE) e telesistólico (VTSVE) do VE (em ml) introduzidos na fórmula anterior, foram calculados através da fórmula de Teichholz (equação 6), em que DIVE se refere aos cálculos dos diâmetros internos do VE em telediástole e telesístole:

$$V = 7 \times \text{DIVE}^3 / 2,4 + \text{DIVE} \quad \text{(Equação 6)}$$

Variabilidade intra-observador

A qualidade dos dados foi apreciada através da determinação da variabilidade intra-observador recorrendo a um subgrupo aleatória de 20 indivíduos (basquetebolistas, $n = 5$; hoquistas, $n = 5$; não atletas, $n = 10$) que foram avaliados a reavaliados com uma semana de intervalo pelo mesmo investigador, utilizando o mesmo equipamento e na observância dos procedimentos acima descritos. Foi determinada a diferença e percentagem de diferença entre as duas medições considerando os seus limites LC a 95% (Bland & Altman, 2012), para as dimensões das cavidades e espessuras cardíacas (0,02-0,17 mm; 95% LC – 1,95 a 2,28 mm). Os parâmetros resultantes da avaliação das medidas anteriores apresentaram percentagem de variabilidade intra-observador variando 0,3-0,8 % (95% LC – 4,1 a 8,1 %).

Análise estatística

Foram calculados os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão para todas as variáveis e ainda utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov para examinar a normalidade das distribuições (Hair, 1998). Para determinar o grau de associação entre variáveis contínuas recorreu-se ao coeficiente de correlação de Pearson. Os coeficientes de correlação foram interpretados como: trivial ($r < 0.1$), pequena ($0.1 < r < 0.3$), moderada ($0.3 < r < 0.5$), grande ($0.5 < r < 0.7$), muito grande ($0.7 < r < 0.9$) e quase perfeita ($r > 0.9$) (Hopkins, 2002). Subsequentemente, recorreu-se ao teste *t-student* para a comparação entre o grupo de atletas e o grupo de não atletas, nas medidas da IC, tamanho e composição corporal, bem como as medidas e parâmetros resultantes da avaliação ecocardiográfica. Por fim, recorreu-se à análise da covariância (ANCOVA) para obter nova comparação entre os grupos, controlando para a estatura. A magnitude do efeito da correlação (ES-r) foi estimada através da raiz quadrada do rácio do valor de *t* ao quadrado e a diferença entre o valor *t* ao quadrado e os graus de liberdade (Rosnow & Rosenthal, 1996). O nível de significância foi mantido em 5%, valor estabelecido para ciências sociais e comportamentais. Para se proceder ao tratamento estatístico dos dados foi utilizado o “software”, “*Statistical Program for Social Sciences – SPSS*”, versão 18.0 para o *Windows*.

3.3. Resultados

A estatística descritiva é apresentada na Tabela 3.1. A análise das distribuições sugere padrão concordante com a curva de normalidade, com exceção da massa gorda (K-S=1,61, $p < 0,05$). Esta variável apresenta amplitude de valores significativamente elevada (4,0-49,5 kg). A amplitude de variação para a estatura é de 31,7 cm e para a massa corporal é de 63,6 kg. Para todas as medidas decorrentes da avaliação ecocardiográfica do VE, os dados sugerem distribuições normais.

Tabela 3.1 - Características da amostra total do estudo (n = 58).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Kolmogorov-Smirnov	
					K-S	p
Idade (anos)	13.51	16.66	15.30	0.98	0.77	0.60
Estatura (cm)	155.5	187.2	172.1	8.1	0.56	0.91
Massa corporal (kg)	41.6	105.2	65.5	12.7	0.54	0.93
Massa isenta de gordura, MIG (kg)	28.0	69.2	49.6	10.4	0.55	0.93
Massa gorda, MG (kg)	4.0	49.5	16.0	10.2	1.61	< 0.05
Superfície corporal, SC (m ²)	1.42	2.22	1.77	0.19	0.65	0.79
Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo, DtVE (mm)	45.3	64.8	53.5	4.1	0.69	0.73
Diâmetro telesistólico do ventrículo esquerdo, DtsVE (mm)	27.3	45.5	33.9	3.4	0.76	0.61
Espessura do septo interventricular em diástole, SIVd (mm)	6.3	10.6	8.0	1.0	1.18	0.12
Espessura da parede posterior do ventrículo esquerdo, PPVEd (mm)	6.2	9.3	7.4	0.8	1.01	0.26
Fração de ejeção do ventrículo esquerdo, FejVE (%)	56.0	74.0	66.0	4.2	0.59	0.87
Fração de encurtamento do ventrículo esquerdo, FenVE (%)	29.8	43.0	36.7	3.0	0.59	0.88
Diâmetro da raiz da aorta, DRAO (mm)	21.7	34.0	27.3	2.5	0.65	0.80
Diâmetro da aurícula esquerda, DAE (mm)	26.3	47.9	35.9	4.2	0.69	0.73
Relação DAE/DRAO (%)	0.98	1.68	1.31	0.15	0.77	0.60
Massa do ventrículo esquerdo, MVE (g)	87.4	241.2	147.4	33.0	0.66	0.77
Índice de massa ventricular esquerda, IMVE (g/m ²)	54.59	121.57	82.99	14.49	0.59	0.88
Espessura parietal relativa do ventrículo esquerdo, EPRVE	0.24	0.36	0.29	0.03	0.63	0.82

A Tabela 3.2 apresenta a média e o desvio padrão para o grupo de atletas e também para o grupo de adolescentes escolares, procedendo ainda à comparação de médias entre grupos. O grupo de atletas é, em média, mais alto ($t=3,19$; $p<0,01$; $ES-r=0,39$) e com valores de corpulência superiores embora não significativos ($t=1,55$; $p=0,13$; $ES-r=0,20$) para a massa corporal. Com exceção da FejVE, FenVE, diâmetro da raiz da aorta (DRAO) e EPR do VE, os parâmetros ecocardiográficos diferem significativamente entre os dois grupos. Para as variáveis em que foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, os valores médios mais elevados foram encontrados no grupo de atletas, a saber: diâmetros telediastólico ($t=4,08$; $p<0,01$; $ES-r=0,48$) e telesistólico ($t=2,99$; $p<0,01$; $ES-r=0,37$) do VE, espessuras em diástole do septo interventricular ($t=4,40$; $p<0,01$; $ES-r=0,51$) e da parede posterior do ventrículo esquerdo ($t=4,48$; $p<0,01$; $ES-r=0,51$), DAE ($t=3,70$; $p<0,01$; $ES-r=0,44$), relação entre o DRAO e o DAE ($t=3,23$; $p<0,01$; $ES-r=0,39$), MVE ($t=5,94$, $p<0,01$, $ES-r=0,62$) e IMVE ($t=5,70$; $p<0,01$, $ES-r=0,61$).

Tabela 3.2 – Comparação entre o grupo de atletas (n = 30) e o grupo de não atletas (n = 28).

Variáveis	Atletas (Média ± SD)	Não Atletas (Média ± SD)	Teste de <i>Levene's</i>		<i>t-Student</i>		ES-r
			F	P	T	p	
Idade (anos)	15.37 ± 0.61	15.22 ± 1.27	30.76	<0.01	0.58	0.57	0.08
Estatura (cm)	175.2 ± 7.5	168.8 ± 7.7	0.01	0.97	3.19	<0.01	0.39
Massa corporal (kg)	68.0 ± 11.3	62.9 ± 13.8	0.52	0.47	1.55	0.13	0.20
Massa isenta de gordura (kg)	50.6 ± 13.2	48.4 ± 6.0	38.5	<0.01	0.82	0.42	0.11
Massa gorda (kg)	17.4 ± 9.2	14.4 ± 11.1	0.37	0.55	1.09	0.28	0.14
Superfície corporal (m ²)	1.82 ± 0.18	1.71 ± 0.19	0.01	0.92	2.24	<0.05	0.29
Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo (mm)	55.4 ± 4.2	51.5 ± 2.9	2.72	0.10	4.08	<0.01	0.48
Diâmetro telesistólico do ventrículo esquerdo (mm)	35.1 ± 3.7	32.6 ± 2.5	1.49	0.23	2.99	<0.01	0.37
Espessura septo interventricular em telediástole (mm)	8.5 ± 1.0	7.5 ± 0.7	2.29	0.14	4.40	<0.01	0.51
Espessura da parede posterior do ventrículo esquerdo em telediástole (mm)	7.8 ± 0.8	7.0 ± 0.6	2.81	0.10	4.48	<0.01	0.51
Fração de ejeção do ventrículo esquerdo (%)	65.7 ± 4.6	66.3 ± 3.8	0.54	0.46	- 0.53	0.60	0.07
Fração de encurtamento do ventrículo esquerdo (%)	36.6 ± 3.2	36.9 ± 2.9	0.04	0.95	- 0.30	0.76	0.04
Diâmetro da raiz da aorta (mm)	27.6 ± 2.4	27.1 ± 2.6	0.71	0.40	0.76	0.45	0.10
Diâmetro da aurícula esquerda (mm)	37.4 ± 4.2	33.7 ± 3.3	0.79	0.38	3.70	<0.01	0.44
Relação DAE/DRAO (%)	1.36 ± 0.16	1.25 ± 0.11	4.39	0.04	3.23	<0.01	0.39
Massa do ventrículo esquerdo (g)	166.9 ± 30.3	126.5 ± 21.0	4.46	0.04	5.94	<0.01	0.62
Índice de massa ventricular esquerda (g/m ²)	91.4 ± 12.8	74.0 ± 10.2	1.60	0.21	5.70	<0.01	0.61
Espessura parietal relativa ventrículo esquerdo	0.30 ± 0.03	0.28 ± 0.02	0.50	0.48	2.05	0.05	0.26

DRAO - Diâmetro da raiz da aorta, DAE - Diâmetro da aurícula esquerda, DAE/DRAO – Relação entre o diâmetro da raiz da aorta e o diâmetro da aurícula esquerda

A associação entre a MVE e a estatura, considerando a amostra total, o grupo de atletas e o grupo de não atletas é ilustrada na Figura 3.1, sendo apresentados os valores do coeficiente de correlação de 0,59 (95% CI: 0,39 a 0,73) para a totalidade da amostra, 0,57 (95% CI: 0,27 a 0,77) para os atletas e 0,40 (95% CI: 0,001 a 0,65) para os adolescentes escolares. Foram observadas relações não lineares entre a MVE e a estatura para os grupos e uma relação linear quando está em causa a totalidade da amostra.

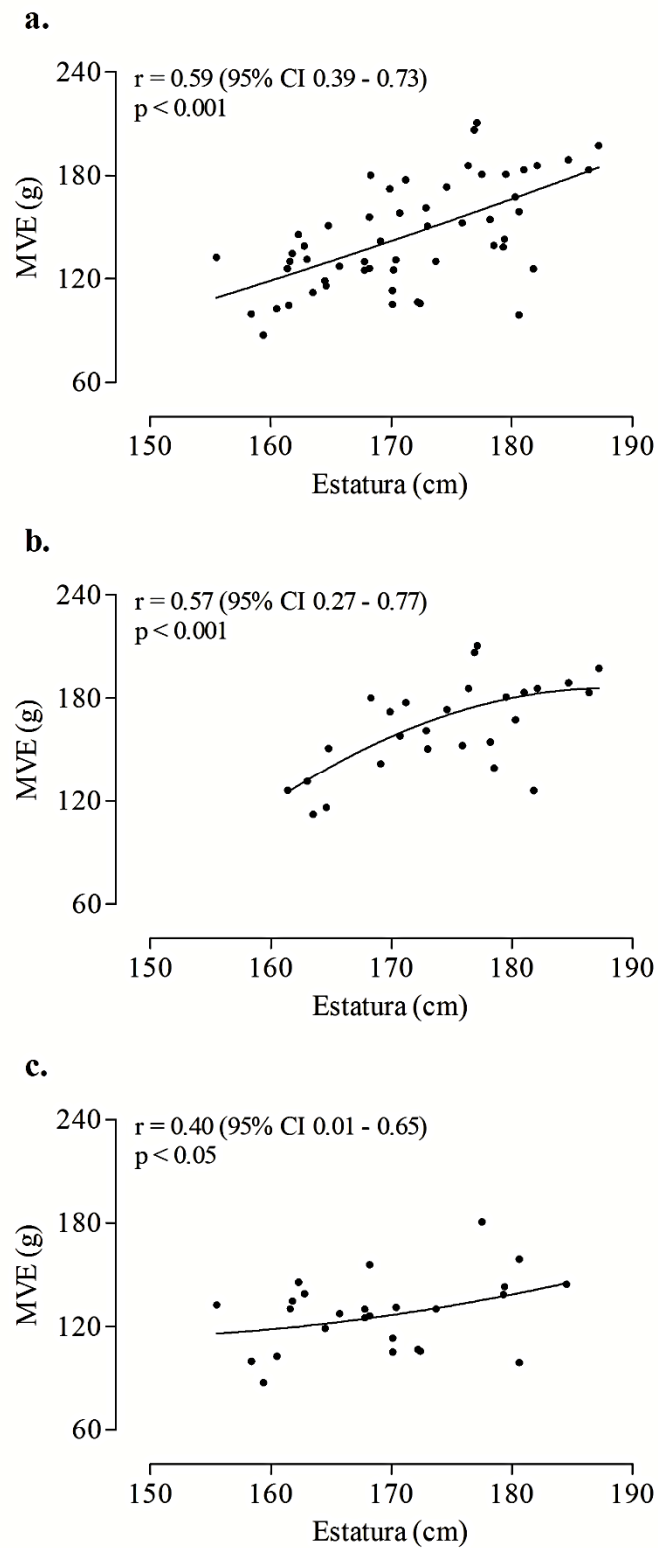


Figura 3.1. – Associação entre a massa do ventrículo esquerdo (MVE) e a estatura, considerando a amostra total (painel a), o grupo de atletas (painel b) e o grupo de não atletas (painel c).

A análise da covariância (ANCOVA), controlando para o efeito da estatura é apresentada na Tabela 3.3, tendo apenas como variáveis dependentes as resultantes da avaliação ecocardiográfica. Foram notadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos grupos, sendo os valores médios superiores consistentemente obtidos pelo grupo composto por basquetebolistas e hoquistas de elite: DtVE (F=8,19; $p<0,01$; ES- $r=0,36$), espessuras do SIVd (F=10,75; $p<0,01$; ES- $r=0,40$) e da PPVED (F=10,50; $p<0,01$; ES- $r=0,40$), DAE (F=6,78; $p<0,05$; ES- $r=0,33$), relação entre as dimensões da AE e da raiz da aorta (F=8,16; $p<0,01$; ES- $r=0,36$) e da MVE (F=20,26, $p<0,01$, ES- $r=0,52$) e IMVE (F=27,21; $p<0,01$, ES- $r=0,58$).

Tabela 3.3 – Médias ajustadas (erro padrão) para os grupos de atletas e não atletas e resultados da análise da covariância (ANCOVA), controlando para o efeito da estatura, para testar a variação das medidas do ventrículo esquerdo associadas ao estatuto de participação desportiva.

Variáveis	Atletas	Não Atletas	F	P	ES-r
Idade (anos)	15.22 ± 0.18	15.37 ± 0.18	0.33	0.57	0.08
Massa corporal (kg)	64.6 ± 1.8	66.5 ± 1.9	0.51	0.48	0.10
Massa isenta de gordura (kg)	47.4 ± 1.3	51.9 ± 1.3	5.90	< 0.05	0.31
Massa gorda (kg)	17.2 ± 2.0	14.6 ± 2.0	0.83	0.37	0.12
Superfície corporal (m ²)	1.76 ± 0.02	1.78 ± 0.02	0.44	0.51	0.09
Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo (mm)	54.9 ± 0.7	52.1 ± 0.7	8.19	< 0.01	0.36
Diâmetro telesistólico do ventrículo esquerdo (mm)	34.7 ± 0.6	33.1 ± 0.6	3.64	0.06	0.25
Espessura septo interventricular em diástole (mm)	8.4 ± 0.2	7.6 ± 0.2	10.75	< 0.01	0.40
Espessura parede posterior do ventrículo esquerdo (mm)	7.7 ± 0.1	7.1 ± 0.1	10.50	< 0.01	0.40
Fração de ejeção do ventrículo esquerdo (%)	65.8 ± 0.8	66.1 ± 0.8	0.04	0.85	0.03
Fração de encurtamento do ventrículo esquerdo (%)	36.7 ± 0.6	36.7 ± 0.6	0.01	0.98	0.01
Diâmetro da raiz da aorta. DRAO (mm)	27.3 ± 0.5	27.4 ± 0.4	0.08	0.78	0.04
Diâmetro da aurícula esquerda. DAE (mm)	37.0 ± 0.7	34.2 ± 0.7	6.78	< 0.05	0.33
Relação DAE/DRAO (%)	1.36 ± 0.03	1.25 ± 0.03	8.16	< 0.01	0.36
Massa do ventrículo esquerdo (g)	161.8 ± 4.4	132.0 ± 4.6	20.26	< 0.01	0.52
Índice de massa ventricular esquerda (g/m ²)	91.4 ± 2.2	74.0 ± 2.3	27.21	< 0.01	0.58
Espessura parietal relativa ventrículo esquerdo	0.29 ± 0.01	0.28 ± 0.01	2.52	0.12	0.21

DRAO - Diâmetro da raiz da aorta, DAE - Diâmetro da aurícula esquerda, DAE/DRAO – Relação entre o diâmetro da raiz da aorta e o diâmetro da aurícula esquerda

3.4. Discussão

O presente estudo examinou as diferenças entre atletas e não atletas relativamente à função e estrutura cardíaca. O estudo foi complementado com a utilização de uma análise que permitiu controlar as diferenças inter-individuais associadas à variação do tamanho corporal. A amostra do presente estudo apresenta valores médios de estatura (172,1 cm) e massa corporal (65,5 kg) muito semelhantes a um estudo populacional de adolescentes dos 15 aos 18 anos de idades que apresentaram valores de 173,4 cm e 64,0 kg para o percentil 50% da estatura e massa corporal (Coelho-e-Silva, 2002). O valor estatural da presente amostra é 1.0 cm mais elevado que o percentil 50% das tabelas de referência dos Estados Unidos da América para 183.5 meses de idade (Kuczmarski et al., 2002). Contudo, o grupo de atletas internacionais são, em média, 6.4 cm mais altos e 5.1 kg mais pesados que os seus pares do grupo de escolares.

Os resultados dos estudos realizados nos últimos 30 anos (Ayabakan et al., 2006; Epstein et al., 1975; Fagard, 2003; Makan et al., 2005; Maron et al., 1986c; Pelliccia et al., 1999) sugerem consistentemente um processo de remodelagem global do coração do atleta exposto sistematicamente ao processo de treino, realizado pelo aumento das cavidades e da espessura das paredes. No presente estudo, verificou-se que 8 (27%) dos atletas tinham diâmetros da AE superiores a 39 mm, enquanto 14 (47%) tinham um DtVE superior a 55 mm. No grupo de controle todos os indivíduos tinham diâmetros da AE dentro dos valores considerados normais e apenas 3 (11%) tinham DtVE superior a 55 mm. Ou seja, os atletas evidenciaram valores superiores e estatisticamente significativos em relação aos escolares tanto para os diâmetros das cavidades esquerdas como para a espessura das paredes, massa e IMVE.

Vários estudos realizados com amostras de adolescentes atletas apresentam resultados semelhantes aos do presente estudo (Foster et al., 2013; Hietalampi et al., 2012; Janz, 1995; Makan et al., 2005; Petridis et al., 2004; Sharma et al., 2002), existindo contudo outros trabalhos em que não foram encontradas diferenças nas dimensões das cavidades cardíacas entre atletas e controles (Allen et al., 1977; Rowland, 1987). No entanto, tal como acontece em estudos com atletas adultos, nos jovens atletas normalmente não são ultrapassados os limites superiores para a espessura das paredes e, quando tal sucede, estes incrementos estão associados a aumentos da

dimensão da cavidade. Contudo, estes dados devem ter em consideração o fato de em determinadas modalidades, como por exemplo o basquetebol, se assistir a um processo de seleção estatural, sendo difícil de distinguir os efeitos do treino desportivo sobre as dimensões da cavidade e da espessura das paredes, da variação decorrente do fato de estarem em comparação grupos com valores médios de estatura significativamente diferentes. Embora se verifique correlação estatisticamente significativa entre os valores da MVE e a estatura quando considerada a totalidade da amostra, a análise separada dos atletas e dos escolares sugere padrão de associação não linear quando as variáveis em estudo foram ajustadas.

As relações não lineares entre as dimensões lineares da estrutura cardíaca e o tamanho corporal, sugerem a impossibilidade de utilizar relações lineares na normalização dos parâmetros cardíacos. Este fato direciona à produção de modelos alométricos para grupos particulares de prática desportiva, como foi por exemplo efetuado com o hóquei em patins (Valente-dos-Santos et al., 2013). Outros trabalhos precedentes, focados especificamente na criação de um índice que removesse a variabilidade na MVE em função da variabilidade do tamanho corporal, indicam que o índice $MVE/estatura^{2.7}$ é o método mais adequado quando se consideram amostras de crianças e adolescentes (de Simone et al., 1992). A base fisiológica para a normalização da MVE para a estatura, por si só, não é isenta de críticas. Recentemente, Foster et al. (2013) mostraram que $MVE/estatura^{2.7}$ não permitia normalização adequada em rapazes adolescentes, nem mesmo quando se considerava a similaridade extensível dos intervalos de confiança. É espetável que as relações entre a MVE e as variáveis de tamanho corporal sejam distintas considerando diferentes estádios de desenvolvimento. Estudos futuros devem examinar a influência de vários indicadores de tamanho e composição corporal nas dimensões cardíacas, com recurso a técnicas estatísticas de *scaling* alométrico.

O presente estudo apresentou algumas limitações. A ressonância magnética é reconhecidamente o melhor critério para determinar a MVE. Contudo, o exame ecocardiográfico ainda é a metodologia mais utilizada, particularmente no contexto de prática clínica e ao considerar a população infanto-juvenil. A amostra estudada era apenas composta por sujeitos do sexo masculino e isto reduz a validade externa dos presentes resultados, para outras amostras. A análise destas associações numa

população mais velha, com a inclusão de sujeitos do sexo feminino e maior variabilidade de tamanho e composição corporal, será alvo de futura pesquisa. Será levado em consideração o interesse em obter valores de referência e índices de normalização da MVE, bem como modelos alométricos simples e multiplicativos incluindo medidas de maturação biológica, como por exemplo a idade óssea.

3.5. Conclusão

Controlando os efeitos da estatura, os dados do presente estudo sugerem a existência de diferenças significativas entre grupos atletas e não atletas, em que os jovens atletas apresentaram valores superiores para o DtVE, espessuras do SIVd e da PPVEd, DAE, relação entre os diâmetros da AE e da raiz da aorta e da massa e IMVE. Adicionalmente, as relações entre a MVE e o tamanho corporal mostraram-se não lineares, sugerindo a necessidade de recorrer a procedimentos alométricos não lineares de modo a normalizar adequadamente a MVE para a variabilidade inter-individual, resultante do tamanho corporal.

Capítulo IV

Estudo 2

Influência da modalidade desportiva na remodelagem cardíaca:
estudo em jovens atletas de elite

4. INFLUÊNCIA DA MODALIDADE DESPORTIVA NA REMODELAGEM CARDÍACA: ESTUDO EM JOVENS ATLETAS DE ELITE

4.1. Introdução

Os primeiros estudos interessados na adaptação do coração ao esforço datam da segunda metade do século XX (Thompson, 2004). Posteriormente, Morganroth et al. (1975) sugerem uma associação entre os tipos de esforço e as adaptações cardíacas que são naturalmente também o resultado de um conjunto vasto de determinantes ambientais e genéticas (Hunter et al., 1985; Pelliccia et al., 2002). Ora, o desporto oferece um importante campo de estudo para perceber o processo de remodelagem cardíaca. Vários estudos (Escudero et al., 2006; Fagard, 1996; 2003; Huonker et al., 1996; Iglesias et al., 2000; Longhurst et al., 1981; Madeira et al., 2008; Möckel et al., 1996; Naylor et al., 2008; Pluim et al., 2000; Sagiv et al., 2007) apontam para a existência de uma remodelagem do VE de tipo concêntrico ou excêntrico consoante a modalidade praticada. A literatura disponível ainda não abrange totalmente o vasto espectro de modalidades desportivas, organizando o conhecimento por nível competitivo, sexo e escalão etário. Adicionalmente, atletas de uma mesma modalidade e expostos a metodologias de treino aparentemente similares, parecem evidenciar distintos processos de remodelagem (Morganroth et al., 1975), confirmando este processo complexo e multifactorial (Baggish et al., 2007; Barbier et al., 2006; Naylor et al., 2008).

Complementarmente, não foram encontradas evidências de adaptação cardíaca dicotômica entre atletas de modalidades com predominância da força na estrutura do rendimento (Haykowsky et al., 2000; Haykowsky et al., 2002; Shapiro, 1983; Wernstedt et al., 2002; Whyte et al., 2004). Outros trabalhos sugerem o grau de solicitação dos membros superiores como elemento relevante para o processo de remodelagem cardíaca (Gates et al., 2003). A situação torna-se mais complexa quando o objeto de estudo corresponde a modalidades desportivas com uma estrutura de rendimento combinada, em que não é possível identificar um fator de rendimento predominante, ou mesmo uma estrutura de rendimento muito variável de acordo com o escalão, o nível competitivo e a configuração da época desportiva, tornando difícil associar adaptações orgânicas

específicas a aspetos particulares da dinâmica da carga de treino e da estrutura do rendimento.

Os estudos disponíveis descrevem a morfologia e função do VE e demais parâmetros cardíacos em atletas adolescentes (Ayabakan et al., 2006; Basavarajaiah et al., 2007; Eisenmann et al., 2007; Madeira et al., 2008; Makan et al., 2005; Mitchell et al., 1971; Zdravkovic et al., 2010), mas nem sempre os resultados relativos às relações que se estabelecem entre as dimensões das cavidades e a espessura das paredes consideram o eventual efeito espúrio da variação que ocorre entre modalidades no que se refere ao tamanho corporal, proporcionalidade entre o tronco e os membros e mesmo a composição corporal. As dimensões da estrutura cardíaca em crianças e jovens foram assumidas como diretamente proporcionais à estatura (Epstein et al., 1975), pelo que a comparação entre atletas de diferentes modalidades deve ter em consideração, pelo menos esta fonte de variação.

Modalidades como o basquetebol, o hóquei (no gelo) e a natação foram classificados como desportos com componentes estática moderada e dinâmica alta, ao invés do judo que é classificado como tendo uma componente estática alta e dinâmica baixa (Mitchel et al., 2005). Neste quadro de referência, o hóquei em patins não é considerado, embora se possa aceitar como modalidade análoga do hóquei no gelo. A FC média durante um jogo de basquetebol ronda os 171 batimentos por minuto (Ben Abdelkrim et al., 2007), apesar do basquetebol ser caracterizado pela existência de múltiplos e repetidos episódios de intensidade elevada e curta duração (Ben Abdelkrim et al., 2010; Krstrup et al., 2006; McInnes et al., 1995), sendo naturalmente tido como uma modalidade em que predominam solicitações energéticas da via anaeróbia (Balciunas & Stonkus, 2003). O hóquei em patins, tal como a generalidade dos jogos desportivos coletivos, apresenta uma estrutura complexa (Mendo & Argilaga, 2002), estimando-se que 71% do tempo de jogo é preenchido por atividades intermitentes de elevada intensidade, sendo a distância percorrida, em média, de 16 km (Kingman & Dyson, 1997). Aliás, um trabalho realizado com 14 hoquistas espanhóis (20-32 anos de idade) mostrou uma FC média de 163.5 batimentos por minuto e uma concentração de lactato referenciada $4,20 \pm 0,95$ mmol l⁻¹ (Bonafonte et al., 1994). Apesar de alguma similaridade entre jogos desportivos coletivos, relativamente à natureza intermitente do esforço, no hóquei em patins os jogadores são caracterizados por uma dominância

mesomórfica, isto é, desenvolvimento da estrutura músculo-esquelética (Coelho-e-Silva et al., 2012; Rodriguez et al., 1991), ao contrário do basquetebol que atrai jogadores de elevada estatura. Por sua vez, o judo traduz-se num desporto onde é fundamental a aplicação repetida de força, velocidade e resistência (Weineck, 1999), sendo a natação caracterizada por modelos de preparação desportiva, idades de iniciação e especialização mais baixas, relativamente a todas as modalidades anteriormente enunciadas.

Com efeito, o presente trabalho examina a variação da morfologia do coração associado a um conjunto de modalidades desportivas que se caracterizam por modelos de preparação a longo prazo distintos, diferentes metodologias de treino e competição, a par de processos singulares de seleção e promoção dos atletas mais talentosos. Pretende-se com este esforço, complementar o estudo anterior que apenas procede à análise comparativa de jovens adolescentes não atletas e atletas.

4.2. Métodos

Amostra

O presente estudo compreende jovens atletas de várias modalidades (n=164, 15,28±0,76 anos): 42 basquetebolistas, 73 hoquistas, 28 judocas e 21 nadadores. Foram constituídos vários grupos de acordo com a idade: 14.00-14.9 anos; 15.0-15.9 anos e 16.0-16.9 anos. Todos os atletas estavam envolvidos na prática desportiva federada há pelo menos cinco anos. Nenhum participante apresentou evidências de doença orgânica, nem se encontrava sob o efeito de qualquer substância ativa (medicação ou suplementação ergogénica). O estudo foi aprovado pelo *Conselho Científico* da FCDEF da *Universidade de Coimbra* e posteriormente pela *Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia* [processo SFRH/PROTEC/67972/2010], tendo sido respeitados os princípios da Declaração de Helsínquia. Os responsáveis e os participantes assinaram, respectivamente, os termos de consentimento e de assentimento livre e esclarecido, tendo sido garantido o carácter voluntário da participação, bem como a confidencialidades dos dados.

Antropometria de corpo todo

A estatura, massa corporal e as pregas de gordura subcutânea tricipital e subescapular foram avaliadas por um único e experiente antropometrista, seguindo os procedimentos descritos por Lohman, Roche e Martorell (1988). A estatura foi medida com um estadiômetro *Harpender* (modelo 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, Reino Unido) e a massa corporal com uma balança SECA (modelo 770, Hanover, MD, Estados Unidos). As pregas de gordura subcutânea foram medidas com um adipômetro Lange Skinfold Caliper (Beta Technology, Ann Arbor, MI, Estados Unidos). Os erros técnicos de medida para a estatura (0.27 cm), massa corporal (0.47 kg) e pregas de gordura subcutânea (0.47-0.72 mm) estão dentro da amplitude de valores reportados em diversos inquéritos de saúde nos Estados Unidos e uma variedade de levantamentos de campo (Malina et al., 2004). A percentagem de massa gorda foi estimada pelo protocolo de Slaughter et al (1988). Posteriormente, foram determinados os valores absolutos, em kg, da massa gorda e da massa isenta de gordura.

Avaliação ecocardiográfica

Para a avaliação da morfologia cardíaca foi utilizado um ecocardiógrafo GE *Vivid 3*, com sonda multifrequência 1.5-3.6 MHz (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Noruega). As imagens em modo M foram registradas a partir da incidência paraesternal-eixo longo sob visualização direta da respectiva imagem bidimensional. As dimensões e espessuras foram registradas em repouso sendo os parâmetros selecionados coincidentes com os de outros estudos similares realizados com adolescentes (Eisenmann et al., 2007) e com jovens atletas (Basavarajaiah et al., 2007; Makan et al., 2005; Sagiv & Ben-Sira, 2007). Todos os exames ecocardiográficos foram realizados pelo mesmo operador de acordo com as recomendações da SAE e da AEE (Lang et al., 2006; Lang et al., 2005; Sahn et al., 1978). Foram determinados os diâmetros da raiz da aorta, da AE, o DtVE e o DtsVE e as espessuras do SIVd e da PPVEd. Com base nas dimensões anteriores determinou-se a MVE, estimada pela fórmula cúbica da SAE modificada por Devereux et al. (1998), com as medidas dos preditores (SIVd, DtVE e PPVEd) a serem expressas em milímetros:

$$\text{MVE (g)} = 0,8 \{1,04 [(\text{SIVd} + \text{DtVE} + \text{PPVEd})^3 - \text{DtVE}^3]\} + 0.6$$

(Equação 1)

A MVE foi corrigida para a SC, pela equação 2 (DuBois & DuBois, 1916), permitindo o cálculo do IMVE (g/m²). Subsequentemente, determinou-se a EPR do VE tal como descrito pela equação 3, de modo a distinguir um perfil concêntrico (≥ 0.44) ou excêntrico (< 0.44) do VE (Madeira, et al., 2008; Osborn et al., 2007; Venckunas et al., 2008b, Zdravkovic, et al., 2010):

$$\text{SC (m}^2\text{)} = 0,007184 [\text{massa corporal (kg)}]^{0,425} \times [\text{estatura (cm)}]^{0,725} \text{ (Equação 2)}$$

$$\text{EPR} = [(\text{SIVd} + \text{PPVEd}) / \text{DDVE}] \text{ (Equação 3)}$$

A função sistólica do VE, é traduzida através do cálculo das frações de encurtamento e de ejeção. A fração de encurtamento recorre aos DtVE e DtsVE e a fração de ejeção recorre ao VTDVE e VTSVE através das equações 4 e 5 (Lang et al., 2006; Lang et al., 2005; Madeira et al., 2008; Pavlik et al., 2010):

$$\text{FenVE} = [(\text{DtVE} - \text{DtsVE}) / \text{DtVE}] \times 100 \text{ (Equação 4)}$$

$$\text{FejVE} = [(\text{VTDVE} - \text{VTSVE}) / \text{VTDVE}] \times 100 \text{ (Equação 5)}$$

A qualidade dos dados foi apreciada através da determinação da variabilidade intra-observador recorrendo a um subgrupo aleatória de 20 indivíduos (basquetebolistas, $n = 5$; hoquistas, $n = 5$; não atletas, $n = 10$) que foram avaliados a reavaliados com uma semana de intervalo pelo mesmo investigador, utilizando o mesmo equipamento e na observância dos procedimentos acima descritos. Foi determinada a diferença e percentagem de diferença entre as duas medições considerando os seus LC a 95% (Bland & Altman, 2012), para as dimensões das cavidades e espessuras cardíacas (0.02-0.17 mm; 95% LC – 1.95 a 2.28 mm). Os parâmetros resultantes da avaliação das

medidas anteriores apresentaram percentagem de variabilidade intra-observador variando entre 0.3-0.8 % (95% LC – 4.1 a 8.1 %).

Análise estatística

Foram calculados os valores mínimos, máximo, média e desvio padrão para todas as variáveis. Procedeu-se ao cálculo das frequências absolutas de adolescentes observados por grupo etário, considerando adicionalmente, a classificação por modalidade desportiva. Subsequentemente, recorreu-se à análise da variância (ANOVA) para estudar a variação associada à idade, considerando a totalidade da amostra nas medidas de tamanho corporal, bem como nas medidas e parâmetros resultantes da avaliação ecocardiográfica. Por fim, recorreu-se novamente à ANOVA para obter nova comparação entre os atletas de diferentes modalidades desportivas. Para as duas análises de variância, foi calculada a magnitude do efeito da correlação ($ES-r$), estimada através da raiz quadrada do rácio do valor de t ao quadrado e a diferença entre o valor t ao quadrado e os graus de liberdade (Rosnow & Rosenthal, 1996). O nível de significância foi mantido em 5%, valor estabelecido para ciências sociais e comportamentais. Para se proceder ao tratamento estatístico dos dados foi utilizado o “*software*”, “Statistical Program for Social Sciences – SPSS”, versão 19.0 para o Windows.

4.3. Resultados

As características da amostra total do estudo são apresentadas na Tabela 4.1. As medidas de dispersão dadas pela amplitude de variação são bastante elevadas, isto é, 52 cm para estatura e 72.9 kg para a massa corporal. Os valores de tendência central encontrados para os parâmetros ecocardiográficos mostram um ligeiro aumento do diâmetro da cavidade ventricular esquerda (54.5 mm) para estas idades, sugerindo um perfil marcadamente excêntrico (0.28).

Tabela 4.1 - Características da amostra total do estudo (n = 164).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	13.31	16.66	15.28	0.76
Estatura (cm)	143.6	195.6	172.7	8.4
Massa corporal (Kg)	38.4	111.3	65.2	12.6
SC (m ²)	1.24	2.32	1.77	0.19
DtVE (mm)	44.2	65.0	54.5	4.2
DtsVE (mm)	24.9	45.5	34.4	3.4
SIVd (mm)	5.8	10.6	8.0	0.8
PPVEd (mm)	5.5	10.0	7.5	0.8
FejVE (%)	42.0	76.0	65.5	4.5
FenVE (%)	29.8	45.3	36.7	3.1
DRAO (mm)	19.6	34.0	27.5	2.7
DAE (mm)	20.0	47.9	35.9	4.2
DAE/DRAO (%)	0.77	2.00	1.32	0.17
MVE (g)	83.1	258.1	152.8	33.6
IMVE (g/m ²)	54.59	136.10	85.90	14.87
EPRVE	0.22	0.36	0.28	0.03

SC - Superfície corporal, DtVE - Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo, DtsVE - Diâmetro telesistólico do ventrículo esquerdo, SIVd - Espessura telediastólica do septo interventricular, PPVEd - Espessura telediastólica da parede posterior do ventrículo esquerdo, FejVE - Fração de ejeção do ventrículo esquerdo, FenVE - Fração de encurtamento do ventrículo esquerdo, DRAO - Diâmetro da raiz da aorta, DAE - Diâmetro da aurícula esquerda, DAE/DRAO - Relação entre o diâmetro da aurícula esquerda e o diâmetro da raiz da aorta, MVE - Massa ventricular esquerda, IMVE - Índice de massa ventricular esquerda, EPRVE - Espessura parietal relativa do ventrículo esquerdo.

A distribuição absoluta da amostra pelos subgrupos do estudo, cruzada com o grupo etário, é apresentada na Tabela 4.2, observando-se uma sobre-representação de atletas no grupo etário dos 15 anos de idade (n = 100) em contraste com os grupos etários limítrofes (14 anos: n = 41; 16 anos: n = 23).

Tabela 4.2 – Frequências absolutas de adolescentes observados por grupo etário, considerando a classificação por modalidade desportiva.

	Basquetebol (n = 42)	Hóquei em patins (n = 73)	Judo (n = 28)	Natação (n = 21)
14.0 – 14.9	13	14	9	5
15.0 – 15.9	20	46	18	16
16.0 – 16.9	9	13	1	0
Total (%)	25.6%	44.5%	17.1%	12.8%

A variação associada à idade para a totalidade da amostra de atletas é apresentada na Tabela 4.3. Compreensivelmente, os grupos etários de 15 e 16 anos têm valores médios superior na estatura ($F=5.039$; $p<0.01$; $ES-r=0.243$) e SC ($F=3.984$; $p<0.05$; $ES-r=0.217$). Embora esta tendência também se verifique em relação à massa corporal, os valores não são estatisticamente significativos. Adicionalmente e no que diz respeito aos parâmetros ecocardiográficos, os atletas dos grupos etários de 15 e 16 anos, comparativamente aos seus pares de 14 anos, têm médias superiores nos diâmetros telediastólico ($F=4.211$; $p<0.05$; $ES-r=0.223$) e telesistólico ($F=5.215$; $p<0.01$; $ES-r=0.247$) do VE bem como na espessura do SIVd ($F=3.197$; $p<0.05$; $ES-r=0.195$). Complementarmente, o DAE ($F=6.881$; $p<0.01$; $ES-r=0.281$) e a MVE ($F=4.432$; $p<0.05$; $ES-r=0.228$) mostraram-se superiores no grupo etário de 16 anos.

Tabela 4.3 – Variação associada à idade para a totalidade da amostra de atletas.

Variáveis	14.0 – 14.9 (Média ± SD)	15.0 – 15.9 (Média ± SD)	16.0 – 16.9 (Média ± SD)	F	p	ES-r	Comparações <i>Post hoc</i> *
Estatura (cm)	170.2 ± 9.5	174.0 ± 7.3	176.5 ± 9.2	5.039	0.008	0.243	S17 > S15; S16 > S15
Massa corporal (Kg)	62.6 ± 13.5	65.9 ± 11.7	69.9 ± 11.8	2.723	0.069	0.181	
SC (m ²)	1.72 ± 0.22	1.79 ± 0.17	1.85 ± 0.19	3.984	0.020	0.217	S17 > S15
DtVE (mm)	53.5 ± 4.4	55.2 ± 3.8	56.5 ± 4.5	4.211	0.016	0.223	S17 > S15; S16 > S15
DtsVE (mm)	33.4 ± 3.7	35.0 ± 3.1	36.0 ± 3.3	5.215	0.006	0.247	S17 > S15; S16 > S15
SIVd (mm)	7.8 ± 1.0	8.1 ± 0.8	8.2 ± 0.7	3.197	0.044	0.195	S17 > S15; S16 > S15
PPVEd (mm)	7.4 ± 1.0	7.6 ± 0.7	7.7 ± 0.8	1.454	0.237	0.133	
FejVE (%)	66.2 ± 6.1	65.1 ± 4.0	64.9 ± 4.4	0.865	0.423	0.103	
FenVE (%)	37.5 ± 3.4	36.4 ± 2.9	36.1 ± 3.4	2.171	0.117	0.162	
DRAO (mm)	26.8 ± 2.7	27.8 ± 2.7	27.8 ± 2.6	2.035	0.134	0.157	
DAE (mm)	34.6 ± 4.1	36.5 ± 4.1	38.4 ± 4.0	6.881	0.001	0.281	S17 > S16 > S15
DAE/DRAO (%)	1.30 ± 0.18	1.32 ± 0.18	1.39 ± 0.15	1.865	0.158	0.150	
MVE (g)	145.9 ± 38.5	158.9 ± 29.8	170.3 ± 33.6	4.432	0.013	0.228	S17 > S16 > S15
IMVE (g/m ²)	83.8 ± 14.4	88.8 ± 14.8	91.5 ± 13.2	2.544	0.082	0.175	
EPRVE	0.28 ± 0.03	0.29 ± 0.02	0.28 ± 0.02	0.121	0.886	0.039	

SC - Superfície corporal, DtVE - Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo, DtsVE - Diâmetro telesistólico do ventrículo esquerdo, SIVd - Espessura telediastólica do septo interventricular, PPVEd - Espessura telediastólica da parede posterior do ventrículo esquerdo, FejVE - Fração de ejeção do ventrículo esquerdo, FenVE - Fração de encurtamento do ventrículo esquerdo, DRAO - Diâmetro da raiz da aorta, DAE - Diâmetro da aurícula esquerda, DAE/DRAO - Relação entre o diâmetro da aurícula esquerda e o diâmetro da raiz da aorta, MVE - Massa ventricular esquerda, IMVE - Índice de massa ventricular esquerda, EPRVE - Espessura parietal relativa do ventrículo esquerdo.

As características antropométricas e as variáveis ecocardiográficas mostraram-se sensíveis ao tipo de modalidade praticada (Tabela 4.4). Compreensivelmente, os basquetebolistas apresentam-se mais altos ($F=23.448$; $p<0.001$; $ES-r = 0.553$), mais pesados ($F=6.702$; $p<0.001$; $ES-r = 0.334$) e com maior SC ($F=11.896$; $p<0.001$; $ES-r=0.427$) que os hoquistas, judocas e nadadores. A variação associada à modalidade desportiva para os parâmetros ecocardiográficos, apenas se revela como sendo significativa para algumas variáveis da morfologia cardíaca. Os basquetebolistas, hoquistas e nadadores apresentam valores superiores na espessura do SIVd ($F=7.287$; $p<0.001$; $ES-r=0.347$) e também na espessura da PPVEd ($F=8.038$; $p<0.001$; $ES-r=0.362$) comparativamente aos judocas. O mesmo acontece na prova de comparação entre médias tendo como variável dependente a MVE ($F=7.015$, $p<0.001$, $ES-r=0.341$) e o IMVE ($F=9.463$; $p<0.001$, $ES-r=0.388$). Os basquetebolistas e os hoquistas apresentam uma cavidade auricular esquerda de maior dimensão, comparativamente aos judocas ($F=3.865$; $p=0.011$, $ES-r=0.316$). Por fim, os dados apontam para uma maior EPRVE dos nadadores em relação aos judocas ($F=4,127$, $p=0,008$, $ES-r=0,268$), sendo os nadadores caracterizados por um perfil do VE marcadamente excêntrico.

Tabela 4.4 – Características da amostra de atletas organizados por modalidade desportiva e análise da variância para testar a variação associada à modalidade praticada.

Variáveis	Basquetebol. B (Média ± SD)	Hóquei em patins. HP (Média ± SD)	Judo. J (Média ± SD)	Natação. N (Média ± SD)	F	P	ES-r	Comparações Post hoc*
Idade (anos)	15.32 ± 0.64	15.29 ± 0.73	15.23 ± 0.49	15.35 ± 0.43	0.147	0.931	0.053	
Estatura (cm)	181.1 ± 7.8	169.9 ± 6.9	171.4 ± 7.4	172.8 ± 5.0	23.448	< 0.001	0.553	B > HP; B > J; B > N
Massa corporal (Kg)	72.4 ± 11.0	63.9 ± 11.3	63.6 ± 16.2	60.7 ± 6.0	6.702	< 0.001	0.334	B > HP; B > J; B > N
SC (m ²)	1.92 ± 0.17	1.74 ± 0.17	1.74 ± 0.23	1.72 ± 0.09	11.896	< 0.001	0.427	B > HP; B > J; B > N
DtVE (mm)	56.0 ± 3.9	55.0 ± 4.6	53.3 ± 3.5	55.1 ± 3.3	2.561	0.057	0.214	
DtsVE (mm)	35.1 ± 3.3	35.1 ± 3.6	33.4 ± 3.2	34.7 ± 2.6	1.825	0.145	0.182	
SIVd (mm)	8.2 ± 0.8	8.1 ± 0.8	7.5 ± 0.7	8.4 ± 0.8	7.287	< 0.001	0.347	B > J; HP > J; N > J
PPVEd (mm)	7.8 ± 0.9	7.6 ± 0.7	7.0 ± 0.6	8.0 ± 0.8	8.038	< 0.001	0.362	B > J; HP > J; N > J
FejVE (%)	66.9 ± 4.6	64.5 ± 4.3	64.9 ± 6.0	66.0 ± 3.2	2.710	0.057	0.220	
FenVE (%)	37.2 ± 3.5	36.3 ± 3.1	36.7 ± 3.2	37.0 ± 2.4	0.831	0.479	0.124	
DRAO (mm)	28.2 ± 2.7	27.5 ± 2.6	26.4 ± 2.2	27.8 ± 3.2	2.596	0.054	0.215	
DAE (mm)	37.3 ± 4.4	36.7 ± 4.5	34.1 ± 3.6	35.6 ± 2.8	3.865	0.011	0.260	B > J; HP > J
DAE/DRAO (%)	1.33 ± 0.18	1.34 ± 0.19	1.30 ± 0.14	1.30 ± 0.19	0.723	0.540	0.116	
MVE (g)	167.5 ± 35.4	157.5 ± 32.5	134.3 ± 23.7	166.6 ± 29.8	7.015	< 0.001	0.341	B > J; HP > J; N > J
IMVE (g/m ²)	86.8 ± 13.7	90.2 ± 14.7	77.1 ± 8.6	96.5 ± 14.9	9.463	< 0.001	0.388	B > J; HP > J; N > J
EPRVE	0.29 ± 0.03	0.29 ± 0.02	0.27 ± 0.03	0.30 ± 0.03	4.127	0.008	0.268	N > J

* Só são identificadas as comparações com diferenças estatisticamente significativas.

SC - Superfície corporal, DDVE - Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo, DSVE - Diâmetro telesistólico do ventrículo esquerdo, SIVd - Espessura telediastólica do septo interventricular, PPVEd - Espessura telediastólica da parede posterior do ventrículo esquerdo, FejVE - Fração de ejeção do ventrículo esquerdo, FenVE - Fração de encurtamento do ventrículo esquerdo, DRAO - Diâmetro da raiz da aorta, DAE - Diâmetro da aurícula esquerda, DAE/DRAO - Relação entre o diâmetro da aurícula esquerda e o diâmetro da raiz da aorta, MVE - Massa ventricular esquerda, IMVE - Índice de massa ventricular esquerda, EPRVE - Espessura parietal relativa do ventrículo esquerdo

4.4. Discussão

Reconhecendo a complexidade decorrente das dificuldades em distinguir os efeitos do treino desportivo do crescimento e da maturação biológica, o presente trabalho analisou os efeitos da idade e modalidade desportiva sobre o processo de remodelagem das cavidades do coração do jovem atleta, nos anos terminais da adolescência. Aliás, Manolas et al. (2001) referem estas idades como sendo o período de maior aumento das cavidades cardíacas. No presente estudo, o diâmetro telediastólico médio do VE apresenta-se 1,7 mm superior nos atletas de 15 anos, comparativamente ao valor médio determinado para os atletas com idade imediatamente inferior, isto é, 14 anos. Da mesma forma, encontrou-se uma diferença média de 1.3 mm entre os grupos de 15 e 16 anos, com os valores mais elevados a serem apresentados pelos atletas mais velhos. Esta variação direta entre a idade e as medidas do DtVE, é coincidente com o incremento da estatura e SC dos adolescentes mais novos para os mais velhos.

Tem sido amplamente aceite a ideia de diferentes modalidades de treino físico resultarem em padrões divergentes de adaptação cardíaca em atletas (Basavarajaiah et al., 2008). No entanto, deve igualmente reconhecer-se a associação que se estabelece entre a antropometria do corpo todo e a generalidade dos parâmetros ecocardiográficos (Batterham et al., 1999; George et al., 2009). Naturalmente, os valores mais elevados de tamanho corporal traduzem-se em valores mais elevados das dimensões da raiz da aorta, AE, cavidades ventriculares e espessura das paredes do VE, seja em jovens atletas (Pelliccia et al., 1991) seja em atletas adultos (Nathan et al., 2012). Recentemente, um estudo com hoquistas masculinos com idades entre os 14.5 e os 16.5 anos determinou correlações entre a MVE e vários indicadores: 0.36 com a IC, 0.50 com a idade esquelética (IE), 0.52 com a estatura, 0.61 com a altura sentado, e 0.56 com a massa isenta de gordura (Valente-dos-Santos et al., 2013).

No presente estudo, ao organizar a análise das médias por modalidade desportiva, verificou-se que os basquetebolistas são mais altos, mais pesados e conseqüentemente apresentam maior SC comparativamente aos seus pares das restantes três modalidades desportivas. Aliás, os basquetebolistas estão reconhecida e consensualmente entre os grupos de atletas com maior tamanho corporal (Abernethy et al., 2003; Corrado et al., 2005) e são também os que apresentam valores superiores para

o DAE, espessuras do SIVd e PPVEd, MVE e IMVE. Neste aspeto particular, os resultados do presente estudo revelam-se semelhantes aos de Madeira et al. (2008), igualmente desenvolvido com jovens de 15-16 anos de idade. As variações das dimensões do coração não podem ser apenas atribuíveis ao efeito adaptativo ao treino.

Com base nos resultados do presente estudo, verificámos que os judocas apresentam espessura do SIVd, da PPVEd, da MVE e do IMVE inferior a todos os outros atletas e um DAE inferior aos basquetebolistas e hoquistas. Outros estudos (Madeira et al., 2008) que compreenderam atletas do mesmo grupo etário referem que os nadadores são detentores de cavidades ventriculares menores, mas com valores superiores nas espessuras do SIVd e da PPVEd, comparativamente aos jovens hoquistas. No presente estudo, embora também se verifique uma tendência para valores médios ligeiramente mais elevados, as diferenças não são estatisticamente significativas.

Os nadadores, quando comparados com grupos de controlo, frequentemente apresentam valores superiores nos diâmetros das cavidades e da espessura das paredes do VE (Hollman et al., 1986; Medved et al., 1986; Obert et al., 1998; Triposkiadis et al., 2002). Futuros estudos devem assumir um desenho longitudinal misto em amostras provenientes de uma só modalidade, ou desejavelmente, em subamostras extraídas de mais do que uma modalidade, associando aos preditores longitudinais medidas capazes de descreverem o volume e intensidade semanal de treino e competição. Em relação à EPRVE, todas as modalidades estudadas apresentam um perfil marcadamente excêntrico, mas, nos judocas, esse perfil é significativamente mais acentuado em relação aos nadadores. Embora alguns autores refiram que o alargamento da AE é também uma componente do coração do atleta (D'Ascenzi et al., 2012), no presente estudo, e tal como nas restantes variáveis ecocardiográficas estudadas, não foram encontradas alterações significativas entre os grupos, sendo possível que se assistam a maiores diferenças entre atletas e não atletas do que entre atletas de diferentes modalidades.

O estudo da função sistólica, realizado através do cálculo das frações de encurtamento e de ejeção do VE confirmam os dados referidos pela literatura (Arrese et al., 2006; Barbier et al., 2006; D'Andrea et al., 2002; Hoogsteen et al., 2004; Whyte et al., 2004), isto é, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos

estudados. Este facto, demonstra que o aumento das cavidades e da espessura das paredes do VE, representa para os atletas um aumento da performance cardíaca sem qualquer prejuízo a nível funcional, a exemplo de outras situações (patológicas) que podem evoluir para aumento das dimensões cardíacas. É que neste caso, o aumento das dimensões deve-se ao treino desportivo e é realizado numa forma harmónica obedecendo à proporção com o peso corporal (Dickhuth et al., 1996).

Concluimos assim que, apesar de terem sido consideradas modalidades substancialmente diferentes, podem estar reunidas diferentes fontes de variação que se prendem com as dinâmicas do processo de treino e competição e correspondentemente com os mecanismos adaptativos, em sobreposição com organizações muito particulares do processo de formação desportiva a longo prazo que atribui significados diferentes às mesmas idades e, talvez não menos importante, a processos de seleção e promoção que colocam nas várias modalidades atletas que eram aprioristicamente diferentes em traços de menor ou nula treinabilidade como seja a estatura. Aliás, Maron et al. (2006b) referem que 25% das alterações cardíacas presentes em atletas se devem a fatores ainda não totalmente conhecidos, como por exemplo o papel atribuído à enzima conversora da angiotensina na remodelagem fisiológica do VE (Whyte et al., 2004), o que pode ajudar a explicar o facto de existirem atletas que, apesar de terem características antropométricas semelhantes e serem submetidos à mesma intensidade de treino, evidenciem diferentes adaptações cardíacas e de rendimento (Ghorayeb et al., 2005).

4.5. Limitações

A comparação, para as mesmas variáveis, entre grupos de atletas e não atletas foi efetuada num trabalho anterior, sendo o presente estudo um alinhamento de continuidade. Foram tidas em consideração quatro modalidades desportivas, tornando-se difícil obter resultados estatisticamente significativos com tantos grupos. É possível que a escolha de apenas duas modalidades, claramente contrastantes, resulte numa associação de maior magnitude. A ressonância magnética é reconhecidamente o método mais adequado para determinação da MVE, embora o exame ecocardiográfico ainda seja a metodologia mais utilizada, particularmente no contexto de prática clínica e

sobretudo, na população infanto-juvenil. A idade óssea assume-se como o indicador critério para a avaliação da maturação biológica, contudo a exposição a radiação, ainda que em doses reduzidas, e os custos envolvidos não permitiram que fosse determinada.

Futuros estudos devem considerar o atleta feminino e outras idades coincidentes com períodos de maior especialização desportiva, 17-19 anos. Por outro lado, pode igualmente considerar-se o estudo da variabilidade das medidas decorrentes do exame ecocardiográfico com medidas de composição corporal.

Capítulo V

Estudo 3

Massa ventricular esquerda em jovens basquetebolistas:
modelação para o tamanho adotando diferentes descritores

5. MASSA VENTRICULAR ESQUERDA EM JOVENS BASQUETEBOLISTAS: MODELAÇÃO PARA O TAMANHO ADOTANDO DIFERENTES DESCRITORES

5.1. Introdução

As alterações adaptativas ocorridas na estrutura e função cardíaca em atletas expostos durante períodos plurianuais a cargas de treino organizadas com a preocupação de promover a otimização dos principais atributos tanto físicos como fisiológicos e que se associam ao rendimento numa dada modalidade desportiva, são geralmente referidas como “coração de atleta”. Estas alterações, traduzem-se no aumento da dimensão interna da cavidade do VE, da espessura das paredes, da MVE e do DC, com conseqüente diminuição da FC de repouso. Tanto as adaptações estruturais como as funcionais resultam da frequência, do volume e da intensidade dos programas de treino ministrados (D'Andrea et al., 2011; Giada et al., 1998; Sharma et al., 2002).

Esforços prolongados e de baixa intensidade, como andar de bicicleta, correr ou nadar, ao envolverem porções substanciais de massa muscular em atividade, concorrem para uma elevada solicitação de fornecimento sanguíneo que terá de ser suprido pelo aumento da FC e da ejeção de sangue em cada sístole. É esta exposição recorrente do organismo a este tipo de esforços, que tende a promover o aumento do diâmetro da cavidade ventricular esquerda (Venckunas et al., 2008a). Por outro lado, os esforços de alta intensidade, obrigatoriamente com menor duração, estariam mais relacionados com o aumento de espessura das paredes e da MVE. Assim, quando comparados com outras modalidades desportivas, os corredores de longa distância apresentam aumento das dimensões do VE (Venckunas, 2008b) enquanto, por exemplo, os culturistas tendem a apresentar um aumento da espessura das paredes do VE (Kaminski et al., 2006). No entanto, a literatura ainda não é totalmente consistente e exaustiva na descrição da relação entre o tipo de esforços realizados e as adaptações cardíacas que provoca.

Venckunas et al. (2008a) referem a existência de diferenças significativas entre a menor espessura do septo interventricular em corredores de meio-fundo quando comparados com jogadores de basquetebol, ciclistas, nadadores e atletas de força.

Adicionalmente, outro estudo do mesmo autor (Venckunas, 2008b) sugere uma forte relação entre o desempenho do atleta e a razão entre a MVE e a dimensão da cavidade ventricular, em corredores de longa distância, aliás objeto de estudo de outros trabalhos de investigação (Wernstedt et al., 2002; Whyte et al., 2004). Os estudos tradicionais optam frequentemente pelo exame da resposta adaptativa ao treino predominantemente aeróbio, como contrastante com aquilo que acontece na decorrência de metodologias de treino mais orientadas para adaptações periféricas que se prendem com o aumento da massa muscular e dos seus parâmetros funcionais. Entre estes dois polos de interesse, existe um conjunto substancial de modalidades desportivas, cuja estrutura interna do rendimento resulta de uma combinação variável de predominância de adaptações dos grandes sistemas orgânicos, incluindo o cardiovascular e pulmonar, a par de adaptações no sistema músculo-esquelético (Jang & Kim, 2012).

Por outro lado, no âmbito da atividade física e saúde, a MVE é tida como um dos principais preditores de doença cardiovascular e da morbilidade e mortalidade em adultos (Gidding et al., 2013; Levy et al., 1990; Liao et al., 1997; Urbina et al., 1995), pelo que se considera relevante dominar um conjunto de ferramentas analíticas capazes de distinguir as alterações morfológicas e funcionais que decorrem das dinâmicas próprias do processo de treino, daquelas que resultam de variações inter-individuais correlatas dos processos de crescimento e maturação biológica (Daniels et al., 1995). Neste sentido, inúmeros estudos têm normalizado a MVE para o tamanho corporal (Dai et al., 2009; de Simone et al., 1992), massa gorda (Chinali et al., 2006; Dai et al., 2009), massa livre de gordura (Daniels et al., 1995) e até estatuto maturacional (Valente-dos-Santos et al., 2013; Valente-dos-Santos et al., 2014).

A literatura que relaciona a estrutura cardíaca com as alterações adaptativas decorrentes da participação desportiva é mais abundante em adultos (D'Andrea et al., 2011; Giada et al., 1998; Limongelli et al., 2006; Wernstedt et al., 2002; Whyte et al., 2004), sendo mais escassos os estudos com jovens atletas (Basavarajaiah et al., 2006; Valente-dos-Santos et al., 2013; Zdravkovic et al., 2010). Os objetivos deste estudo podem ser formulados no seguinte enunciado: (1) avaliar a interdependência que se estabelece entre descritores de tamanho e composição corporal com os efeitos combinados e independentes da IC e do estado maturacional relativamente à variação inter-individual da MVE, usando a modelação alométrica proporcional numa amostra de

jovens basquetebolistas; (2) comparar os principais parâmetros relativos à morfologia do VE entre jogadores de basquetebol de nível local e de nível internacional, nos anos coincidentes com a fase tardia do salto de crescimento pubertário.

5.2. Metodologia

Amostra

Participaram no estudo 109 jovens basquetebolistas de 9 clubes de basquetebol portugueses (45 de nível local e 64 de nível internacional). As suas características físicas estão resumidas na Tabela 5.1. Em relação à posição de jogo, estão distribuídos da seguinte forma: bases (32/109), extremos (31/109) e postes (46/109). Os critérios de exclusão incluíram qualquer doença cardiovascular conhecida ou morte prematura relacionada com episódios cardiovasculares no histórico familiar; pressão arterial sistólica superior a 125 mm Hg ou diastólica inferior a 85 mm Hg. Atletas com outros sintomas ou doenças que pudessem prejudicar a sua participação também foram excluídos. O presente estudo foi conduzido em conformidade com a declaração de Helsínquia e recebeu a aprovação do *Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra* e da *Fundação para a Ciência e Tecnologia*.

Idade cronológica e maturação biológica

A IC foi determinada na data em que foram efetuadas as avaliações ecocardiográficas. O estatuto maturacional foi estimado utilizando a percentagem de estatura matura predita (EMP), método não invasivo que tem sido usado em pesquisas com jovens atletas (Malina et al., 2012). Trata-se de um modelo linear desenvolvido por Khamis & Roche (1994), que tem como preditores a IC, estatura e massa corporal dos atletas juntamente com a média da estatura dos pais. Posteriormente, a estatura realmente medida é expressa como percentagem da EMP.

Antropometria

Todas as medições foram realizadas por um único antropometrista qualificado e sempre recorrendo ao mesmo instrumentário e nas mesmas condições laboratoriais. A massa corporal foi medida com aproximação a 0.1 kg, com os indivíduos de pé e descalços na balança (770 SECA, Hanover, MD, EUA), enquanto a estatura foi medida com um estadiómetro (Harpenden 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, UK) com sensibilidade de 0.1 cm. As pregas de gordura subcutânea foram medidas para o mm mais próximo fazendo uso do Lange (Beta Technology, Ann Arbor, MI, USA), tendo as pregas subescapular e tricípital sido utilizadas para estimar a percentagem de massa gorda (Slaughter et al., 1988) e subsequente cálculo da massa gorda e massa livre de gordura (kg).

Avaliação ecocardiográfica

O exame ecocardiográfico foi realizado em decúbito lateral esquerdo, de acordo com as recomendações da SAE e da AEE (Lang et al., 2005; Lang et al., 2006). As imagens em modo-M foram registadas a partir de imagens bidimensionais através de um ecocardiógrafo Vivid 3 (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Noruega) utilizando um transdutor multifrequência (1.5-3.6 MHz). Foram avaliados o DtVE, o DtsVE e as espessuras do SIVd e da PPVEd. A MVE foi estimada usando a fórmula de Devereux et al. (1998) e a EPRVE foi obtida através da soma da espessura da PPVEd com a espessura do SIVd dividida pelo DtVE (Venckunas et al., 2008a).

Qualidade dos dados

Os coeficientes de fiabilidade foram anteriormente reportados para a EMP (Machado Rodrigues et al., 2010), tamanho corporal (Coelho-e-Silva et al., 2008) e parâmetros ecocardiográficos (Valente-dos-Santos et al., 2013).

Análise estatística

Foi determinada a estatística descritiva, isto é média e desvio padrão para a totalidade da amostra ($n=109$). A normalidade das variáveis foi verificada e posteriormente confirmada através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Seguidamente, foi efetuada a transformação logarítmica da MVE e também dos descritores de tamanho corporal (estatura, massa corporal) de modo a obter os expoentes alométricos através da utilização de regressões lineares tendo a transformação logarítmica da MVE como variável dependente e a transformação logarítmica dos descritores de tamanho corporal como variável independente. Os expoentes não estandardizados foram retidos como expoentes alométricos, sendo igualmente expressos os intervalos de confiança a 95%. Os resultados da regressão linear simples consideram ainda o coeficiente de correlação entre a variável dependente e cada uma das variáveis independentes e respetivo coeficiente de determinação que corresponde à variância partilhada entre os dois domínios de dados.

Subsequentemente, foram exploradas regressões lineares múltiplas, mantendo a transformação logarítmica da MVE como variável dependente, mas desta vez, com a utilização sequencial de cada um dos descritores de tamanho corporal expressos igualmente na sua expressão logarítmica (estatura, massa corporal), associando-os ora à medida de maturação somática (percentagem da estatura matura estimada), ora à IC. Estas cronovariáveis não foram alvo de transformação logarítmica. Para cada modelo resultante da utilização das regressões lineares múltiplas expressou-se o coeficiente de regressão (R), o coeficiente de determinação, o coeficiente de determinação ajustado para a multicolinearidade e, para cada um dos preditores incluídos no modelo é dado o valor beta não estandardizado, erro padrão de estimativa que lhe está associado e ainda o coeficiente de correlação parcial, que corresponde ao valor beta estandardizado.

Os valores de referência para a magnitude das correlações foram interpretados de acordo com o estabelecido na literatura (Hopkins et al., 2009), isto é: trivial ($r < 0.1$), pequena ($0.1 < r < 0.3$), moderada ($0.3 < r < 0.5$), grande ($0.5 < r < 0.7$), muito grande ($0.7 < r < 0.9$) e quase perfeita ($r > 0.9$). Do mesmo modo, a magnitude de efeitos para a comparação de dois grupos independentes teve em consideração os pontos de corte estabelecidos pela mesma fonte: insignificante ($d < 0.2$), pequena ($0.2 < d < 0.6$),

moderada ($0.6 < d < 1.2$), grande ($1.2 < d < 2.0$), muito grande ($2.0 < d < 4.0$) e quase perfeita ($d > 4.0$)

O nível de significância estatística foi estabelecido a 5%, tendo as análises sido realizadas com a aplicação IBM SPSS v.20 for Mac OS (SPSS Inc., IBM Company, NY, USA).

5.3. Resultados

A estatística descritiva para o total da amostra está resumida na Tabela 5.1. A IC variou entre 14.01 a 16.32 anos. A média para a EMP foi 185.4 cm (162.6cm a 205.0 cm). O DtVE variou de 46.7 a 66.0 mm, ultrapassando largamente os valores médios reportados para estas idades, isto é, entre 39-53mm (Lang, et al., 2006; Lang, et al., 2005). A literatura considera cavidades ventriculares > 62 mm como sendo marcadamente dilatadas para estas idades (Valente-dos-Santos et al., 2013), no entanto estes valores apenas foram observados em 8% da amostra do presente estudo. Embora alguns indivíduos tenham registado valores de MVE acima dos valores de referência clínica, isto é, entre 88g e 224g (Lang, et al., 2006; Lang, et al., 2005), 92% dos valores da amostra estavam dentro dos limites tidos como de tendência central. Todos os atletas observados no presente estudo tinham uma ERPVE dentro do intervalo de referência (i.e. 0.24-0.42) (Lang, et al., 2006; Lang, et al., 2005).

Os expoentes e intervalos de confiança resultantes da modelação alométrica independente para descritores corporais são apresentados na Tabela 5.2. Foi possível explicar 31% da variação inter-individual com base na estatura, 41% tendo a massa corporal como descritor e 42% aplicando o expoente alométrico à massa isenta de gordura. Os expoentes alométricos para a estatura, massa corporal e massa livre de gordura foram respectivamente: 1.994 (95%IC: 1.422 a 2.567), 0.754 (95%IC: 0.582 a 0.926) e 0.851 (95%IC: 0.659 a 1.043).

Os modelos alométricos multiplicativos combinando descritores corporais e cronovariáveis (IC e EMP) são apresentados na Tabela 5.3. Em geral, as variáveis independentes selecionadas explicam entre 32% e 45% da variância inter-individual encontrada na MVE. Não foram notadas diferenças substanciais entre os modelos que

consideram a IC e aqueles que consideram a maturação somática, apesar dos modelos com esta última variável terem apresentado uma tendência consistente para assumir valores superiores de R^2 e R^2 ajustado relativamente ao que acontecia com a combinação dos descritores de tamanho, combinados com a IC.

Tabela 5.1. Estatística descritiva para o total da amostra de jovens basquetebolistas (n=109).

Variáveis	Abreviatura	Unidade medida	Mínimo	Máximo	Média	(95% CI)	Desvio padrão	Kolmogorov-Smirnov	
								valor	P
Idade cronológica	IC	anos	14.01	16.32	15.25	(15.14 a 15.35)	0.55	.072	.200
Estatura matura predita	EMP	cm	162.6	205.0	185.4	(183.9 a 187.6)	8.1	.046	.200
Estatura	EST	m	155.1	206.9	181.2	(179.3 a 183.1)	10.0	.054	.200
Massa corporal	MC	kg	44.9	127.3	71.5	(69.1 a 73.8)	12.5	.083	.059
Prega de gordura subcutânea tricípital	Sk-tric	mm	3	25	8.7	(7.9 a 9.4)	3.9	.111	.002
Prega de gordura subcutânea bicípital	Sk-bic	mm	5	30	9.8	(9.0 a 10.6)	4.1	.218	.000
Massa gorda	MG	%	4.7	36.9	13.7	(12.7 a 14.8)	5.7	.129	.000
Massa gorda	MG	kg	3.2	35.3	10.2	(9.1 a 11.2)	5.7	.141	.000
Massa isenta de gordura	MIG	kg	39.6	92.0	61.3	(59.6 a 63.1)	9.1	.080	.085
Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo	DtVE	mm	46.7	66.0	56.4	(55.6 a 57.2)	4.0	.103	.006
Espessura do septo interventricular em telediástole	SIVd	mm	6.7	10.6	8.6	(8.4 a 8.8)	0.8	.119	.001
Espessura da parede posterior do VE em telediástole	PPVEd	mm	6.2	10.6	8.0	(7.8 a 8.2)	1.0	.095	.018
Massa ventricular esquerda	MVE	g	104.6	258.1	179.9	(170.3 a 183.5)	34.7	.076	.154
Espessura parietal relativa do ventrículo esquerdo	EPRVE	mm/mm	0.24	0.38	0.30	(0.29 a 0.30)	0.03	.112	.002

Tabela 5.2. Modelação alométrica ⁽¹⁾ tendo como variável dependente a massa ventricular esquerda utilizando diferentes descritores de tamanho e composição corporal em jovens basquetebolistas (n=109)

Constante		Descritor de tamanho		Sumário do modelo			
valor (95% IC)	p	X_i	Expoente (95% IC)	R (95% IC)	R^2	EPE	p
-5.210 (-8.185 a -2.235)	0.001	Estatuta	1.994 (1.422-2.567)	0.555 (0.410-0.673)	0.308	0.169	<0.001
1.949 (1.217 a 2.680)	<0.001	Massa corporal	0.754 (0.582-0.926)	0.644 (0.519-0.742)	0.414	0.155	<0.001
1.663 (0.874 a 2.452)	<0.001	Massa livre de gordura	0.851 (0.659-1.043)	0.647 (0.522-0.744)	0.419	0.155	<0.001

⁽¹⁾ $\log(MVE) = \log a + k \cdot \log(\text{descritor corporal}) + \log e$.

Tabela 5.3. Modelação alométrica multiplicativa ⁽¹⁾ para estimar a massa ventricular esquerda combinando descritores corporais e cronovariáveis em jovens basquetebolistas (n=109)

Constante	Descritor corporal	Constante e preditores				Sumário do Modelo ⁽²⁾				
		Cronovariáveis	beta (95% IC)	EPE	Correlação parcial	R	R ²	R ² Ajustado	EPE	p
-5.9189	Estatura	IC	1.874	0.303	0.522	0.566	0.319	0.306	0.168	<0.001
			0.040	0.031	0.107					
-3.851	Estatura	%EMP	1.217	0.377	0.399	0.604	0.364	0.352	0.163	<0.001
			0.027	0.009	0.321					
1.504	Massa corporal	IC	0.721	0.090	0.615	0.651	0.424	0.413	0.155	<0.001
			0.321	0.028	0.104					
0.759	Massa corporal	%EMP	0.580	0.111	0.495	0.667	0.445	0.435	0.152	<0.001
			0.020	0.008	0.231					
1.336	Massa livre de gordura	IC	0.818	0.102	0.622	0.652	0.425	0.414	0.155	<0.001
			0.030	0.029	0.082					
0.695	Massa livre de gordura	%EMP	0.668	0.130	0.508	0.665	0.442	0.431	0.152	<0.001
			0.018	0.008	0.206					

⁽¹⁾ $\log(\text{LVM}) = k \log(\text{descritor corporal}) + a + b \cdot (\text{variável de idade}) + \log e$; ⁽²⁾ Modelos não significativos não estão apresentados.

As estatísticas de tendência central e de dispersão dos basquetebolistas por nível competitivo são apresentadas na Tabela 5.4. Foram encontradas diferenças significativas entre os jogadores adolescentes de nível local e internacional para a estatura [$t=-8.472$, $p<0.001$], massa corporal [$t=-6.228$, $p<0.001$] e massa livre de gordura [$t=-8.612$, $p<0.001$]. A maturação biológica traduzida como percentagem alcançada de EMP também mostrou diferenças significativas entre os dois grupos [$t=-4.894$, $p<0.001$]. O DtVE [$t=-3.560$, $p<0.001$], bem como as espessuras do SIVd [$t=-5.915$, $p<0.001$] e da PPVEd [$t=-4.144$, $p<0.001$] foram superiores nos jogadores de nível internacional. Os valores da MVE foram significativamente superiores nos jogadores internacionais, com valor médio igual 189.9g em comparação 158.4g de valor médio obtido na avaliação dos seus pares de nível local [$t=-5.217$, $p<0.001$]. Foram também efetuadas comparações entre os dois grupos de basquetebolistas tendo como variáveis os valores da MVE ajustada para os expoentes alométricos decorrentes da Tabela 5.2, isto é: estatura ($g_{MVE}.cm_{EST}^{1.944}$), massa corporal ($g_{MVE}.kg_{MC}^{0.754}$) e massa livre de gordura ($g_{MVE}.kg_{MIG}^{0.638}$) não tendo sido notadas diferenças estatisticamente significativas. Ainda a Tabela 5.4 acrescenta o valor referente à magnitude do efeito entre a variável dependente e cada uma das variáveis independentes (d de cohen), sendo os dados quantitativos acompanhados por uma apreciação qualitativa conforme as categorias explicitadas na metodologia do presente estudo.

Tabela 5.4. Comparação entre os jogadores de nível local (n=45) e nível internacional (n=65) para tamanho corporal, adiposidade e parâmetros do ventrículo esquerdo normalizados para diferentes descritores de tamanho corporal.

Variáveis	Local (n=45)	Internacional (n=64)	Diferenças médias (95% IC)	t ₍₁₀₇₎	P	Magnitude efeitos	
						valor	(qualitativa)
Idade cronológica (anos)	15.10±0.57	15.35±0.51	-0.252 (-0.459 a -0.0460)	-2.424	0.017	0.467	Pequena
Estatura matura predita (%)	96.4±2.4	98.5±1.9	-2.105 (-2.961 a -1.249)	-4.894	<0.001	0.991	Moderada
Estatura (cm)	173.6±8.6	186.5±7.2	-12.867 (-15.878 a -9.857)	-8.472	<0.001	1.653	Larga
Massa corporal (kg)	63.8±10.6	76.8±10.9	-13.034 (-17.202 a -8.865)	-6.228	<0.001	1.206	Larga
Massa gorda (%)	14.2±6.2	13.4±5.3	0.872 (-1.320 a 3.064)	0.789	0.432	0.141	Trivial
Massa gorda (kg)	9.4±5.6	10.6±5.8	-1.206 (-3.420 a 1.008)	-1.080	0.283	0.210	Pequena
Massa livre de gordura (kg)	54.4±7.5	66.2±6.7	-11.827 (-14.550 a -9.105)	-8.612	<0.001	1.676	Larga
Diâmetro telediastólico do VE (mm)	54.8±4.1	57.5±3.6	-2.631 (-4.095 a -1.166)	-3.560	0.001	0.708	Moderada
Espessura do septo interventricular (mm)	8.23±0.82	8.85±0.72	-0.624 (-0.928 a -0.329)	-4.915	<0.001	0.813	Moderada
Espessura da parede posterior do VE (mm)	7.58±0.92	8.33±0.93	-0.744 (-1.100 a -0.388)	-4.144	<0.001	0.810	Moderada
MVE (g)	158.4±32.2	189.9±30.3	-31.551 (-43.539 a -19.563)	-5.217	<0.001	1.013	Moderada
MVE (g) / estatura (cm) ^{1.944}	0.0054±0.0010	0.0056±0.0009	-0.0002 (-0.0006 a 0.0001)	-1.262	0.210	0.241	Pequena
MVE (g) / massa corporal (kg) ^{0.754}	6.92±1.09	7.22±1.05	-0.307 (-0.718 a 0.105)	-1.477	0.143	0.281	Pequena
MVE (g) / massa livre de gordura (kg) ^{0.638}	5.28±0.83	5.37±0.81	-0.092 (-0.408 a 0.225)	-0.577	0.565	0.110	Trivial
Espessura parietal relativa VE	0.290±0.03	0.300±0.028	0.00559 (-0.02168 a 0.00048)	-1.897	0.064	0.347	Pequena

VE (ventrículo esquerdo); MVE (massa ventricular esquerda)

5.4. Discussão

A inter-relação entre múltiplos descritores de tamanho e composição corporal com a MVE em jovens jogadores de basquetebol foi avaliada através de procedimentos alométricos. A principal conclusão do presente estudo resultou na obtenção de modelos combinando a maturação com a massa corporal e a maturação com a massa isenta de gordura. A massa livre de gordura tem sido amplamente aceite como preditor da MVE em crianças e adolescentes (Chinali et al., 2006; Dai et al., 2009; Daniels et al., 1995; Janz et al., 2000), no entanto, poucos estudos têm sido realizados para verificar se o estado maturacional pode influenciar a MVE (Daniels et al., 1995; Janz et al., 2000; Valente-dos-Santos et al., 2013; Valente-dos-Santos et al., 2014). Aliás, um estudo recente (Valente-dos-Santos et al., 2013) sugeriu que a MVE de jogadores de hóquei em patins, com idades entre os 14 e 16 anos, se associa à idade esquelética (IE) tanto como preditor único, como quando combinada com a estatura, massa gorda ou massa livre de gordura. Embora estas conclusões estejam de acordo com os nossos resultados e com o estudo recente de Valente-dos-Santos et al., (2014) com jovens não atletas, contrastam com estudos anteriores (Daniels et al., 1995; Janz et al., 2000) em que não foi observada qualquer associação entre a maturação e a MVE. Com o presente estudo, em jovens basquetebolistas, evidencia-se uma metodologia não invasiva de avaliação da maturação biológica que pode ser tida como instrumento relevante para apreciar e perceber as variações da morfologia do VE. Note-se que tanto o estudo com hoquistas, atrás referenciado, como o presente compreendem atletas de nível internacional, sabendo-se que existe uma tendência para estes atletas serem maturacionalmente adiantados (Malina et al., 2000), facto que não acontece quando estão em causa amostras de atletas de nível desportivo mais modesto, em que a inter-relação da maturação biológica com os aspetos morfológicos do VE é menos notada por decorrência da menor amplitude de variação no preditor. Outros fatores como o tamanho, etnia, idade e anos de prática desportiva podem ser considerados específicos das amostras encontradas na literatura e constituírem-se como fontes adicionais de variação inter-individual.

A relação estabelecida entre a MVE e a estatura é considerada aceitável para a avaliação do crescimento e desenvolvimento cardíaco. No entanto, esta proporção aumenta com a diminuição da estatura e, portanto, dependerá da distribuição da estatura

da população de referência, destacando-se a necessidade de ajustamento e modelagem (Foster et al., 2008). No nosso estudo a estatura não foi um bom preditor único da MVE [$r=0.31$]; no entanto, como já foi relatado (Valente-dos-Santos et al., 2013) as análises alométricas proporcionais indicaram que após o ajuste para o efeito da estatura também era necessário considerar a EMP como uma covariável simultânea (Tabela 5.3). No que diz respeito aos preditores, massa corporal [$r = 0.41$] e massa livre de gordura [$r = 0.42$] foram moderadamente associadas com a MVE e mostraram ser mais credíveis do que a estatura (Tabela 5.2).

George et al. (2001) observaram uma amostra de 464 atletas juniores, concluindo que a massa corporal e a SC são determinantes das variáveis estruturais cardíacas. Um estudo posterior confirmou que o índice de massa corporal estava correlacionado com descritores da estrutura cardíaca tanto em rapazes como em raparigas entre os 9 e os 18 anos de idade (Eisenmann et al., 2007). A maturação biológica não foi incluída em nenhum dos estudos acima mencionados. Complementarmente, outro estudo (Valente-dos-Santos et al., 2013) avaliou a estrutura cardíaca em jogadores de hóquei em patins, verificando que a combinação do comprimento da parte superior do tronco e da massa gorda são os melhores descritores corporais para normalizar a MVE. O estado maturacional, medido como IE, também revelou ser um preditor independente, o que está de acordo com os nossos resultados.

Num dos poucos estudos que possibilitou um *follow-up* da amostra (Schieken et al., 1998), os autores sugeriram que as alterações induzidas pelo esforço na remodelagem cardíaca decorrente do aumento da componente de tecido magro é um dos elementos explicativos daquilo que se designou "síndrome do coração de atleta" (Janz, et al., 2000). O nosso estudo mostrou que a MVE dos jogadores de nível internacional quando comparada com a dos seus pares de nível local é superior, mesmo após o ajustamento para a estatura (Tabela 5.4), o que sugere uma relação entre o nível competitivo praticado e a MVE. Os jogadores internacionais despenderam mais minutos, mais sessões de treino e mais minutos de jogo quando comparados com os seus pares de nível local. Estes resultados sugerem uma relação entre a quantidade de exposição às cargas de treino e o aumento das cavidades cardíacas em jovens atletas. No entanto, permanece incerto se estas adaptações serão específicas do tipo de desporto que é praticado, uma vez que no trabalho precedente (estudo 2) não foi possível encontrar

diferenças significativas nos parâmetros do VE entre judocas, nadadores, hoquistas e basquetebolistas. Paralelamente, parece que existirão diferenças substanciais entre atletas e escolares (Castanheira et al., 2014 – *in press*). Ora este estudo, sugere que dentro de uma mesma modalidade, a exigência da preparação desportiva associada à preparação de atletas com maiores expectativas de atingirem a alta competição constitui uma fonte adicional de variação. Tal como no estudo entre atletas e não atletas anteriormente referenciado (Castanheira et al., 2014 - *in press*), a literatura é consistente em apresentar os atletas treinados como tendo valores médios superiores de DtVE e de MVE, em comparação com grupos de controlo saudáveis e com a mesma idade (Kervancioglu & Hatipoglu, 2007; Venckunas et al., 2008a).

Aliás, uma recente meta-análise demonstrou que o treino de resistência pode influenciar as variáveis ecocardiográficas (Montero et al., 2013). No entanto, são muito poucos os estudos na literatura que comparam a carga de treino praticada em diferentes modalidades desportivas. Neste sentido, uma das possíveis limitações deste estudo será a ausência de controlo para a carga de treino a que os intervenientes estiveram sujeitos e assim sendo, as diferenças que foram observadas na MVE devem ser cuidadosamente consideradas.

Existem também algumas preocupações metodológicas no âmbito do presente estudo que devem ser observadas. Em primeiro lugar, o estado maturacional foi estimado pelo método Khamis-Roche em vez de um método mais amplamente aceite para a avaliação da IE. Segundo, a massa livre de gordura e a massa gorda foram estimadas usando técnicas antropométricas em vez de usar as normas de absorciometria de feixe duplo ou ressonância magnética. Em terceiro lugar, a experiência dos participantes não foi medida e, assim, conclusões sobre as alterações provocadas pelo desporto na estrutura cardíaca devem ser cuidadosamente consideradas. Finalmente, uma vez que o impacto do treino não foi medido, é recomendada precaução antes de generalizar ou comparar estes resultados com atletas de outras modalidades.

No entanto, este estudo demonstrou que o estado maturacional juntamente com a massa livre de gordura são os principais determinantes da MVE em jogadores adolescentes de basquetebol. Além disso, diferenças significativas na MVE entre jogadores de nível local e internacional foram consistentes, mesmo após o ajustamento para a estatura. Assim, parece provável que a MVE dos jovens atletas possa ser

influenciada pelo seu sucesso no desporto e, portanto, ser determinada pela quantidade e tipo de atividade física. Estes resultados podem ser relevantes e fornecer valores de referência para avaliações físicas de pré-participação em jovens jogadores de basquetebol. Finalmente, este estudo fornece mais evidências que sustentam o fato de que o estado maturacional pode ser considerado como potencial preditor da MVE em atletas adolescentes (Valente-dos-Santos et al., 2013).

Capítulo VI

Estudo 4

Inter-relação multivariada entre a morfologia do corpo todo, somatotipologia e parâmetros ecocardiográficos: análise de correlações canônicas em judocas adolescentes do sexo masculino

6. INTERRELAÇÃO MULTIVARIADA ENTRE A MORFOLOGIA DO CORPO TODO, SOMATOTIPOLOGIA E PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS: ANÁLISE DE CORRELAÇÕES CANÓNICAS EM JUDOCAS ADOLESCENTES DO SEXO MASCULINO

6.1. Introdução

O judo é uma modalidade extraordinariamente exigente, solicitando uma combinação das vias metabólicas aeróbia e anaeróbia (Franchini et al., 2003; Thomas et al., 1989), a par de um nível elevado de mobilidade articular, agilidade, força e resistência muscular (Silva et al., 2011). A capacidade aeróbia é essencial para recuperar o esgotamento das fontes energéticas nos intervalos de 10 segundos entre os 30 segundos de luta intermitente (Kim et al., 2011). Uma particularidade do judo, prende-se com a organização dos sistemas de treino e competição em categorias de massa corporal dos atletas. O espectro de variação do tamanho corporal associa-se à composição corporal com predominância de valores baixos de gordura nas categorias mais leves e valores elevados de percentagem de massa gorda entre os atletas das categorias com maior corpulência. Aliás, a escolha da categoria mais adequada ao perfil funcional e metabólico do atleta assume grande importância no sucesso da carreira desportiva (Fabrini et al., 2010; Franchini & Takito, 1997).

A IE é consensualmente tida como o melhor indicador de maturação biológica, sendo utilizada desde a infância até à adolescência (Malina et al., 2004). No entanto, outros indicadores como a idade de PVC (Mirwald et al., 2002) e a percentagem da altura matura estimada (Khamis & Roche, 1994; 1995; Roche & Sun, 2003), correspondem a protocolos não invasivos de avaliação da maturação biológica. Embora estes indicadores estejam interligados, tem havido uma baixa concordância relativa entre a classificação da maturação baseada na IE e a baseada na percentagem da altura matura estimada e na idade de PVC preditas. Note-se que a cadência da maturação biológica (atrasado, normo-maturo, adiantado) possui implicações substanciais na corporalidade dos adolescentes em geral, e dos jovens atletas em particular, sendo uma fonte adicional de variabilidade inter-individual.

Do ponto de vista cardíaco, sabe-se que a MVE está fortemente relacionada com o tamanho do corpo, sendo habitualmente normalizada para descritores de tamanho corporal total como sejam a estatura, altura sentado, massa corporal e SC (de Simone et al., 1992; Valente-dos-Santos et al., 2013). No entanto, dado que as proporções do corpo mudam com o crescimento e a maturação (Malina et al., 2004) a relação entre a MVE e a estatura também varia de acordo com o estadio de desenvolvimento físico (Dewey et al., 2008).

Carter & Heath (1990) sugerem uma metodologia antropométrica para determinação das componentes do somatótipo (endomorfismo, mesomorfismo e ectomorfismo). A primeira componente, endomorfismo refere-se à adiposidade relativa, sendo derivada a partir de várias pregas de gordura subcutânea, controlando para a variação espúria da estatura, daí designar-se adiposidade relativa, isto é, independentemente do tamanho corporal. O mesomorfismo é a componente mais proeminente em atletas, correspondendo a robustez músculo-esquelética. O seu cálculo depende de circunferências apendiculares corrigidas para as pregas medidas nas secções transversas dos perímetros, visto que a adiposidade já foi considerada na componente anterior e a independência entre componentes somatotípicas é um pressuposto do método antropométrico. O ectomorfismo corresponde à linearidade relativa, isto é, resulta de uma apreciação objetiva da relação estatura-ponderal, independentemente do tamanho. Estas características corporais e morfológicas em atletas de várias modalidades de luta têm sido avaliadas por vários autores (Betancourt et al., 2009; Claessens et al., 1987; Kukidome et al., 2008; Santos et al., 2010) os quais apontam os judocas de alta competição como elementos de predominância mesomórfica. Também Malina & Bouchard (1991) referem que nas crianças e adolescentes avançados na maturação predomina o mesomorfismo. Aliás, nos rapazes atletas a tendência para aumentar em mesomorfia é um fenómeno evidente desde a adolescência até à idade adulta.

As componentes do somatótipo são teoricamente derivadas dos folhetos embrionários (Carter & Heath, 1990), existindo vários autores que associam a morfologia do miocárdio em geral e do VE em particular, com a somatotipologia. Contudo, esta não deve ser apreciada separadamente para cada uma das suas componentes, pressupondo uma análise conjunta que só está ao alcance de técnicas de

análise multivariada. O mesmo acontece com a variação da espessura das paredes do VE e com o tamanho da cavidade. Os dados devem ser interpretados tendo em conta as relações que estabelecem entre si e também com o tamanho corporal. Assim, este estudo tem como principal objetivo a avaliação da inter-relação multivariada entre os vários descritores de tamanho e os parâmetros ecocardiográficos do VE por um lado, e, em paralelo, examinar a relação entre o mesmo conjunto de parâmetros do VE e os componentes do somatótipo. Em ambas as análises, a IC e um indicador de maturação biológica são considerados.

6.2. Metodologia

Amostra

A amostra do presente estudo é composta por 79 rapazes judocas convocados para os estágios da seleção nacional da Federação Portuguesa de Judo, com idades entre os 13 e 17 anos (15.6 ± 0.8 anos) recrutados em clubes de Portugal Continental e Região Autónoma dos Açores, tendo sido avaliados nos estágios da Páscoa de 2011, 2012 e 2013. O protocolo foi aprovado pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra e observou o enunciado da declaração de Helsínquia para estudos com humanos. Os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo e aderiram ao mesmo voluntariamente.

Antropometria

A estatura foi avaliada com recurso a um estadiómetro (modelo 98.60, Holtain Ltd, Crosswell UK) e a altura sentado (model 98.607, Holtain Ltd, Crosswell, UK) e os procedimentos de avaliação da massa corporal foram efetuados no mesmo momento recorrendo-se a uma balança (modelo 770, Hanover, MD, USA). A estatura e a massa corporal foram registadas com a precisão de 0.1 cm e 0.1 kg, respectivamente. Foram ainda avaliadas outras medidas antropométricas necessárias para determinar o somatótipo, tendo todas as avaliações sido realizadas por um único observador experimentado e seguindo o procedimento standardizado (Lohman et al., 1988). O

índice de androginia (Tanner et al.,1962) corresponde à diferença entre o produto de três e o diâmetro biacromial pelo diâmetro bicristal (isto é, 3 x diâmetro biacromial – diâmetro bicristal).

Idade cronológica e maturação biológica

A IC foi determinada na data em que foram efetuadas as avaliações ecocardiográficas. O estatuto maturacional foi estimado utilizando a percentagem de estatura matura predita (EMP), método não invasivo que tem sido usado em pesquisas com jovens atletas (Malina et al., 2012). Trata-se de um modelo linear desenvolvido por Khamis & Roche (1994), que tem como preditores a IC, estatura e massa corporal dos atletas juntamente com a média da estatura dos pais. Posteriormente, a estatura realmente medida é expressa como percentagem da EMP.

Somatotipologia

Adotou-se o método antropométrico de Heath & Carter (1990). O cálculo dos valores das três componentes primárias assenta nas seguintes medidas e operações:

Endomorfismo: corresponde à adiposidade relativa e decorre da soma de três pregas subcutâneas (subescapular, tricipital e suprailíaca) corrigida para a altura:

$$0.1551 [X] - 000.68 [X^2] + 0.0000014 [X^3]$$

Em que X é o valor da soma das pregas multiplicado por [170.18 / estatura]

Mesomorfismo: esta componente materializa a robustez músculo-esquelética, sendo BCH e BCF as medidas dos diâmetros bicôndilo-umeral e bicôndilo-femural, CBm e CGI respectivamente as circunferências corrigidas (para a prega medida na mesma secção transversa) na referência braquial máxima com o membro fletido a 90 graus, e referência geminal medial. Note-se que

os valores das circunferências são expressos em cm, sendo necessário subtrair os valores das pregas tricípital e geminal que foram medidas em mm. Na fórmula seguinte [A] corresponde à estatura:

$$0.858 [\text{DBH}] + 0.601 [\text{DBF}] + 0.188 [\text{CRm}] + 0.161 [\text{CGI}] - 0.131 [\text{A}] + 4.5$$

Ectomorfismo: esta componente pretende ser indicadora da relação estaturponderal, sendo desenvolvida a partir do índice ponderal recíproco:

$$\text{IPR} = [\text{Estatura em cm}] / [\text{Massa corporal em kg}]^{1/3}.$$

Se $\text{IPR} > 40.75$; Ectomorfismo = $0.732 [\text{IPR}] - 28.58$

Se $38.25 < \text{IPR} \leq 40.75$: Ectomorfismo = $0.463 [\text{IPR}] - 17.63$.

Se $\text{IPR} < 38.25$, Ectomorfismo=0.1

Avaliação ecocardiográfica

Para a avaliação da morfologia cardíaca foi utilizado um ecocardiógrafo GE *Vivid 3*, com sonda multifrequência 1.5-3.6 MHz (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Noruega). As imagens em modo M foram registadas a partir da incidência paraesternal-eixo longo sob visualização direta da respetiva imagem bidimensional. As dimensões e espessuras foram registadas em repouso sendo os parâmetros seleccionados coincidentes com os de outros estudos similares realizados com adolescentes (Eisenmann et al., 2007) e com jovens atletas (Basavarajaiah et al., 2007; Makan et al., 2005; Sagiv & Ben-Sira, 2007). Todos os exames ecocardiográficos foram realizados pelo mesmo operador de acordo com as recomendações da SAE e da AEE (Lang et al., 2006; Lang et al., 2005; Sahn et al., 1978). Foram determinados os diâmetros da raiz da aorta e da AE, o DtVE, o DtsVE e as espessuras SIVd e da PPVEd. Com base nas dimensões anteriores determinou-se a MVE, estimada pela fórmula cúbica da SAE modificada por Devereux (1986), com as medidas dos preditores (SIVd, DtVE e PPVEd) a serem expressas em milímetros. Esta fórmula atingiu uma boa correlação ($r=0,9$) com os achados na necropsia de 52 pacientes:

$$\text{MVE (g)} = 0,8 \{1,04 [(\text{SIVd} + \text{DtVE} + \text{PPVEd})^3 - \text{DtVE}^3]\} + 0.6$$

(Equação 1)

A MVE foi corrigida para a SC, pela equação 2 (DuBois & DuBois, 1916), permitindo o cálculo do I MVE (g/m^2). Subsequentemente, determinou-se a EPRVE tal como descrito pela equação 3, de modo a distinguir um perfil concêntrico (≥ 0.44) ou excêntrico (< 0.44) do VE (Madeira et al., 2008; Osborn et al., 2007; Venckunas et al., 2008a; Zdravkovic et al., 2010):

$$\text{SC (m}^2\text{)} = 0,007184 [\text{massa corporal (kg)}]^{0,425} \times [\text{estatura (cm)}]^{0,725}$$

(Equação 2)

$$\text{EPRVE} = [(\text{SIVd} + \text{PPVEd}) / \text{DtVE}]$$

(Equação 3)

A função sistólica do VE, é traduzida através do cálculo das frações de encurtamento e de ejeção. O cálculo da fração de encurtamento recorre ao DtVE e DtsVE e o cálculo da fração de ejeção recorre ao VTDVE e ao VTSVE através das equações 4 e 5 (Lang, *et al.*, 2006; Lang, *et al.*, 2005; Madeira, *et al.*, 2008; Pavlik *et al.*, 2010):

$$\text{FenVE} = [(\text{DtVE} - \text{DtsVE}) / \text{DtVE}] \times 100$$

(Equação 4)

$$\text{FejVE} = [(\text{VTDVE} - \text{VTSVE}) / \text{VTDVE}] \times 100$$

(Equação 5)

A qualidade dos dados foi apreciada através da determinação da variabilidade intra-observador recorrendo a um subgrupo aleatório de 20 indivíduos (basquetebolistas, $n = 5$; hoquistas, $n = 5$; não atletas, $n = 10$) que foram avaliados e reavaliados com uma semana de intervalo pelo mesmo investigador, utilizando o mesmo equipamento e na observância dos procedimentos acima descritos. Foi determinada a diferença e

percentagem de diferença entre as duas medições considerando os seus LC a 95% (Bland & Altman, 2012), para as dimensões das cavidades e espessura das paredes cardíacas (0.02-0.17 mm; 95% LC – 1.95 a 2.28 mm). Os parâmetros resultantes da avaliação das medidas anteriores apresentaram percentagem de variabilidade intra-observador variando entre 0.3-0.8 % (95% LC – 4.1 a 8.1 %).

Análise estatística

Foram determinados os parâmetros de tendência central e de dispersão para a totalidade da amostra e generalidade das variáveis do presente estudo. Seguidamente, foi efetuada uma análise de correlações canónicas para examinar as relações entre os parâmetros do VE e as componentes do somatótipo (endomorfismo, mesomorfismo, ectomorfismo) combinadas com a IC e maturação somática. Nesta técnica estatística, cada espaço multivariado é colapsado numa variável canónica (combinação linear das variáveis de um mesmo domínio obtida de modo a maximizar a variância combinada entre os dois espaços: $X = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$; $Y = b_1Y_1 + b_2Y_2 + \dots + b_nY_n$). Ora, o coeficiente de correlação canónica ($r_c = r_{x,y}$) corresponde à magnitude de associação entre as duas variáveis e o seu valor quadrático (r_c^2) é interpretado como tratando-se da variância partilhada entre os dois conjuntos de variáveis. O protocolo analítico pode ser visto como uma combinação entre a regressão linear e a análise fatorial exploratória (extração de fontes comuns de variação), sendo as cargas fatoriais correspondentes às correlações bivariadas entre cada variável e a nova medida extraída, isto é, X e Y ($r_{X,x1}$; $r_{X,x2}$; ...; $r_{X,xn}$; and $r_{Y,y1}$; $r_{Y,y2}$; ...; $r_{Y,yn}$). Assim, os coeficientes indicam a contribuição de uma variável particular para a associação multivariada que foi possível extrair entre dois espaços multivariados. Teoricamente, é possível extrair tantos pares de correlações canónicas, quanto o número de variáveis (i) no menor espaço multivariado. Contudo, é comum optar-se apenas pela interpretação do primeiro par, que corresponde àquele que extrai a maior porção de variância explicada. Embora as raízes que podem ser extraídas subseqüentemente sejam obtidas de tal maneira que sejam independentes da(s) extração ou extrações anteriores, importa reconhecer que a técnica não parte de um modelo confirmatório, sendo preferível explorar o poder explicativo do par de variáveis canónicas mais substantivo. Neste

estudo, o primeiro par de variáveis canônicas foi extraído após realizar o "Wilk's Lambda". Esta estatística corresponde à análise multivariada da variância fatorial (isto é, mais do que uma variável independente e mais do que uma variável dependente). Foi ainda determinada a percentagem de variância partilhada entre dois espaços multivariados que foram extraídas (a soma de todas as correlações canônicas corresponde a 100%).

A magnitude dos coeficientes de correlações foi considerada trivial ($r < 0.1$), baixa ($0.1 < r < 0.3$) média ($0.3 < r < 0.5$), moderada ($0.5 < r < 0.7$), elevada ($0.7 < r < 0.9$) e quase perfeitas ($r > 0.9$) de acordo com o estabelecido pela literatura (Hopkins, 2002). Para todas as análises SPSS o significado estatístico mínimo foi estabelecido a 5%.

6.3. Resultados

A Tabela 6.1 apresenta a estatística descritiva para a totalidade da amostra evidenciando os valores extremos (isto é, mínimo e máximo da série amostral) e, ainda, a média da amostra e o nível de incerteza estimado para a média populacional com o intervalo de confiança a 95%. De uma forma geral e breve, pode afirmar-se que o judoca de 15.6 anos de idade mede 170.8 cm (IC95%: 169.1cm a 172.6 cm), pesa 63.1 kg (IC95%: 60.0 kg a 66.3 kg) e apresenta uma percentagem de massa gorda de 16.0% (IC95%: 14.8% a 17.2%). A MVE varia entre 93 g e 216 g, sendo o valor médio igual a 134.7 g (IC95%: 129.1 g a 140.3 g).

Tabela 6.1. Estatística descritiva para a totalidade da amostra em judocas adolescentes (n=79)

Variável (unidade)	abreviatura	mínimo	máximo	média		desvio padrão
				valor	(IC 95%)	
Anos de treino (anos)	T	2	13	7.6	(7.0 a 8-2)	2.6
Idade cronológica (anos)	IC	13.94	17.90	15.56	(15.38 a 15.74)	0.81
Estatura matura predita (cm)	EME	160.3	189.7	175.9	(174.2 a 177.5)	7.4
Porcentagem da estatura matura predita (%)	EME%	91.3	99.9	96.9	(96.4 a 97.3)	2.1
Estatura (cm)	St	150.8	188.1	170.8	(169.1 a 172.6)	7.9
Índice de androginia	I-And	72.9	106.4	91.9	(90.4 a 93.3)	6.4
Massa corporal (kg)	Mc	40.7	111.3	63.1	(60.0 a 66.3)	13.9
Massa gorda (%)	MG-%	3.6	31.4	16.0	(14.8 a 17.2)	5.5
Massa gorda (kg)	MG-kg	3.0	31.8	10.5	(9.2 a 11.7)	5.6
Massa isenta de gordura (kg)	MIG-kg	31.7	80.1	52.7	(50.5 a 54.9)	9.7
Endomorfismo	ENDO	1.08	7.43	2.97	(2.68 a 3.26)	1.30
Mesomorfismo	MESO	2.07	7.33	4.62	(4.35 a 4.90)	1.22
Ectomorfismo	ECTO	0.10	5.89	3.09	(2.81 a 3.37)	1.26
Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo (mm)	DDVE	47.0	64.0	54.0	(53.2 a 54.8)	3.7
Espessura telediastólica do septo inter-ventricular (mm)	SIVd	5.8	8.7	7.3	(7.1 a 7.4)	0.6
Espessura telediastólica parede posterior ventrículo esquerdo (mm)	PPVEd	5.8	8.7	7.0	(6.8 a 7.1)	0.5
Massa ventricular esquerda (g)	MVE	93	216	134.7	(129.1 a 140. 3)	24.9

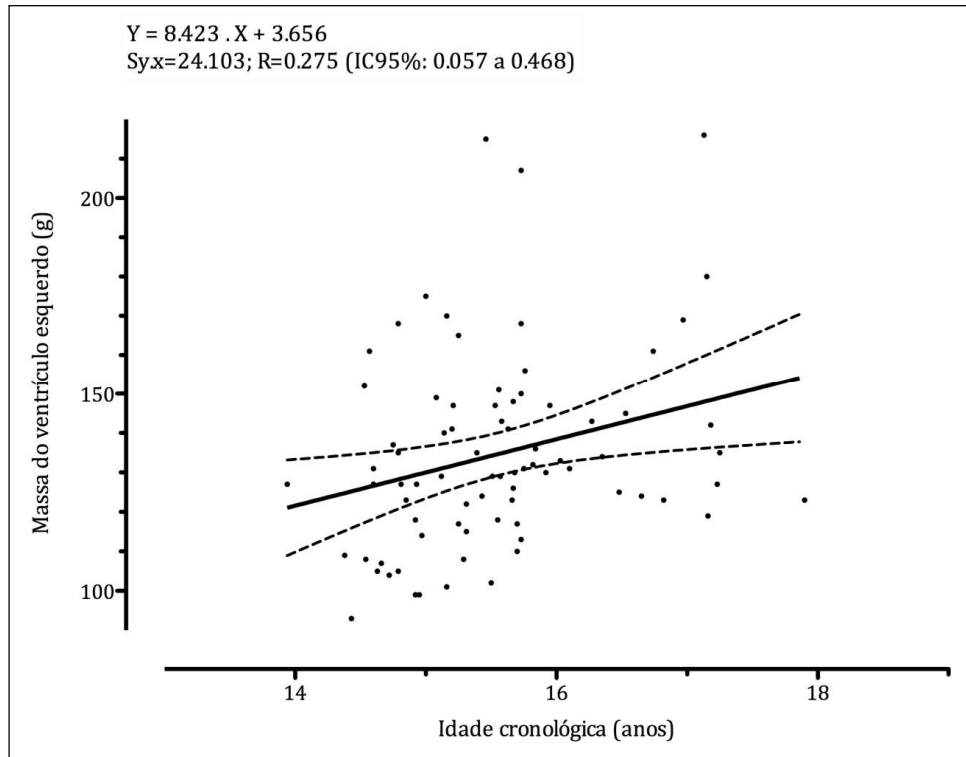


Figura 6.1. Regressão linear simples entre a massa do ventrículo esquerdo e a idade cronológica para a totalidade da amostra de judocas (n=79).

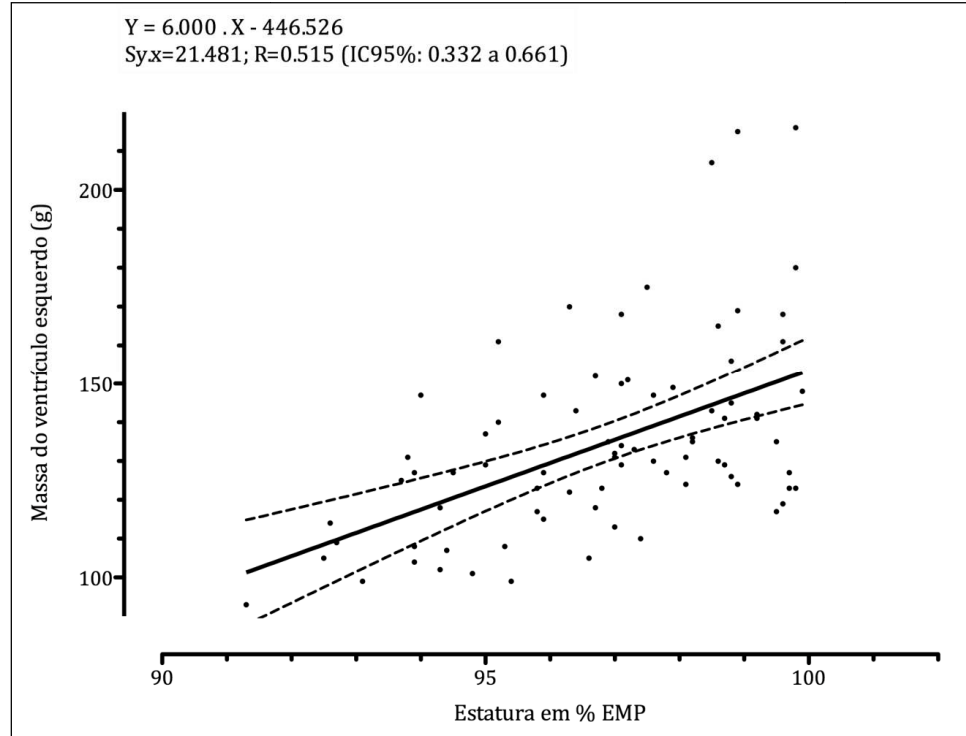


Figura 6.2. Regressão linear simples entre a massa do ventrículo esquerdo e a variável de maturação biológica dada pela altura medida expressa em porcentagem da estatura estimada para a totalidade da amostra de judocas (n=79).

As Figuras 6.1 e 6.2 correspondem à associação entre a MVE e, respectivamente, a IC ($r=+0.275$; 95%CI: +0.057 a +0.468) e a percentagem da estatura matura estimada ($r=+0.515$; 95%CI: +0.332 a +0.661). Face a estes resultados, entendeu-se considerar o indicador somático de maturação biológica na análise de correlações canónicas, aditando-o às variáveis do domínio morfológico, primeiramente estatura, índice de androginia, massa gorda e massa isenta de gordura, seguidamente, as componentes do somatótipo. Cada um destes domínios multivariados foi associado às três medidas simples que estão na base da determinação da MVE, a saber: DtVE e espessuras do SIVd e da PPVEd.

A Tabela 6.2 corresponde à primeira extração de correlações canónicas entre as medidas de tamanho corporal e maturação somática (isto é, percentagem da estatura matura estimada, estatura, índice de androginia, massa gorda em kg e massa isenta de gordura igualmente em kg) com as medidas do VE. A primeira correlação canónica compreende 90.1% da variância partilhada entre os dois domínios multivariados ($r_c=0.772$; $r_c^2=0.595$; Eigenvalue=1.472; Lamda de Wilks=0.346; $F=6.131$; $p<0.01$).

Por fim, entre o conjunto definido pela maturação somática dada pela percentagem da estatura estimada e a somatotipologia entendida como composição única e indissociável das três componentes analisadas conjuntamente e as medidas do VE, é possível extrair um primeiro par de correlações canónica que explica 87.3% da variância partilhada entre as duas dimensões de variáveis ($r_c=0.678$; $r_c^2=0.460$; Eigenvalue=0.851; Lamda de Wilks=0.480; $F=5.083$; $p<0.01$). Os dados são detalhadamente apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.2. Resultados da análise de correlações canônicas entre as medidas de morfologia de corpo todo (estatura, índice de androginia, massa gorda e massa isenta de gordura) e as dimensões do ventrículo esquerdo para a totalidade da amostra de judocas (n=79)

	Maturação e tamanho x parâmetros ecocardiográficos
r_c	0.772
r_c^2	0.595
Eigenvalue	1.472
Wilk's Lambda	0.346
F	6.131
P	<0.001
% variância extraída entre os dois espaços multivariados	90.1%

X ₁ : Percentagem estatura matura estimada (%EME)	-0.870
X ₂ : Estatura (St)	-0.835
X ₃ : Índice de androginia (I-And)	-0.792
X ₄ : Massa gorda (MG)	-0.741
X ₅ : Massa isenta de gordura (MIG)	-0.975
Variância explicada no domínio X	66.6%
Variância explicada no domínio Y	39.6%

Y ₁ : Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo (DtVE)	-0.918
Y ₂ : Espessura telediastólica do septo inter-ventricular (SIVd)	-0.631
Y ₃ : Espessura telediastólica da parede posterior ventrículo esquerdo (PPVED)	-0.709
Variância explicada no domínio Y	58.1%
Variância explicada no domínio X	34.6%

Tabela 6.3. Resultados da análise de correlações canônicas entre o somatótipo e as dimensões do ventrículo esquerdo para a totalidade da amostra de judocas (n=79)

	Maturação e somatotipologia x parâmetros ecocardiográficos
r_c	0.678
r_c^2	0.460
Eigenvalue	0.851
Wilk's Lambda	0.316
F	083
P	<0.001
% variância extraída entre os dois espaços multivariados	87.3%

X ₁ : Percentagem estatura matura estimada (%EME)	+0.821
X ₂ : Endomorfismo (Endo)	+0.753
X ₃ : Mesomorfismo (Meso)	+0.626
X ₄ : Ectomorfismo (Ecto)	-0.731
Variância explicada no domínio X	54.2%
Variância explicada no domínio Y	24.9%

Y ₁ : Diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo (DtVE)	+0.900
Y ₂ : Espessura telediastólica do septo inter-ventricular (SIVd)	+0.580
Y ₃ : Espessura telediastólica da parede posterior ventrículo esquerdo (PPVEd)	+0.742
Variância explicada no domínio Y	56.6%
Variância explicada no domínio X	26.0%

6.4. Discussão

Num estudo com jovens canadianos de diversos grupos etários Katzmarzyk et al. (1998) determinou valores médios de MVE de 105 ± 29 g (8.0-11.9 anos; média: 10.8 ± 0.8 anos, 140.2 ± 7.2 cm, 33.0 ± 5.9 kg), 153 ± 39 g (12.0-15.9 anos; média: 13.9 ± 1.1 anos, 160.3 ± 12.3 cm, 50.1 ± 11.6 kg). O valor médio da MVE é superior à média de 134.7 ± 24.9 g encontrados no presente estudo para judocas dos 15.4 aos 15.7 anos de idade com uma estatura média de 170.8 ± 7.9 cm e massa corporal média de 63.1 ± 13.9 kg. Note-se que a fórmula utilizada no estudo canadiano para determinar a MVE corresponde a uma versão mais antiga da que é atualmente recomendada pela SAE. De todo o modo, parece evidente que estudos que tenham sido realizados com diferentes aparelhos, diferentes técnicos e utilizando fórmulas distintas não devem ser comparados entre si. Aliás, o presente trabalho prende-se sobretudo com o estudo da variância inter-individual e análise das fontes comuns de variação e não tanto com a comparação entre grupos, nem sequer com a consideração a valores médios de outros estudos. No presente estudo, a associação entre a MVE e a IC é baixa ($r=0.275$), em contraste com a associação mais elevada estabelecida entre o mesmo parâmetro e a medida de maturação somática ($r=0.515$). Um estudo precedente (Valente-dos-Santos et al., 2013) tinha identificado uma associação forte entre a MVE e a combinação do tamanho corporal com a idade óssea determinada pela radiografia do pulso. Nesse estudo, com 73 jogadores adolescentes de hóquei em patins, a variância explicada pela estatura e idade óssea era de 31%, sendo 33% e 35% para as combinações massa isenta de gordura e idade óssea, massa gorda e idade óssea. Note-se que nesse estudo, a massa gorda e a massa isenta de gordura foram calculadas com recurso à equação antropométrica que utiliza a prega tricpital e a prega subescapular como preditores (Slaughter et al., 1988).

Entendendo as medidas de tamanho corporal e maturação somática como um espaço multivariado susceptível de se associar às medidas simples que são utilizadas para calcular a MVE e tendo sido possível obter uma associação forte ($r_c=0.772$), torna-se relevante saber quais as variáveis de cada conjunto que mais concorrem para essa associação. São esses dados que se apresentam na Figura 6.3. Por um lado, a massa isenta de gordura (-0.975) e a maturação somática (-0.870) e por outro lado o DtVE (-0.918). Ora, faz todo o sentido que o tamanho da cavidade responsável pela ejeção do

sangue na corrente sanguínea possui uma associação direta e forte com a massa isenta de gordura, especialmente em atletas. No presente estudo, estão em causa os 79 atletas que durante três anos consecutivos foram selecionados para os estágios das seleções nacionais, pressupondo-se que se trata do segmento exposto a um processo de treino mais exigente que a generalidade dos seus pares que praticam em ambientes menos intensivos.

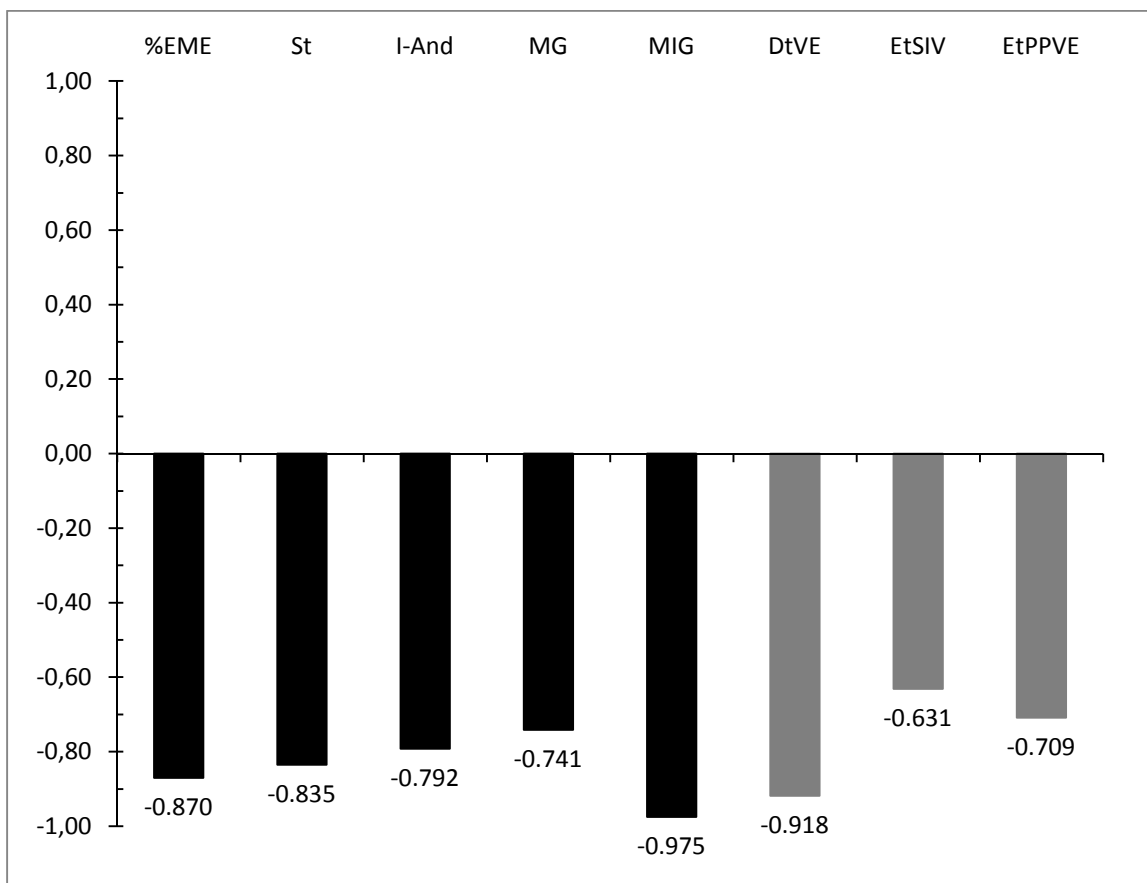


Figura 6.3. Cargas de cada uma das variáveis da solução inicial com a respetiva variável canónica, isto é, a preto as medidas de maturação somática e tamanho corporal e a cinzento as medidas simples obtidas do exame ecocardiográfico e que estão na base da determinação da MVE (n=79). **Legenda:** %EME (percentagem da estatura matura estimada); St (estatura); I-And (índice de androginia), MG (massa gorda em kg); MIG (massa isenta de gordura em kg); DtVE (diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo); EtSIV (espessura telediastólica do septo interventricular); EtPPVE (espessura telediastólica da parede posterior do ventrículo esquerdo).

Subsequentemente, quando analisadas conjuntamente, com recurso à análise de correlações canónicas, as medidas simples da morfologia do coração, por um lado, e as componentes do somatótipo combinadas com a maturação somática, por outro lado, é

possível obter um par de correlações canônicas tal como apresentado na Tabela 6.3 e apresentado na Figura 6.4. Num estudo que examinou a associação entre as componentes do somatótipo e os fatores de risco cardiovascular em 642 adultos canadenses (Malina et al., 1997), foi possível identificar uma tendência para o endomorfismo estar positivamente associado à generalidade dos fatores de risco entre as mulheres, enquanto o ectomorfismo tende a apresentar uma associação inversa com os fatores de risco entre os homens. Aliás, para cada um dos fatores de risco, a constituição de grupos extremos criados a partir de tercís, permitiu concluir que os adultos com perfil mais adverso apresentam sempre valores mais elevados de endomorfismo e mesomorfismo e menor dominância ectomórfica. A literatura é menos extensa na associação entre a somatotipologia e os fatores de risco em crianças e jovens.

Na Figura 6.4, são apresentados os coeficientes de correlação entre a raiz canônica e cada uma das variáveis do respetivo domínio, sendo possível concluir que a maturação somática (+0.821), o endomorfismo (+0.753) e o mesomorfismo (+0.626) possuem uma associação direta tanto com a cavidade (DtVE: +0.900) como com a espessura das paredes (SIVd: +0.580; PPVEd: +0.742). Adicionalmente, a associação do ectomorfismo é inversa (-0.731), sugerindo que a cavidade ventricular tem que acompanhar as componentes de robustez músculo-esquelética e adiposidade, podendo tal acontecer tanto pelo aumento da cavidade, como pela propriedade de ejeção que depende em boa parte da magnitude e intensidade com que as paredes do VE contraem concorrendo para um maior volume sistólico. Num estudo com jogadores de basquetebol, Wolfe et al. (1985) reportaram que os cinco bases apresentavam maiores valores de MVE, igualmente traduzida em maior espessura tanto do SIVd como da PPVEd, comparativamente a seis jogadores classificados como postes, o que faz algum sentido sabendo que os bases são caracterizados como tendo mais massa muscular e os postes maior linearidade (ectomorfismo).

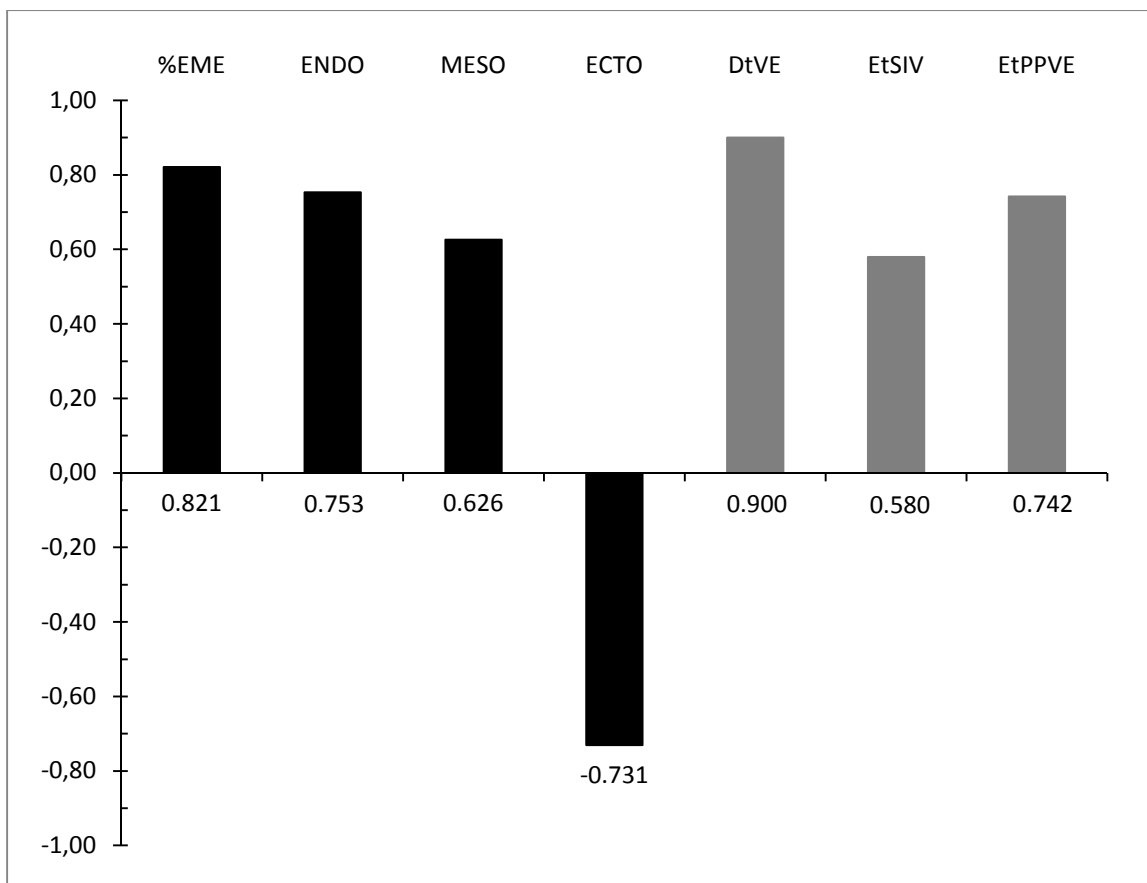


Figura 6.4. Cargas de cada uma das variáveis da solução inicial com a respectiva raiz canônica, isto é, a preto estão as medidas de maturação somática e as três componentes primárias do somatótipo e a cinzento as medidas simples obtidas do exame ecocardiográfico e que estão na base da determinação da MVE (n=79). **Legenda:** %EME (percentagem da estatura matura estimada); St (estatura); ENDO (endomorfismo), MESO (mesomorfismo); ECTO (ectomorfismo); DtVE (diâmetro telediastólico do ventrículo esquerdo); EtSIV (espessura telediastólica do septo interventricular); EtPPVE (espessura telediastólica da parede posterior do ventrículo esquerdo).

Concluindo, a morfologia do VE parece acompanhar o incremento da morfologia externa, tanto ao nível da robustez músculo-esquelética, como ainda no que se refere à sobrecarga ponderal atribuível à adiposidade relativa, que, em esforços dinâmicos, corresponde a uma elevação da intensidade do esforço a realizar. De modo idêntico, valores elevados nos índices estatura-ponderais, independentemente do tamanho absoluto da estatura, tendem a associar-se inversamente às dimensões da cavidade e, ligeiramente com menor magnitude, à espessura da PPVEd e do SIVd. Quando as associações multivariadas consideram concorrentemente várias medidas de tamanho corporal, em especial a massa isenta de gordura, as componentes da massa e a estatura associam-se diretamente às medidas ecocardiográficas. Os dados sugerem que o coração

do atleta acompanha o aumento de massa corporal, em geral e da massa isenta de gordura em particular. No caso do judoca, as adaptações ocorrem tanto ao nível da cavidade como da espessura das paredes, reforçando a natureza mista do esforço. Outros estudos detalham informação interessante, embora noutras modalidades, sugerindo que as adaptações não seguem a similaridade geométrica, denotando alguma elasticidade melhor percebida com recurso a modelos alométricos que podem ser simples ou combinando indicadores de maturação biológica (Valente-dos-Santos et al., 2013).

Capítulo VII

Discussão geral e conclusões

7. DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

Em cada um dos quatro diferentes estudos que integram esta tese, foi incluída uma extensa discussão dos principais resultados, conclusões e limitações. Nesta seção, procurou integrar-se os resultados de cada um dos trabalhos numa perspectiva de conjunto.

O treino regular induz no coração uma remodelagem fisiológica com o objetivo último de melhorar o rendimento do sistema cardiovascular durante o exercício. No entanto, esta remodelagem como em muitas outras variáveis biológicas, parece ter uma distribuição de “curva em J” dado que quando excessiva pode ser confundida com algumas doenças cardíacas graves relacionadas com o desporto (La Gerche et al., 2013). Tal facto, leva alguns autores (Martina et al., 2008) a manter o debate acerca da tipologia, volume e intensidade do exercício físico. Quando não se controlam adequadamente estes indicadores, não pode ser posta de parte a possibilidade da ocorrência de alterações estruturais e electrofisiológicas a nível do músculo cardíaco que, eventualmente, podem desencadear fenómenos que levem à MS.

O Colégio Americano de Cardiologia define MS cardíaca como “morte súbita e inesperada, de causa cardíaca não traumática, que pode ocorrer a partir duma paragem cardíaca dentro das 6 horas seguintes a um estado de saúde anteriormente normal” (Maron et al., 2005). Quando relacionada com o desporto, a MS cardíaca foi definida como morte não traumática, durante ou até 1 hora após um exercício de intensidade moderada a vigorosa num atleta de competição (Holst et al., 2010).

Talvez o primeiro caso conhecido de MS relacionado com a atividade física, seja o do soldado grego Pheidippides quando no ano de 490 AC morreu ao chegar a Atenas depois de correr a maratona. A MS em atletas constitui um dos acontecimentos com mais impacto na comunicação social, uma vez que ocorre habitualmente em jovens (nalguns casos muito famosos) que se supunha estarem de perfeita saúde. No entanto, também é conhecido que por detrás desta dramática situação, habitualmente estão anomalias do foro cardiovascular (geralmente insuspeitas e assintomáticas) como as doenças cardíacas congénitas, anomalias congénitas das artérias coronárias, hipertrofia idiopática do VE, displasia arritmogénica do ventrículo direito, entre outras (Epstein et al., 1986; Futterman et al., 1998; Maron et al., 1996a; Northcote et al., 1983; Van Camp

et al., 1995) em que por vezes o exercício físico apenas funciona como um gatilho que vai desencadear a taquiarritmia ventricular fatal (Corrado et al., 2003). Por isso, talvez a questão mais importante em estudos futuros, seja perceber se nos atletas estas alterações estruturais e fisiológicas, podem ou não funcionar como fatores predisponentes que conduzem à MS. Embora ainda não haja evidência desta suposição, Chen et al. (2000) referem que é possível que a hipertrofia de compensação ocorrida após um exercício intenso possa ser geradora potencial de tecido cicatricial, situação esta já colocada em evidência histológica em modelos animais.

Alguns outros estudos (Corrado et al., 2006; Driscoll et al., 1985; Maron et al., 1998; Molander, 1982; Neuspiel et al., 1985; Van Camp et al., 1995) indicam, em populações jovens (< 35 anos), uma incidência de 1.5-6.5 por 100 000 indivíduos/ano para todas as mortes súbitas (incluindo as de causa não cardíaca) e uma incidência de 0.3-3.6 por 100 000 indivíduos/ano para a MS cardíaca. Num estudo realizado em Itália, Corrado et al. (2005) encontraram uma incidência de 2.3 mortes súbitas de todas as causas por 100 000 atletas com idades entre 12 e 35 anos sendo que, 2.1 destas mortes foram por causas cardiovasculares. Sabe-se também que o risco de MS em atletas jovens com doença cardiovascular é 2.5 vezes superior aos não atletas e mais de 90% das mortes súbitas cardíacas ocorre durante, ou imediatamente após, uma sessão de treino ou de competição (Sen-Chowdhry et al., 2006). Corrado et al. (2005) referem ainda que o rácio homem/mulher é de 10:1, o que por vezes leva a que o género masculino seja relatado como fator de risco para MS em atletas.

No entanto, também há causas externas que podem levar à MS em atletas sem antecedentes de qualquer doença cardíaca estrutural. Nas crianças e adolescentes a situação mais comum é o *commotio cordis*. Trata-se de um impacto não penetrante no tórax que pode produzir fibrilhação ventricular, caso aconteça diretamente sobre o coração e ocorra 15 a 30 msec antes do pico da onda T do eletrocardiograma durante a fase vulnerável da repolarização ventricular (Link et al., 2003).

Embora a frequência relativa das anomalias cardíacas que levaram à MS em jovens atletas não esteja completamente estabelecida, é interessante notar a sua variabilidade geográfica. Enquanto a cardiomiopatia hipertrófica é a causa mais comum de MS nos EUA seguida do *commotio cordis*, na Itália a causa mais comum é a displasia arritmogénica do ventrículo direito (Link, 2008). No entanto, deve ter-se

presente que, apesar de tudo, a incidência de MS ou de complicações graves durante a prática desportiva é um fenómeno raro e o balanço entre o risco e o benefício está claramente a favor da prática de exercício físico (Cordero et al., 2014).

O efeito do treino na remodelagem do ventrículo esquerdo

Embora na literatura haja pouca evidência de que o desenvolvimento dos sistemas orgânicos sofre efeitos adversos a longo prazo devido ao treino intensivo mais precoce, não parece que este provoque alterações nas características vasculares ou pulmonares que sejam prejudiciais à saúde. Pelo contrário, as diferenças que separam atletas adolescentes de não atletas parecem refletir uma superior eficiência funcional dos primeiros (Rowland, 1993; 1997). Assim, desde que os limites fisiológicos e estruturais da criança sejam respeitados, parece não haver risco de que o treino desportivo possa prejudicar o seu crescimento e desenvolvimento (Damsgaard et al., 2000; Malina, 1994).

No entanto, o aparecimento de atletas muito jovens nos principais palcos do desporto mundial com desempenhos superiores a nível internacional, tem sido visto com preocupação (Maffulli et al., 1988; Wiersma, 2000; Zauner et al., 1989). Sabe-se que o treino intensivo causa tensão nos sistemas orgânicos e pode levar a potenciais danos em tecidos que ainda estão em fase de crescimento, mas pouco se sabe sobre a influência do mesmo na regulação e função das estruturas cardíacas (Triposkiadis et al., 2002).

Embora nalguns atletas as adaptações cardíacas ao exercício sejam relativamente modestas, noutras estas alterações são tão relevantes que podem mesmo simular padrões de doenças associadas à hipertrofia ventricular esquerda, como por exemplo a cardiomiopatia hipertrófica (Basavarajaiah et al., 2006; 2008; Maron et al., 1986c; Pelliccia et al., 2002; Sharma et al., 2002). Muitas das mortes causadas por esta doença, ocorrem geralmente sem qualquer sinal de alerta e muitas vezes são a sua primeira manifestação clínica, desencadeando arritmias ventriculares fatais (Maron et al., 2006a; Maron, 2006b; Ostman-Smith, 2008). Um dos fatores que pode ajudar a esclarecer estes diagnósticos situados na chamada “zona cinzenta”, tem a ver com o facto das adaptações cardíacas que surgem durante a prática do treino regular e continuado, serem

caracterizadas tanto no adulto como na criança, pela sua reversibilidade após a paragem do treino durante algum tempo. Esta reversibilidade das estruturas permite, por vezes, distinguir o chamado coração de atleta de possíveis cardiomiopatias.

A situação anterior tem sido discutida frequentemente na literatura, mas grande parte dos valores normativos aceites, resulta de estudos ecocardiográficos com atletas adultos (Fagard et al., 1983; Legaz-Arrese et al., 2006; Pelliccia et al., 1999; Pelliccia 1991; Pluim et al., 2000; Spirito et al., 1994; Venckunas et al., 2008a; 2008b; Whyte et al., 2004). A literatura dedicada à determinação destes parâmetros em atletas adolescentes é pouco extensa (Ayabakan et al., 2006; Basavarajaiah et al., 2007; Makan et al., 2005; Sagiv et al., 2007; Zdravkovic et al., 2010) e não considera sistematicamente o efeito do treino, crescimento e maturação.

No capítulo 3 desta tese, os estudos 1 e 2 investigaram a função e estrutura cardíaca associados a uma amostra de jovens atletas e não atletas do sexo masculino, bem como a variabilidade inter-individual de um conjunto de atletas de modalidades desportivas caracterizadas por modelos de preparação distintos a longo prazo e com diferentes metodologias de treino e competição. Tal como em trabalhos anteriores realizados em atletas adultos (Ayabakan et al., 2006; Epstein et al., 1975; Fagard, 2003; Makan et al., 2005; Maron et al., 1986c; Pelliccia et al., 1999) e em atletas adolescentes (Foster et al., 2013; Hietalampi et al., 2012; Janz et al., 1995; Makan et al., 2005; Petridis et al., 2004; Sharma et al., 2002) verificámos um aumento do diâmetro das cavidades esquerdas, e da espessura das paredes do VE dos atletas em relação aos controlos (não atletas). Adicionalmente os atletas mais velhos possuem médias superiores dos diâmetros do VE, bem como da espessura SIVd.

A variação dos parâmetros ecocardiográficos associada à modalidade desportiva apenas se revelou significativa para algumas das variáveis da morfologia cardíaca. Os judocas, apresentaram valores inferiores a todos os outros atletas para as espessuras do SIVd e da PPVEd. No entanto, sem que as diferenças observadas fossem significativas, as dimensões das cavidades cardíacas dos basquetebolistas, possivelmente dado o seu superior tamanho corporal (Abernethy et al., 2003; Corrado et al., 2005), e a espessura do SIVd e da PPVEd dos nadadores foram superiores em relação aos outros atletas. Neste particular, os nossos resultados revelam-se semelhantes aos de outros autores

(Hollman et al., 1986; Madeira et al., 2008; Medved et al., 1986; Obert et al., 1998; Triposkiadis et al., 2002).

Procurámos ainda compreender a remodelagem cardíaca entre atletas praticantes da mesma modalidade desportiva. Considerando basquetebolistas de nível local e de nível internacional (estudo 3), verificámos que o diâmetro telediastólico e a espessura das paredes do VE eram superiores nos últimos. Dado que estes tiveram mais sessões de treino e mais minutos de jogo que os de nível local, os nossos resultados sugerem a existência de relação entre a quantidade de exposição às cargas de treino e o aumento das cavidades cardíacas em jovens atletas. Se dentro duma mesma modalidade desportiva, as expectativas para atingir a alta competição constituir uma fonte adicional de variação, estes resultados podem ser relevantes e fornecer valores de referência para a avaliação física da pré-participação destes jovens atletas.

Tal como Madeira et al. (2008), também verificámos que as variações nas dimensões cardíacas não podem ser atribuíveis apenas ao efeito adaptativo do treino, aliás, enquanto a maturação somática, o endomorfismo e o mesomorfismo evidenciaram uma associação direta com o DtVE e com a espessura das suas paredes, a associação com o ectomorfismo é inversa (estudo 4) parecendo que a morfologia do VE acompanha o incremento da morfologia externa tanto ao nível da robustez músculo-esquelética como no que se refere à sobrecarga ponderal atribuível à adiposidade relativa. De modo idêntico, valores elevados nos índices estatura-ponderais tendem a associar-se inversamente à dimensão da cavidade ventricular esquerda e, em menor magnitude, às espessuras do SIVd e da PPVEd.

Deste modo, parece que além de estarem reunidas diferentes fontes de variação que se prendem com as dinâmicas dos processos de treino e competição, há também o desconhecimento de alguns dos fatores que estão envolvidos na remodelagem fisiológica do VE (como por exemplo o papel atribuído à enzima conversora da angiotensina) que, eventualmente, podem ajudar a explicar o facto de existirem atletas com características antropométricas semelhantes, que são submetidos à mesma intensidade de treino, mas que evidenciam diferentes adaptações cardíacas e de rendimento (Ghorayeb et al., 2005).

Massa ventricular esquerda

Tem sido referido que a relação entre a MVE e a estatura é aceitável para a avaliação do crescimento e desenvolvimento cardíaco. No estudo 1, os atletas evidenciaram valores superiores e estatisticamente significativos em relação aos não atletas para a massa e IMVE e no estudo 2 os basquetebolistas apresentaram valores superiores e os judocas valores inferiores de massa e IMVE em relação às outras modalidades estudadas. Na mesma modalidade desportiva (estudo 3) a MVE foi superior nos atletas de nível internacional, mesmo após o ajustamento para a estatura. No entanto, embora se verifique uma correlação estatisticamente significativa entre a MVE e a estatura quando é considerada a totalidade da amostra, a análise separada de atletas e não atletas sugere um padrão de associação não linear (estudo 1) e a estatura não foi um bom preditor único da MVE (estudo 3), sendo necessário considerar também EMP como uma covariável simultânea. Aliás, a massa corporal e a massa livre de gordura mostraram mesmo ser mais credíveis que a estatura. Deste modo, parece ser necessário recorrer a procedimentos alométricos não lineares de modo a normalizar adequadamente a MVE para a variabilidade inter-individual resultante do tamanho corporal.

Função sistólica do ventrículo esquerdo

A função sistólica do VE foi traduzida através do cálculo das frações de ejeção e de encurtamento. Tal como é referido na literatura (Arrese et al., 2006; Barbier et al., 2006; D'Andrea et al., 2002; Hoogsteen et al., 2004; Whyte et al., 2004), também nas análises por nós efetuadas nos jovens atletas, os seus valores mantiveram-se sempre dentro dos limites considerados clinicamente normais e sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Somatótipo e morfologia do ventrículo esquerdo

O uso da SC como indicador de tamanho corporal tem sido questionado e a normalização da MVE para a SC é teórica e empiricamente inválida (George et al., 2001; Naylor et al., 2008). De acordo com Katzmarzyk et al. (1998), entre adolescentes

saudáveis e não obesos, o tamanho corporal assume maior poder explicativo das dimensões ecocardiográficas que o somatótipo. No estudo 4 verificámos que a morfologia do VE parece acompanhar o incremento da morfologia externa, tanto a nível da robustez músculo-esquelética como a nível da sobrecarga ponderal atribuível à adiposidade relativa. Por outro lado, valores elevados nos índices estatura-ponderais tendem a associar-se inversamente às dimensões da cavidade e, embora com menos magnitude, à espessura da PPVEd e do SIVd, independentemente do tamanho absoluto da estatura. Assim, os nossos resultados sugerem que o coração do jovem atleta acompanha o aumento da massa corporal em geral e da massa isenta de gordura em particular, tanto a nível do diâmetro das cavidades como da espessura das paredes do VE, reforçando a natureza mista do esforço.

Abordagem diagnóstica na seleção do atleta

Parece que a necessidade de realizar um rastreio pré-participação em atletas de alta competição, é uma questão universalmente aceite e a prevenção da MS deve estar presente logo na primeira abordagem. Uma detalhada história pessoal e familiar e um exame físico bastante cuidado são recomendados tanto pela *American Heart Association* como pela *European Society of Cardiology* (Corrado et al., 2005). Talvez o aspecto mais importante nesta abordagem seja mesmo a história clínica, uma vez que pode revelar sintomas sugestivos de doença cardiovascular, como por exemplo a síncope a qual está presente em cerca de um quarto dos jovens atletas antes de ocorrer a MS. Embora nos jovens as síncopes mais frequentes sejam de origem neurocardiogénica, as que ocorrem durante o exercício físico podem ser o prenúncio de uma doença cardíaca subjacente (Colivicchi et al., 2004; Link et al., 2008). Por isso, existem questionários estandardizados como o “*Preparticipation Physical Evaluation Monograph*” que é sugerido tanto pelo *International Olympic Committee Lausanne Recommendations* como pela *American Heart Association*. No entanto, nalguns países, como nos EUA, estes questionários têm sido subutilizados tanto na primeira abordagem a atletas como nas comunidades escolares (Glover, 2007).

Deste modo, os indivíduos assintomáticos e aparentemente saudáveis, constituem o maior desafio no diagnóstico das doenças cardíacas que podem levar à

MS. É que em cerca de 50-80% dos atletas com doença cardíaca não diagnosticada, a MS é a sua primeira e por vezes única manifestação (Eckart et al., 2004). Nalgumas séries reportadas por Maron et al. (1996b), de 134 jovens atletas que morreram subitamente por causa cardíaca, 115 tinham sido previamente avaliados através da história clínica e exame físico. No entanto, a suspeita da existência de doença cardíaca só surgiu em 4 (3%), e apenas um foi corretamente diagnosticado. Por isso, alguns autores (Corrado et al., 2005), defendem o uso de exames complementares como o eletrocardiograma e/ou o ecocardiograma na primeira abordagem a estes indivíduos, a fim de que se aumentem as possibilidades de diagnóstico de eventuais doenças cardíacas obscuras. No entanto, devemos ter presente que, apesar de toda a tecnologia de diagnóstico atualmente à nossa disposição, algumas das doenças continuam a ser indetectáveis, ao mesmo tempo que, muitas das alterações por vezes encontradas em exames complementares de diagnóstico devem ser distinguidas de eventuais alterações fisiológicas benignas que ocorrem no coração do atleta. É que um falso diagnóstico de doença cardíaca nestes casos-limite pode levar ao abandono da prática desportiva, com todos os prejuízos pessoais e profissionais que daí advêm, mas o diagnóstico de “coração de atleta” quando na realidade estamos perante uma patologia cardíaca grave, pode levar à MS.

Principais conclusões

O principal objetivo desta tese, foi aumentar o conhecimento sobre a relação entre a morfologia externa e a remodelagem cardíaca estudada através de parâmetros ecocardiográficos em jovens atletas, pubertários e do sexo masculino. Dos diversos estudos apresentados, pode-se concluir que:

- O diâmetro das cavidades esquerdas e da raiz da aorta, a espessura das paredes do VE, a MVE e o IMVE dos jovens atletas são superiores às dos jovens não atletas;
- A variação das dimensões cardíacas, não pode ser apenas atribuível à metodologia de treino utilizada;

- A relação entre a MVE e o tamanho corporal é não linear. Sugere-se o recurso a procedimentos alométricos não lineares para a normalizar adequadamente para a variabilidade inter-individual resultante do tamanho corporal;
- A estatura não foi um bom preditor único para normalizar a MVE e as análises alométricas proporcionais indicaram que após o ajuste para o efeito da estatura, é necessário considerar a EMP como covariável simultânea;
- A maturação somática, o endomorfismo e o mesomorfismo estão diretamente associados ao diâmetro e à espessura das paredes do VE, mas a associação com o ectomorfismo é inversa;
- A morfologia do VE acompanha o incremento da morfologia externa, tanto ao nível da robustez músculo-esquelética, como a nível da sobrecarga ponderal atribuível à adiposidade relativa;
- Valores estatura-ponderais elevados, independentemente do tamanho absoluto da estatura, tendem a associar-se inversamente com as dimensões do VE.

Referências bibliográficas

Referências bibliográficas

- Abernethy WB, Choo JK, Hutter AM Jr. (2003). Echocardiographic characteristics of professional football players. *J Am Coll Cardiol*, 41: 280-284
- Alfonso F. (1996) Muerte súbita en la miocardiopatía hipertrófica. *Rev Esp Cardiol*; 49: 288-304.
- Allen HD, Goldberg SJ, Sahn DJ, Schy N., & Wojcik R. (1977). A quantitative echocardiographic study of champion childhood swimmers. *Circulation*, 55(1), 142-145.
- Arnett DK, Fuentes L, & Broeckel U. (2004). Genes for left ventricular hypertrophy. *Current Hypertension Reports*, 6 (1), 36-41.
- Arrese AL, Carretero MG, Blasco IL. (2006). Adaptation of left ventricular morphology to long-term training in sprint and endurance-trained elite runners. *Eur J Appl Physiol*; 96(6):740-6.
- Ayabakan C, Akalin F, Mengütay S, Cotuk B, Odabas I, & Ozüak A. (2006). Athlete's heart in prepubertal male swimmers. *Cardiol Young*, 16(1), 61-66.
- Baggish AL, Wang, F, Weiner RB., Elinoff JM, Tournoux F, Boland A, Picard MH, Hutter AM and Wood MJ. (2007) Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. *Journal of Applied Physiology* Dec 20
- Baggish AL, Yared K, Weiner RB, Wang F, Demes, R, Picard, MH., Wood M.J. (2010). Differences in cardiac parameters among elite rowers and subelite rowers. *Med Sci Sports Exercise*, 42 (6), 1215-1220.
- Bailey DA, Mirwald MRL. (1988). The effects of training on the growth and development of the child. In: RM. Malina (Ed). *Young athletes: Biological, psychological and emotional perspectives*. P.33-47. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Balciunas M. and Stonkus S. (2003) Analysis of predominant intensity of physical load in basketball players of different ages during competition and training. *Human Movement* 2, 17-21.
- Bar'or O. (1983): *Pediatric Sports Medicine for the practitioner. From physiological principles to clinical applications*. Ed. Springer-Verlag. New York Inc.

- Barbier J, Ville N, Kervio G, Walther G, Carré F. (2006) Sports-specific features of athlete's heart and their relation to echocardiographic parameters. *Herz*, 31 (6): 531-543
- Basavarajaiah S, Araceli B, Whyte G, Wilson M, Carby L, Shah A, Sharma S. (2008). Ethnic differences in left ventricular remodeling in highly-trained athletes: Relevance to Differentiating Physiologic Left Ventricular Hypertrophy from Hypertrophic Cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 51 (23): 2256-2262
- Basavarajaiah S, Wilson M, Junagde S, Jackson G, Whyte G, Sharma S, & Roberts WO. (2006). Physiological left ventricular hypertrophy or hypertrophic cardiomyopathy in an elite adolescent athlete: role of detraining in resolving the clinical dilemma. [Case Reports]. *British Journal of Sports Medicine*, 40(8), 727-729; discussion 729. doi: 10.1136/bjism.2005.024596
- Basavarajaiah S, Wilson M, Naghavi R, Whyte G, Turner M, Sharma S. (2007). Physiological upper limits of left ventricular dimensions in highly trained junior tennis players. *Br J Sports Med*; 41:784–788. doi: 10.1136/bjism.2006.033993.
- Batterham AM, George KP, Whyte G, et al. (1999). Scaling cardiac structural data by body dimensions: a review of theory, practice, and problems. *Int J Sports Med*; 20:495–502
- Ben Abdelkrim N, Castagna C, Jabri I, Battikh T, El Fazaa S, & El Ati J. (2010). Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2330-2342.
- Ben Abdelkrim N, El Fazaa S, & El Ati J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75.
- Betancourt H; Aréchiga J; Carvajal W. (2009). Estimación antropológica de la forma corporal de atletas elites cubanos de deportes olímpicos de combate. *Antropo*, v.19, 23-32, 2009.
- Bjornstad H, Smith G, Storstein L, Meen H, Hals O (1993): Electrocardiographic and echocardiographic findings in top athletes, athletic students and sedentary controls. *Cardiology*, 82(1): 66–74.

- Bland JM, & Altman DG. (2012). Agreed statistics: measurement method comparison. *Anesthesiology*, 116(1), 182-185.
- Bliss CI. & Young MS. (1950). An analysis of heart measurements of growing boys. *Human Biology*, 22, 271-280
- Bonafonte L F, Pérez J R, & Marrero RM. (1994). Physiological characteristics of roller-hockey: Study in the sports field. *Archivos de Medicina del Deporte*, 11, 345-350.
- Bonato RC, Fioretto JR, Okoshi K, Matsubara BB, Padovani CR, Manfrin TR, Gobbi MF, Martino RS, Bregagnollo EA. (2006). Curvas de Percentis de Valores normais de medidas Ecocardiográficas em Crianças Eutróficas Procedentes da região Centro-Sul do Estado de São Paulo. *Arq Bras Cardiol* 2006; 87(6): 711-721
- Borjesson M, Pelliccia A. (2009). Incidence and aetiology of sudden cardiac death in young athletes: an international perspective. *Br J Sports Med*; 43:644-8.
- Boule M, Gaultier C, Girard F. (1989): Breathing pattern during exercise in untrained children. *Respir Physiol.*, 75-2; 225-232.
- Branco L, & Pereira T. (1994). Nomenclatura e valores de referência em ecocardiografia modo M, bidimensional e Doppler em adultos. *Rev Port Cardiol*, 13 (S2), 81-89.
- Bronzatto HA, Silva RP, Stein R. (2001) Morte súbita relacionada ao exercício. *Revista Brasileira de Medicina Esporte*, Niterói, v.7, n.5 Sept./Oct.
- Brugada J. (1996). Muerte súbita en la miocardiopatía hipertrófica. *Rev Esp Cardiol*; 49: 214-225
- Carter JEL and Heath BH. (1990). *Somatotyping-Development and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Castanheira J, Valente-dos-Santos J, Duarte J, Vaz V, Figueiredo AJ, Leite N, Cyrino ES, Coelho-e-Silva MJ (Aceite para publicação em 3 de fevereiro de 2014). Morfologia do ventrículo esquerdo em adolescentes: comparação entre atletas de elite e não-atletas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* (In Press)
- Charron P, Arad M, Arbustini E, Basso C, Bilinska Z, Elliott P, et al. (2010) Genetic counseling and testing in cardiomyopathies. *Eur Heart J*; 31:2715–26.

- Chen Y, Serfass RC., Marckey-Bojack SM. et al. (2000). Cardiac troponin T in myocardium and serum of rats after stressful, prolonged intense exercise. *J Appl Physiol* 88: 1749-1755
- Chinali M, de Simone G, Roman M. J, Lee ET., Best L G, Howard BV, Devereux RB. (2006). Impact of obesity on cardiac geometry and function in a population of adolescents: the Strong Heart Study. [Research Support, N.I.H., Extramural]. *Journal of the American College of Cardiology*, 47(11), 2267-2273. doi: 10.1016/j.jacc.2006.03.004.
- Claessens A, Beunen G, Wellens R, Geldof, G. (1987). Somatotype and body structure of world top judoists. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 27, 105-113.
- Coelho-e-Silva MJ, Figueiredo AJ, Carvalho HM, Malina RM. (2008). Functional capacities and sport-specific skills of 14- to 15-year-old male basketball players: Size and maturity effects *European Journal of Sport Science* 8(5), 277-285. doi: 10.1080/17461390802117177
- Coelho-e-Silva MJ, Vaz V, Simões F, Carvalho HM, Valente-dos-Santos J, Figueiredo AJ, Pereira V, Vaeyens R, Philippaerts R, Elferink-Gemser MT, Malina RM (2012). Sport selection in under-17 male roller hockey. *J Sports Sci.*, 30 (16): 1793-1802.
- Coelho-e-Silva MJ. (2002). *Morfologia e estilos de vida na adolescência. Um estudo em adolescentes escolares do distrito de Coimbra. Tese de Doutorado, Universidade de Coimbra, Coimbra.*
- Colan S. (1997): Mechanics of left ventricular systolic and diastolic function in physiologic hypertrophy of the athletes heart *Cardiology Clinics*, Volume 15, Issue 3, Pages 355-372
- Colivicchi F, Ammirati F, Santini M. (2004). Epidemiology and prognostic implications of syncope in young competing athletes. *Eur Heart J* 25:1749-1753
- Cordero A; Masiá MD; Galve E. (2014). Ejercicio físico y salud. *Rev Esp Cardiologia*. 10.1016/j.recesp.2014.04.007
- Corrado D, Basso C, Angelini A, et al (1995) Sudden arrhythmic death in young people with apparently normal heart. *J Am Coll Cardiol* 22:19-22

- Corrado D, Basso C, Pavei A, et al. (2006) Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening programme. *JAMA*; 296:1593-601.
- Corrado D, Basso C, Rizzoli G, Thiene G. (2003) Does sport activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J Am Coll Cardiol*. 42:1964-1966
- Corrado D, Pelliccia A, Bjornstad H, Vanhees L, Biffi A, Borjesson M et al. (2005). Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart Journal*; 26:516–24.
- D'Andrea A, Limmongelli G, Caso P, Sarubbi B, Della Pietra A, Brancaccio P, Cice G, Scherrillo M, Limongelli F, Calabro R (2002) : Association between left ventricular structure and cardiac performance during effort in two morphological forms of athlete's heart. *International Journal of Cardiology*, 86 (2-3): 177–184.
- Dai S, Harrist RB, Rosenthal GL, Labarthe DR. (2009). Effects of body size and body fatness on left ventricular mass in children and adolescents: Project HeartBeat! *Am J Prev Med*, 37(1 Suppl), S97-104. doi: S0749-3797(09)00221-9 [pii]10.1016/j.amepre.2009.04.011
- Damsgaard R, Bencke J, Matthiesen G, Petersen J H, Muller, J. (2000). Is prepubertal growth adversely affected by sport? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 1698-1703.
- D'Andrea A, Riegler L, Golia E, Cocchia R, Scarafilo R, Salerno G, Bossone E. (2011). Range of right heart measurements in top-level athletes: The training impact. *International journal of cardiology*. doi: 10.1016/j.ijcard.2011.06.058.
- Daniels SR, Kimball TR, Morrison JA., Khoury, P, Witt S, Meyer RA. (1995). Effect of lean body mass, fat mass, blood pressure, and sexual maturation on left ventricular mass in children and adolescents. Statistical, biological, and clinical significance. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Circulation*, 92(11), 3249-3254.

- D'Ascenzi F, Cameli M, Lisi M, Zacà V, Natali B, Malandrino A, Benincasa S, Catanese S, Causarano A, Mondillo S. (2012). Left atrial remodelling in competitive adolescent soccer players. *Int J Sports Med.* 2012 Oct;33(10):795-801
- de Simone G, Daniels SR, Devereux RB, Meyer RA, Roman MJ, de Divitiis O, Alderman MH. (1992). Left ventricular mass and body size in normotensive children and adults: assessment of allometric relations and impact of overweight. *Journal of the American College of Cardiology*, 20(5), 1251-1260.
- de Simone G, Devereux RB, Daniels SR (1995). Effect of growth on variability of left ventricular mass: assessment of allometric signals in adults and children and their capacity to predict cardiovascular risk. *Journal of American College of Cardiology*, 25: 1056-1062
- de Simone G, Devereux RB, Kimball TR, Mureddu GF, Roman MJ, Contaldo F, Daniels SR (1998). Interaction between body size and cardiac workload: influence on left ventricular mass during body growth and adulthood. *Hypertension*, 31(5):1077 - 1082.
- de Simone G, Devereux RB, Kimball TR, Roman MJ, Palmieri V, Celentano A, Daniels SR. (2001). Relation of heart rate to left ventricular dimensions in normotensive, normal-weight children, adolescents and adults. *Ital Heart J*, 2(8), 599-604.
- de Simone G, Kimball TR, Roman MJ, Daniels SR, Celentano A, Witt SA, Devereux RB (2000). Relation of left ventricular chamber and midwall function to age in normal children, adolescents and adults. *Ital Heart J*, 1(4):295 - 300.
- de Simone G, Kizer JR, Chinali M, Roman MJ, Bella JN, Best LG, Devereux RB. (2005). Normalization for body size and population-attributable risk of left ventricular hypertrophy: the Strong Heart Study. *Am J Hypertens*, 18(2 Pt 1), 191-196. doi: S0895-7061(04)01015-5 [pii] 10.1016/j.amjhyper.2004.08.032
- Dekker DL, Piziali RL, Dong E Jr (1974). A system for ultrasonically imaging the human heart in three dimensions. *Comput Biomed Res.*1974; 7(6):544-53.
- Devereux RB, & Reichek N. (1977). Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method *Circulation.* 1977; 55: 613-618 doi: 10.1161/01.CIR.55.4.613

- Devereux RB, Alonso D, Lutas E, Gottlieb G, Campo, E, Sachs I, et al. (1986). Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Hypertrophy: Comparison to Necropsy Findings. *American Journal of Cardiology*, 57, 450–458.
- Devereux RB, Casale PN, Eisenberg, R.R. (1984). Electrocardiographic Detection of Left Ventricular Hypertrophy Using Echocardiographic Determination of Left Ventricular Mass as the Reference Standard. Comparison of Standard Criteria, Computer Diagnosis and Physician Interpretation. *Journal of the American College of Cardiology*, 3, 82-7.
- Devereux RB, de Simone G, Pickering TG, Schwartz JE, Roman MJ. (1998). Relation of left ventricular midwall function to cardiovascular risk factors and arterial structure and function. *Hypertension* 1998;31:929-936.
- Dewey FE, Rosenthal D, Murphy DJ, Froelicher VF, Ashley EA. (2008). Does size matter? Clinical applications of scaling cardiac size and function for body size. *Circulation* 117:2279 – 2287.
- Di Bello V, Talarico L, Di Muro C, Santoro G, Bertini A, Giorgi D, Caputo MT, Bianchi M, Cecchini L, Giusti C (1995). Evaluation of maximal left performance in elite bicyclists. *International Journal of Sports Medicine*, Nov 16(8): 498-506.
- Dickhuth HH, Roecker K, Niess A, Hipp A, Heitkamp HC. (1996) The echocardiographic determination of volume and muscle mass of the heart. *International Journal of Sports Medicine*, v. 17, p. S132-139
- Drezner J, Pluim B, Engenretsen L. (2009) Prevention of sudden cardiac death in athletes: new data and modern perspectives 21st century. *Br J Sports Med*; 43: 625-26.
- Drezner JA. (2000) sudden cardiac death in young athletes. *Postgrad Med*; 108:37-50
- Driscoll DJ, Edwards WD. (1985). Sudden unexpected death in children and adolescents. *J Am Coll Cardiol*; 5:118B-21B.
- Dubois D, & Dubois EF, (1916). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*, 17, 863-871.
- Eckart RE, Scoville SL, Campbell CL, et al.(2004) Sudden death in young adults: a 25-year review of autopsies in military recruits. *Ann Intern Med* 141:829-834

- Eisenmann JC, Malina RM, Tremblay A, Bouchard C. (2007). Adiposity and cardiac dimensions among 9- to 18-year-old youth: the Québec Family Study. *J Hum Hypertens*, 21(2), 114-119.
- Epstein EE, Maron BJ. (1986) Sudden death and the competitive athlete: perspective on preparticipation screening studies. *J Am Coll Cardiol*; 7: 220-230.
- Epstein ML, Goldberg SJ, Allen HD, Konecke L, Wood J. (1975). Great vessel, cardiac chamber, and wall growth patterns in normal children. *Circulation*, 51(6), 1124-1129.
- Epstein ML, Goldberg SJ, Allen HD, Konecke L, Wood, J. (1975). Great vessel, cardiac chamber, and wall growth patterns in normal children. *Circulation*, 51 (6), 1124-1129.
- Escudero EM, Tufare A, Lobrutto C, Pellegrini L, Asenjo A, Pinilla OA., (2006). Remodelamiento Ventricular Izquierdo en el Atleta: Influencia de Diferentes Actividades Deportivas. *Revista de la Federación Argentina de Cardiología*, 35 (3), 150-156.
- Fabrini SP, Brito CJ, Mendes EL; Sabarense CM; Marins JCB, Franchini E. (2010). Práticas de redução de massa corporal em judocas nos períodos pré-competitivos. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v.24, n.2, p.165-177.
- Fagard RH, (1996). Athlete`s Heart: A Meta-Analysis of the Echocardiographic Experience. *International Journal of Sports Medicine*, 17, S140-S144.
- Fagard RH, Aubert A, Lysens R, Staessen J, Vanhees L, Amery A. (1983). Noninvasive assessment of seasonal variations in cardiac structure and function in cyclists. *Circulation*, 67 (4), 896-901.
- Fagard RH. (2003) Athlete`s heart. *Heart*; 89: 1455-61.
- Feigenbaum H (1994). *Echocardiography*. 5 th ed. Philadelphia: Lea and Febiger.
- Foster BJ, Gao T, Mackie AS, Zemel BS, Ali H, Platt RW, Colan, SD. (2013). Limitations of Expressing Left Ventricular Mass Relative to Height and to Body Surface Area in Children. *Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography*, 26(4), 410-418.

- Foster BJ, Mackie AS, Mitsnefes M, Ali H, Mamber S, Colan SD. (2008). A novel method of expressing left ventricular mass relative to body size in children. [Clinical Trial Research Support, Non-U.S. Gov't Validation Studies]. *Circulation*, 117(21), 2769-2775.
- Franchini E, Takito MY. (1997). Avaliação da composição corporal. *Ippon: Revista de Judô. São Paulo*, ano 2, nº10, p.9
- Franchini E, Yuri Takito M, Yuzo Nakamura F, Ayumi Matsushigue K, Peduti M.A. (2003). Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J Sports Med Phys Fitness*. 2003 Dec; 43(4):424-31.
- Freyschuss U, Gentz J; Noack G; Persson B. (1982). Circulatory adaptation in newborn infants of strictly controlled diabetic mothers. *Acta Paediatr Scand*, v.71, n.2, p.209-215, 1982.
- Fuller CM. (2000) Cost effectiveness analysis of screening of high school athletes for risk of sudden cardiac death. *Med Sci Sports Exerc*; 32:887-90.
- Futterman LG, Myerburg R (1998). Sudden death in athletes: update. *Sports Medicine*, 26: 335-350.
- Gates PE, Campbell I.G., George KP (2004). Concentric left ventricular morphology in aerobically trained kayak canoeists. *Journal of Sports Science*, 22: 859-865.
- Gates PE, George KP, Campbell Ib G. (2003). Concentric adaptation of the left ventricle in response to controlled upper body exercise training. *J Appl Physiol*, 94(2), 549-554.
- George K, Gates PE, Whyte G, Fenoglio RA, Lea R (1999). Echocardiographic examination of cardiac structure and function in elite cross trained male and female Alpine skiers. *British Journal of Sports Medicine*, 33: 93-99.
- George K, Sharma S, Batterham A, Whyte G, & McKenna W. (2001). Allometric analysis of the association between cardiac dimensions and body size variables in 464 junior athletes. *Clin Sci (Lond)*, 100 (1), 47-54.
- George KP, Birch KM, Pennell DJ, et al. (2009) Magnetic-resonance-imaging-derived indices for the normalization of left ventricular morphology by body size. *Magn Reson Imaging* 27:207–13.

- Ghorayeb N, Batlouni M, Pinto I, & Dioguardi G. (2005). Hipertrofia Ventricular Esquerda do Atleta: - Resposta Adaptativa Fisiológica do Coração. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 85 (3), 192-197.
- Giada F, Bertaglia E, De Piccoli B, Franceschi M, Sartori F, Raviele A, & Pascotto P. (1998). Cardiovascular adaptations to endurance training and detraining in young and older athletes. *International Journal of Cardiology*, 65(2), 149-155.
- Gidding SS, Liu K, Colangelo LA, Cook NL, Goff DC, Glasser SP, Lima JA. (2013). Longitudinal Determinants of Left Ventricular Mass and Geometry: The CARDIA Study. *Circulation. Cardiovascular imaging*. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.112.000450
- Glover DW, Maron BJ. (2007). Evolution in the process of screening United States high school student – athletes for cardiovascular disease. *Am J Cardiol* 100:1709-1712
- Graziosi P. (1998). Análise ecocardiográfica da estrutura e da função sistólica ventricular esquerda na hipertensão arterial. *HiperAtivo*. Vol. 5 (2): 161-174.
- Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, & Black WC. (1998). *Multivariate data analysis* (5.^a ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Harada K; Shiota T, Takahashi Y, Tamura M, Toyono M, Takada G. (1994). Doppler echocardiographic evaluation of left ventricular output and left ventricular filling changes in the first day of life. *Pediatr Res*, v.35, p.506-509, 1994.
- Haykowsky MJ, Dressendorfer R, Taylor D, Mandic S. & Humen D. (2002). Resistance training and cardiac hypertrophy: unraveling the training effect. *Sports Medicine* 32, 837-849.
- Hershberger RE, Lindenfeld J, Mestroni L, Seidman CE, Taylor MR, Towbin JA. (2009). Genetic evaluation of cardiomyopathy. *J Card Fail*; 15:83–97
- Hietalampi H, Pahkala K, Jokinen E, Ronnema T, Viikari JS, Niinikoski H, Raitakari OT. (2012). Left ventricular mass and geometry in adolescence: early childhood determinants. *Hypertension*, 60(5), 1266-1272.
- Hollman W, Rost R, Meirleir KDE, Liesen H, Heck H, Mader A. (1986). Cardiovascular effects of extreme physical training. *Acta Medica Scandinavica*, v. 711, suppl., p. 193-203

- Holst AG, Winkel BG, Theilade J, et al. (2010) Incidence and etiology of sports-related sudden cardiac death in Denmark Implications for preparticipation screening. *Heart Rhythm*; 7:1365-71.
- Hoogsteen J, Hoogeveen A, Schaffers H, Wijn PF, Van Hemel NM, & Van der Wall EE. (2004). Myocardial adaptation in different endurance sports: an echocardiographic study. *Int J Cardiovasc Imaging*, 20(1), 19-26.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, & Hanin J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. [Review]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278
- Hopkins WG. (2002). A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics Retrieved December 25, 2011, from [http:// www.sportsci.org/resource/stats/index.html](http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html)
- Hornberger LK. (2006). Maternal diabetes and the fetal heart. *Heart*, v.92, p.1019-1021
- Hunter SC. (1985). Screening high school athletes. *Journal of Medical Association*, Jul 74(7): 482-484.
- Huonker M, König D, & Keul J. (1996). Assessment of Left Ventricular Dimensions and Functions in Athletes and Sedentary Subjects at Rest and During Exercise Using Echocardiography, Doppler Sonography and Radionuclide Ventriculography. *International Journal of Sports Medicine*, 17, S173-S179.
- Iglesias Cubero G, Batalla A, Rodriguez Requero JJ, Barriales R, González V, Lopez de la Iglesia J, Terrados N. (2000). Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *Int. J. Cardiol.* 75, 261–265
- Ilercil A, O'Grady MJ, Roman MJ, Paranicas M, Lee ET, Welty TK, Fabsitz RR, Howard BV, Devereux RB. (2001). Reference values for echocardiographic measurements in urban and rural populations of differing ethnicity: the Strong Heart Study. *J Am Soc Echocardiogr*;14:601-611.
- Jang Y & Kim SM. (2012). Influences of the G2350A polymorphism in the ACE gene on cardiac structure and function of ball game players. *Journal of negative results in biomedicine*, 11, 6. doi: 10.1186/1477-5751-11-6.

- Janz KF, Burns TL, & Mahoney LT. (1995). Predictors of left ventricular mass and resting blood pressure in children: the Muscatine Study. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(6), 818-825.
- Janz KF, Dawson JD, & Mahoney LT. (2000). Predicting heart growth during puberty: The Muscatine Study. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Pediatrics*, 105(5), E63.
- Johnson BD, Saupe KW, Dempsey JA. (1992). Mechanical constraints on exercise hyperpnea in endurance athletes. *J Appl Physiol.*; 73(3):874-86.
- Kaminski L, Plonska E, Szyszka A, Peregud M, & Olszewski R. (2006). Echocardiographic examination of cardiac structure and function in male athletes of static and dynamic disciplines. [Comparative Study Controlled Clinical Trial]. *Polski merkuriusz lekarski : organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, 20(117), 274-278.
- Katzmarzyk PT, Malina RM, & Beunen GP. (1997). The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. *Annals of Human Biology*, 24(6), 493-505.
- Katzmarzyk PT, Malina RM, Song TM, Theriault G, & Bouchard C. (1998). Physique and echocardiographic dimensions in children, adolescents and young adults. *Annals of Human Biology*, 25, 145-157.
- Kervancioglu P, & Hatipoglu ES. (2007). Echocardiographic evaluation of left ventricular morphology and function in young male football players and runners. *Cardiology Journal*, 14(1), 37-43.
- Khamis H, Roche A (1995). Erratum. *Pediatrics*, Vol. 95 No. 3 March 1, pp. 457
- Khamis H, Roche A. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: The Khamis-Roche method. *Pediatrics*, 4, 504-507
- Kim J, Lee N, Trilk J, Kim EJ, Kim SY, Lee M, Cho HC. (2011). Effects of Sprint Interval Training on Elite Judoists. *International Journal of Sports Medicine*, 32: 929-934
- Kingman JC, & Dyson R. (1997). Analysis of roller hockey match play. *Journal of Human Movement Studies*, 32, 235-251.

- Koren MJ, Devereux R, & Casale PN. (1991). Relation of Left Ventricular Mass and Geometry to Morbidity and Mortality in Uncomplicated Essential Hypertension. *Annals of Internal Medicine*, 114, 345 – 352.
- Krustrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, & Bangsbo J. (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1666-1673.
- Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, Wei, R, Johnson, CL. (2002). 2000 CDC Growth Charts for the United States: Methods and Development (D. o. H. a. H. Services, Trans.) *Vital and Health Statistics (Vol. 11)*. Washington, DC.
- Kukidome T, Shirai K, Kubo J, Matsushima Y, Yanagisawa O, Homma T, Aizawa K. (2008). MRI evaluation of body composition changes in wrestlers undergoing rapid weight loss. *British Journal of Sports Medicine*, v.42, p.814-818
- La Gerche A, Schmied CM. (2013). Atrial fibrillation in athletes and the interplay between exercise and health. *Eur Heart J*. 2013; 34:3599-602
- Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. (2012). EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012; 25:3-46
- Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, Stewart W. (2006). Recommendations for chamber quantification. *Eur J Echocardiogr*, 7(2), 79-108.
- Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, Stewart, WJ. (2005). Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*, 18(12), 1440-1463.
- Legaz-Arrese A, Arrese AL, González-Carretero M, Carretero MG, Lacambra-Blasco I, & Blasco IL. (2006). Adaptation of left ventricular morphology to long-term training in sprint- and endurance-trained elite runners. *Eur J Appl Physiol*, 96(6), 740-746. doi: 10.1007/s00421-005-0076-6

- Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, & Castelli WP. (1990). Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *The New England journal of medicine*, 322(22), 1561-1566. doi: 10.1056/NEJM199005313222203.
- Levy W, Cerqueira M, Abrass I, Schwartz R, Stratton J. (1993). Endurance exercise training augments diastolic filling at rest and during exercise in healthy young and older men. *Circulation* 88 (1): 116–126.
- Liao Y, Cooper RS, Durazo-Arvizu R, Mensah GA, & Ghali JK. (1997). Prediction of mortality risk by different methods of indexation for left ventricular mass. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Journal of the American College of Cardiology*, 29(3), 641-647.
- Limongelli G, Verrengia M, Pacileo G, Da Ponte A, Brancaccio P, Canonico R, Limongelli FM. (2006). Left ventricular hypertrophy in Caucasian master athletes: Differences with hypertension and hypertrophic cardiomyopathy. *International journal of cardiology*, 111(1), 113-119. doi: 10.1016/j.ijcard.2005.07.033
- Lincoln EM, & Spillman R. (1928). Studies on hearts of children. II: Roentgen-ray studies. *Am. J. Dis. Child*, 35, 791-810.
- Link MS, Estes NAM III. (2008). Sudden Cardiac Death in Athletes. *Progress in Cardiovascular Diseases* 51: 44-57.
- Link MS, Maron BJ, Wang PJ, Vander-Bring BA, Zhu W, Estes NA III. (2003). Upper and lower energy limits of vulnerability to sudden arrhythmic death with chest-wall impact (commotion- cordis). *J Am Coll Cardiol* 41:99-104
- Lohman TG, Roche AF, & Martorell R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Longhurst JC, Kelly AR, Gonyea WJ, Mitchell JH. (1981). Chronic training and static and dynamic exercise: cardiovascular adaptation and response to exercise. *Circ. Res.* 81, 171 –178

- Machado Rodrigues AM, Coelho e Silva MJ, Mota J, Cumming SP, Sherar LB, Neville H, & Malina RM. (2010). Confounding effect of biologic maturation on sex differences in physical activity and sedentary behavior in adolescents. [Multicenter Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Pediatric Exercise Science*, 22(3), 442-453.
- Machado Rodrigues AM, Coelho e Silva MJ, Mota J, Santos RM, Cumming SP, & Malina RM. (2012). Physical activity and energy expenditure in adolescent male sport participants and nonparticipants aged 13 to 16 years. *Journal of physical activity & health*, 9(5), 626-633.
- Madeira R, Trabulo M, Alves F, & Pereira JG. (2006). Relationship Between Left Ventricular Dimensions and Function and Maximal Oxygen Uptake in Young Swimmers. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6 (2), 117-182.
- Madeira R, Trabulo M, Alves F, & Pereira JG. (2008). Efeito do Exercício Crónico nas Dimensões e Função do Ventrículo Esquerdo em Atletas Jovens. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 27 (8), 909-922.
- Maffulli N, Helms P. (1988). Controversies about intensive training in young athletes. *Archives of diseases of childhood*. *Archives of Diseases of Childhood*. 63: 1405-1407
- Makan J, Sharma S, Firoozi S, Whyte G, Jackson PG, & McKenna W. J. (2005). Physiological upper limits of ventricular cavity size in highly trained adolescent athletes. *Heart*, 91(4), 495-499.
- Malina RM & Bouchard C. (1991). Growth, maturation, and physical activity. Champaign: Human Kinetics.
- Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. (2004). Growth, maturation, and physical activity, Champaign, IL, Human Kinetics.
- Malina RM, Coelho e Silva MJ, Figueiredo A, Carling C.(2012) Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. *Journal of Sports Sciences* Volume 30, Issue 15: 1705-1717
- Malina RM, Katzmarzyk PT, Song TMK, Theriault G, Bouchard C. (1997). Somatotype and Cardiovascular Risk Factors in Healthy Adults. *American Journal of Human Biology* 9:11–19

- Malina RM, PeñaReyes ME, Eisenmann JC, Horta L, Rodrigues J, & Miller R. (2000). Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11± 16 years. *Journal of Sports Sciences*, 2000, 18, 685-693.
- Malina RM. (1994). Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22, 389-433.
- Malina RM. (1995). Anthropometry. In P. J. Maud & C. Foster (Eds.), *Physiological assessment of human fitness* (pp. 205 - 220). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malina RM., Bouchard C, & Bar-Or O. (2009). *Crescimento, maturação e atividade física*. São Paulo: Phorte Editora
- Mandigout S, Lecoq AD et al. (2002). Effect of two aerobic training regimens on the cardiorespiratory response of prepubertal boys and girls. *Acta Paediatr*; 91: 403-8.
- Manolas VM, Pavlik G, Bánhegyi A, Faludi J, Sidó Z, Olexó Z. (2001). Echocardiographic changes in the development of athlete's heart in 9 to 20 year old male subjects. *Acta Physiologica Hungarica*, v.88, p. 259-270
- Maresh MM. (1948). Growth of the heart related to bodily growth during childhood and adolescence. *Pediatrics*, 2, 382-404.
- Maron BJ, & Mulvihill, JJ. (1986c). The genetics of hypertrophic cardiomyopathy. *Ann Intern Med*, 105(4), 610-613.
- Maron BJ, Ackerman MJ, Nishimura RA, et al. (2005). Task Force 4: HCM and Other Cardiomyopathies, Mitral Valve Prolapse, Myocarditis, and Marfan syndrome. *J Am Coll Cardiol*; 45(8):1340-5.
- Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, et al. (2006c). Profile and frequency of sudden death in 1463 young competitive athletes: from a 25 year U.S: national registry: 1980-2005. *Circulation*; 114:830.
- Maron BJ, Epstein SE, Roberts WC. (1986a). Causes of sudden death in competitive athlete. *Journal of American College of Cardiology*, 7: 204-214
- Maron BJ, Gohman TE, Aeppli D. (1998). Prevalence of sudden cardiac death during competitive sports activities in Minnesota high school athletes. *J Am Coll Cardiol*; 32:1881-4.

- Maron BJ, Isner JM, McKenna WL. (1994) 26th Bethesda Conference: Recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardio-vascular abnormalities. Task force 3: Hypertrophic cardiomyopathy, myocarditis and other myopericardial diseases and mitral valve prolapse. *J Am Coll Cardiol*; 24: 880-885
- Maron BJ, McKenna WJ, Danielson GK, et al. (2003). American College of Cardiology/European Society of Cardiology clinical expert consensus document on hypertrophic cardiomyopathy. A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines Committee to Develop an Expert Consensus Document on Hypertrophic Cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*; 42:1687-713.
- Maron BJ, Olivetto I, Spirito P, et al. (2000a) Epidemiology of hypertrophic cardiomyopathy-related death: revisited in a large non-referral based patient population. *Circulation*; 102:858–64.
- Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. (1995). Cardiac disease in young trained athletes: insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*, 91: 1596-1601
- Maron BJ, Pelliccia A. (2006a). The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports including sudden death. *Circulation*; 114:1633–44.
- Maron BJ, Pelliccia A. (2006b). The heart of trained athletes. Cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation*; 114:1633-44
- Maron BJ, Shen WK, Link MS, et al. (2000b) Efficacy of implantable cardioverter-defibrillators for the prevention of sudden death in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *N Engl J Med*; 342:365–73.
- Maron BJ, Shirani J, Poliac LC, Mathenge R, Roberts WC, Mueller FO. (1996). Sudden death in young competitive athletes. Clinical, demographic and pathological profiles. *JAMA*; 276:199-204.

- Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, McGrew CA, Strong WB, Douglas PS, et al. (1996a). Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: a statement for health professionals from the sudden death committee (clinical cardiology) and congenital cardiac defects committee (cardiovascular disease in the young), American Heart Association. *Circulation*; 94; 850-6.
- Maron BJ. (1986b) Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol*; 7:190-203.
- Maron BJ. (1993). Hypertrophic Cardiomyopathy. *Curr Probl Cardiol*; 11: 637-704
- Maron BJ. (2004) Hypertrophic cardiomyopathy in childhood. *Pediatr Clin N Am*; 51:1305-46
- Martina M, Giuseppe L, Massimo F, Giuseppe B, Gian G. (2008). Sudden cardiac death in young athletes. *Internal Medicine* 47:1373-1378.
- Massa M, & Ré AH. (2010). Características de crescimento e desenvolvimento. In L.R.Silva (Ed.), *Desempenho esportivo: Treinamento com crianças e adolescentes* (2ªed., pp. 71-108). São Paulo: Phorte
- McInnes SE, Carlson JS, Jones CJ, & McKenna MJ. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387-397.
- Medved R, Fabecic-Sabadi V, Medved V. (1986). Echocardiographic findings in children participating in swimming training. *International Journal of Sports Medicine*, v. 7, p. 94-99.
- Mendo AH, & Argilaga MT. (2002). Behavioral structure in sociomotor sports: Roller-hockey. *Quality & Quantity*, 36, 347-378.
- Mielke G, Benda N. (2001). Cardiac output and central distribution of blood flow in the human fetus. *Circulation*, v.103, p.1662-1680, 2001.
- Mirwald RL, Baxter-Jones AG, Bailey DA, Beunen GP. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*; 34(4):689-694
- Mitchell D, Strydom NB., Van Graan CH, & Van der Walt WH. (1971). Human surface area: comparison of the Du Bois formula with direct photometric measurement. *Pflugers Arch*, 325(2), 188-190.

- Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. (2005). Task Force 8: classification of sports. *J Am Coll Cardiol.* 2005; vol 45 (8): 1364-1367
- Mitchell JH, Raven PB. (1994). Cardiovascular adaptation to physical activity. En: Bouchard C, Shepard R, Stephens T, editores. *Physical Activity, Fitness and Health. International Proceedings and Consensus Statement.* Champaign (IL): Human Kinetics, 286-298.
- Möckel M, Störk T. (1996). Diastolic Function in Various Forms of Left Ventricular Hypertrophy. *International Journal of Sports Medicine*, S184-S190.
- Molander N. (1982). Sudden natural death in later childhood and dolescence. *Arch Dis Child*; 57:572-6.
- Montero D, Walther G, Benamo E, Perez-Martin A, & Vinet A. (2013). Effects of exercise training on arterial function in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Sports Medicine*, 43(11), 1191-1199. doi: 10.1007/s40279-013-0085-2
- Morganroth J, Maron, BJ, Henry WL, Epstein SE. (1975). Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Annals of Internal Medicine*, v.82, p.521-524
- Mosteller RD. (1987). Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med*, 317(17), 1098. doi: 10.1056/NEJM198710223171717
- Nathan R Riding, Othman Salah, Sanjay Sharma, François Carré, Rory O’Hanlon, Keith P George, Bruce Hamilton, Hakim Chalabi, Gregory P Whyte, Mathew G Wilson. (2012). Do big athletes have big hearts? Impact of extreme anthropometry upon cardiac hypertrophy in professional male athletes. *Br J Sports Med*; 46(Suppl 1):i90–i97. doi:10.1136/bjsports-2012-091258
- Naylor LH, George K, O’Driscoll G, Green DJ. (2008). The athlete’s heart. A contemporary appraisal of the “Morganroth hypothesis”. *Sports Med*, 38(1):69-90.
- Nelson TR, Pretorius DH, Sklansky M, Hagen-Ansert S. (1996). Three-dimensional echocardiographic evaluation of fetal heart anatomy and function: acquisition, analysis and display. *J Ultras Med*, v.15, p.11-12.
- Neuspiel DR, Kuller LH. (1985). Sudden and unexpected natural death in childhood and adolescence. *JAMA*; 254:1321-5.

- Nicole M, Goedkoop P, Verheugt FWA. (2006). Sudden cardiac death due to hypertrophic cardiomyopathy can be reduced by preparticipation cardiovascular screening in young athletes. *European Heart Journal* 27:2152-2153
- Northcote RJ, Ballantyne D. (1983). Sudden cardiac death in sport. *Br Med J*; 287: 1357-1359.
- Nottin S, Nguyen LD, Terbah M, & Obert P. (2004). Left ventricular function in endurance-trained children by tissue Doppler imaging. *Med Sci Sports Exerc*, 36(9), 1507-1513. doi: 00005768-200409000-00008 [pii]
- Obert P, Stecken F, Courteix D, Lecoq AM, & Guenon P. (1998). Effect of Long-Term Intensive Endurance Training on Left Ventricular Structure and Diastolic Function in Prepubertal Children. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 149-154.
- Olson EN. (2004). A decade of discoveries in cardiac biology. *Nature Medicine*, Basingstoke, v.10, n. 5, p. 467-74
- Osborn RQ, Taylor WC, Oken K, Luzano M, Heckman M, & Fletcher G. (2007). Echocardiographic characterisation of left ventricular geometry of professional male tennis players. *Br J Sports Med*, 41(11), 789-792.
- Osborne G, Wolfe LA, Burggrat GW, & Norman, R. (1992). Relationships between cardiac dimensions, anthropometric characteristics and maximal aerobic power (VO₂max) in young men. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 219-224.
- Ostman-Smith I, Wettrell G, Keeton B, et al. (2008). Age and gender-specific mortality rates in childhood hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J*; 29:1160–7.
- Pavlik G, Major Z, Varga-Pinter B, Jeserich M, & Kneffel Z. (2010). The athlete's heart Part I (Review). *Acta Physiol Hung*, 97(4), 337-353doi: X3N74 M200 2250 XKS [pii] 10.1556 /APhysiol. 97.2010.4.1
- Pavlik G, Olexo Z, Osvath P, Sido Z, & Frenkl R. (2001). Echocardiographic characteristics of male athletes of different age. *British Journal of Sports Medicine*, 5, 95-99.
- Pearson DT, Naughton GA, & Torode M. (2006). Predictability of physiological testing and the role of maturation in talent identification for adolescent team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 277-287.

- Pela G, Brusci G, Montagna L, Manara M, Manca C. (2004). Left and right ventricular adaptation assessed by Doppler tissue echocardiography in athletes. *Journal of American Society of Echocardiography*. 17 (3): 205–211.
- Pelliccia A, (1996). Determinants of Morphologic Cardiac Adaptation in Elite Athletes: The Role of Athletic Training and Constitutional Factors. *International Journal of Sports Medicine*, 17, S157-S163.
- Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, & Maron BJ. (1999). Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med*, 130(1), 23-31.
- Pelliccia A, DiPaolo FM, & Maron BJ. (2002). The Athlete's Heart: Remodeling, Electrocardiogram and Preparticipation Screening. *Cardiology in Review*, 10, 85-90.
- Pelliccia A, Fagard R, Bjørnstad HH, Anastassakis A, Arbustini E, Assanelli D, et al. (2005). Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 26:1422–45.
- Pelliccia A, Maron BJ (1997). Outer limits of the athlete's heart, the effect of gender, and relevance to the differential diagnosis with primary cardiac disease. *Cardiology Clinics*, 15: 381-96.
- Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan M. A, Spirito P (1991). The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *N Engl J Med* ; 324:295-301.
- Pelliccia A, Thompson PD. (2006). The genetics of left ventricular remodelling in competitive athletes. *J Cardiovasc Med* 7:267-270
- Penas LM, Castro BA. (1995) Miocardiopatía hipertrófica asintomática. Argumentos a favor de su tratamiento. *Rev Esp Cardiol*; 48: 522-7.
- Petridis L, Kneffel Z, Kispéter Z, Horvath P, Sido Z, Pavlik G. (2004). Echocardiographic characteristics in adolescent junior male athletes of different sport events. *Acta Physiologica Hungarica*; 91: 99-109
- Petrova RF., Moiseeva NI. (1990). The effect of the motor regimen on the state on the blood circulation in 6-year-old children in kindergarten. *Gig. Sanit.*, 9; 51-53.
- Pfister GC, Puffer JC, Maron BJ. (2000). Preparticipation cardiovascular screening for US collegiate student-athletes. *JAMA*; 283:1597-9

- Pierard L (2001). Echocardiography in athletes. *Rev Med Liege*; 56(5), 313-31756(5): 313–317.
- Pluim BM, Zwinderman AH, Van der Laarse A, Van Der Wall EE. (2000). The athlete's heart: a Meta-Analysis of Cardiac Structure and Function. *Circulation* 101, 336 –344
- Poutanen T, & Jokinen E. (2007). Left ventricular mass in 169 healthy children and young adults assessed by three-dimensional echocardiography. *Pediatric Cardiology*, 28, 201-207.
- Quiñones MA, Waggoner AD, Reduto LA, Nelson JG, Young JB, Winters WL, Jr., Ribeiro LG, Miller RR. (1981). A new, simplified and accurate method for determining ejection fraction with two-dimensional echocardiography. *Circulation*; 64:744-753.
- Ralph L Rosnow, Robert Rosenthal. (2003). Effect sizes for experimenting psychologists, *Canadian Journal of Experimental Psychology* 57 (3): 221-237.
- Roche AF, Sun SS. (2003). *Human growth: assessment and interpretation*. Cambridge: University Press
- Rodriguez FA, Martin AR, & Henández VJ. (1991). Prova máxima progressiva en pista per a la valorizació de la condició aerobica en hóquei sobre patins. *Apunts: Educació Física i Esport*
- Rogol AD, Roemmich JN, & Clark PA. (2002). Growth at puberty. *Journal of Adolescent Health*, 31, 192-200
- Rosnow RL, & Rosenthal R. (1996). Computing contrasts, effect sizes, and counternulls on other people's published data: General procedures for research consumers. *Psychological Methods*, 1, 331-340.
- Rowland TW, Delaney BC, & Siconolfi SF. (1987). 'Athlete's heart' in prepubertal children. *Pediatrics*, 79(5), 800-804.
- Rowland TW, Garrard M, Marwood S, Guerra ME, Roche D, Unnithan VB. (2009). Myocardial performance during progressive exercise in athletic adolescent males. *Med Sci Sports Exerc*; 41: 1721-8.
- Rowland TW, Goff D, Popowski B, DeLuca P, & Ferrone L. (1998). Cardiac Responses to Exercise in Child Distance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 385-390.

- Rowland TW, Unnithan VB, MacFarlane NG, Gibson NG, Paton JY. (1994). Clinical manifestations of the athlete's heart in prepubertal male runners. *Int J Sports Med*; 15: 515-19
- Rowland TW. (1993). The physiological impact of intensive training on the prepubertal athlete. In: *Intensive Participation in Children's Sports*, B.R. Cahill and A.J. Pearl (Eds.). Champaign, IL Human Kinetics, pp.167-193.
- Rowland TW. (1996). *Developmental exercise physiology* Champaign, IL: Human Kinetics
- Rowland, TW. (1997). Counseling the young athlete: where do we draw the line? *Ped. Exer. Sci.* 9:197-201
- Sáenz de la Calzada C, Tello de Meneses R, Delgado Jiménez J, Gómez Pajuelo C, Gómez Sánchez MA, González Cocina E. (1996). Historia natural de la miocardiopatía hipertrófica. *Rev Esp Cardiol*; 49: 214-225
- Sagiv M, & Ben-Sira D. (2007). Weight lifting training and left ventricular function in adolescent subjects. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(3), 329-334.
- Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, & Weyman A. (1978). Recommendations Regarding Quantitation in M-Mode Echocardiography: Results of a Survey of Echocardiographic Measurements. *Circulation*, 58 (6), 1072-1082.
- Santos DA, Silva IAM, Matias CN, Fields DA, Heymsfield SB, Sardinha LB. (2010). Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutrition & Metabolism*, v7, p.2-9
- Schieken RM, Schwartz PF, Goble MM. (1998). Tracking of left ventricular mass in children: race and sex comparisons. *Circulation*. 1998; 97:1901–1906.
- Sen-Chowdhry S, McKenna WJ. (2006). Sudden cardiac death in the young: a strategy for prevention by targeted evaluation. *Cardiology*; 105:196-206.
- Shapiro LM, Smith RG. Effect of training on left ventricular structure and function. An echocardiographic study. *Br Heart J*. 1983; 50:534-9.
- Shapiro LM. (1997): The morphologic consequences of systemic training. *Cardiology Clinics*, 15(3): 373–379.

- Sharma S, Maron BJ, Whyte G, Firoozi S, Elliot PM, McKenna WJ. (2002). Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*; 40(8):1431-1436.
- Shirley KW, Adirim TA. (2005). Sudden Cardiac Death in Young Athletes. *Clin Ped Emerg Med*; 6:194-9.
- Silva AM, Fields DA, Heymsfield SB, Sardinha LB. (2011). Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *Journal of Strength and Condition Research*, v.25, n.9, p.2488-2495.
- Singh S, & Goyal A. (2007). The origin of echocardiography. *Texas Heart Institute Journal*, 34, 431-438.
- Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, et al. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*; 60: 709–723
- Smith DJ. (2003). A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Medicine*, 33, 1103-1126
- Somauroo JD, Pyatt JR, Jackson M, Perry RA, Ramsdale DR. (2001). An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: reference ranges for use in screening. *Heart*, 85: 649-654.
- Spirito P, Pelliccia A, Proschan MA, Granata M, Spataro A, Bellone P et al. (1994). Morphology of the “athlete's heart” assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *Am J Cardiol*; 74: 802-6.
- Tanner J, Whitehouse R, Healy M (1962). A new system for estimating skeletal maturity from the hand and wrist, with standards derived from a study of 2600 British children. Parts I and II. Paris: Centre International de L'Enfance
- Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R. (1976). Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence of absence of asynergy. *Am J Cardiol*;37:7-11.
- Telford RD, McDonald IG, Ellis LB, Chennels MH, Sandstrom ER, Fuller PJ. (1988). Echocardiographic dimensions in trained and untrained 12-years old boys and girls. *J Sports Sci*; 6: 49-57

- Thomas SG, Cox MH, LeGal YM, Verde TJ, Smith HK. (1989). Physiological profiles of the Canadian National Judo Team. *Can J Sport Sci*; 14: 142 – 147
- Thompson PD. (2004). Historical concepts of the athlete's heart. *Med Sci Sports Exerc* 36:363-70
- Triposkiadis F, Ghiokas S, Skoularigis I, Kotsakis A, Giannakoulis I, Thanopoulos V. (2002). Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. *European Journal of Clinical Investigation*, 32: 16-23.
- Urbina EM, Gidding SS, Bao W, Pickoff AS, Berdusis K, & Berenson GS. (1995). Effect of body size, ponderosity, and blood pressure on left ventricular growth in children and young adults in the Bogalusa Heart Study. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Circulation*, 91(9), 2400-2406.
- Valente-dos-Santos J, Coelho-e-Silva MJ, Vaz V, Figueiredo AJ, Castanheira J, Leite N, Sherar LB, Baxter-Jones A, Elferink-Gemser MT, Malina RM (2013). Ventricular Mass in Relation to Body Size, Composition, and Skeletal Age in Adolescent Athletes. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 23: 293– 299.
- Valente-dos-Santos J, Vaz V, Santos A, Castanheira J, Figueiredo A, Elferink-Gemser, M, et al. (2010). Maturity-Associated Variation of Aerobic Peak Power and Echocardiographic Parameters in Youth Hockey Players. In: S., korkusuz, H., Ertan, E., Tsolakidis (Eds.). *Book of abstracts. 15th Annual Congress of the ECSS. 23-26 June. Antalya. Turkey: PP-TT10 Training and Testing 3*, pp-134.
- Valente-dos-Santos, J, Coelho-e-Silva MJ, Ferraz A, Castanheira J, Ronque ER, Sherar LB, Malina RM. (2014). Scaling left ventricular mass in adolescent boys aged 11-15 years. *Annals of Human Biology*. doi: 10.3109/ 03014460. 2013. 866694.
- Van Camp SP, Bloor CM, Mueller FO, Cantu RC, Olson HG. (1995). Nontraumatic sports death in high school and college athletes. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 27: 641-647.
- Venckunas T, Lionikas A, Marcinkeviciene J, Raugaliene R, Alekrinskis I, & Stasiulis, A. (2008a). Echocardiographic parameters in athletes of different sports. *J Sports Sci Med*, 7, 151-156.
- Venckunas T, Raugaliene R, & Stasiulis A. (2008b). Relationship of training versus echocardiographic parameters to competitive results in distance running. *Int J Sports Med*, 29 (2), 96-101.

- Verbraecken J, Van de Heyning P, De Backer W, & Van Gaal L. (2006). Body surface area in normal-weight, overweight, and obese adults. A comparison study. *Metabolism*, 55(4), 515-524.
- Vieira ML. (2013). Ecocardiografia Tridimensional: Is It Ready for Prime Time? *Revista brasileira de ecocardiografia e imagem cardiovascular*. 2013;26(3):186-188
- Vinereanu D, Florescu N, Sculthorpe N, Tweddle A, Stephens M, Fraser A. (2001). Differentiation between pathologic left ventricular hypertrophy by tissue Doppler assessment of long axis function in patients with hypertrophic cardiomyopathy or systemic hypertension and in athletes. *American Journal of Cardiology*, 88 (1): 53–58.
- Weineck J. (1999). *Treinamento ideal*. 1. ed. São Paulo: Editora Manole
- Wernstedt P, Sjostedt C, Ekman I, Du H, Thuomas KA, Areskog NH, and Nylander E. (2002). Adaptation of cardiac morphology and function to endurance and strength training. A comparative study using MR imaging and echocardiography in males and females. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 12, 17-25.
- Whyte GP, George K, Sharma S, Firoozi S, Stephens N, Senior R, et al. (2004). The upper limit of physiological cardiac hypertrophy in elite male and female athletes: the British experience. *Eur J Appl Physiol* 92(4-5):592-597
- Wiersma LD. (2000). Risks and benefits of youth sport specialization: perspectives and recommendations. *Pediatric Exercise Science*. 12:13-22.
- Wolfe LA, Martin RP, Seiv RL. (1985). Absence of left ventricular hypertrophy in elite college basketball players. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 10, 116-121.
- World Health Organization. (2002). *The World Health Report 2002. Annexes and Tables*. Geneva: World Health Organization, 192.
- Zakynthinos E, Vassilakopoulos T, Mavrommati I, Filippatos G, Zakynthinos S. (2001). Echocardiographic and ambulatory electrocardiographic findings in elite water-polo athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science of Sports* 11(3): 149–155
- Zauner CW, Maksud MG, Melichna J. (1989). Physiological considerations in training young athletes. *Sports Medicine* 8:15-31.

Zdravkovic M, Perunicic J, Krotin M, Ristic M, Vukomanovic V, Soldatovic I, & Zdravkovic D. (2010). Echocardiographic study of early left ventricular remodeling in highly trained preadolescent footballers. *J Sci Med Sport*, 13(6), 602-606.

Zielinsky P. (2002). O feto e a hermenêutica da diástole. *Arq Bras Cardiol*, v.79, n.6, p.640-643,

