

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

**AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E FUNÇÃO DO VENTRÍCULO
ESQUERDO EM ADOLESCENTES ATLETAS**

ROSEMARY DE OLIVEIRA PETKOWICZ

Porto Alegre
2003

AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DA FUNÇÃO DO VENTRÍCULO ESQUERDO EM ADOLESCENTES ATLETAS

*Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências do
Movimento Humano da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul para obtenção do título
de Mestre.*

Orientador: Profa. Dra. Flávia Meyer

Porto Alegre
2003

Catálogo na Fonte

P487a Petkowicz, Rosemary de Oliveira.

Avaliação da estrutura e função do ventrículo esquerdo em adolescentes atletas. / Rosemary de Oliveira Petkowicz. – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

86 f., il., tab., gráf..

Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

1. Cardiologia:adolescentes. 2. Doppler-ecocardiografia. 3. Exercícios físicos: adolescentes. 4. Antropometria: adolescentes. I. Título. II. Meyer, Flávia, orientador.

CDU: 796:61-053.7

Ficha catalográfica elaborada por Ivone Job, CRB-10 / 624

*Experiência não é o que aconteceu com você;
mas o que você fez com o que te aconteceu*

Aldous Huxley

Aos meus pais, **Isidoro** e **Eva**, que sempre foram exemplo de perseverança e trabalho.

À minha irmã, **Cármen**, que sua paixão por estudar sempre foi um estímulo.

Ao **Otávio**, por seu apóio e compreensão, por saber respeitar e aceitar as exigências profissionais, e acima de tudo por seu companheirismo e amor.

Agradecimentos

Agradeço a todos que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional e, principalmente, aos que estiveram ao meu lado nesta etapa tão importante.

- À querida **Dra. Flávia Meyer** que aceitou orientar-me e nestes dois anos foi orientadora e amiga, é um exemplo como pessoa e como pesquisadora.
- À **Dra. Estela S. K. Horowitz**, que oportunizou-me o primeiro contato com a iniciação científica como bolsista de pesquisa, por ser um modelo profissional e por sua valiosa participação que possibilitou a realização deste estudo.
- A todos meus **colegas** de mestrado, pelo apoio, em especial ao **Leonardo Tartaruga** e à **Nádia**, que foram realmente colegas e amigos e muito me ajudaram em meus primeiros dias como mestranda, e, posteriormente, foram agregados ao grupo de colegas a **Cláudia Perroni** e o **Otávio**.
- Aos funcionários do LAPEX, **Luciano, Dani, Alex, Márcia, Carla** e **Luis**, por sua disposição.
- À secretaria do Pós-Graduação, **André, Ana** e **Rosane** por suas presenças e por sempre estarem disponíveis e dispostos a ajudar.
- À **Néri**, secretária do ambulatório de cardiologia pediátrica, e às “meninas” do serviço de eletrocardiograma, que sempre foram disponíveis e solícitas.
- Aos **funcionários** do setor de Marcação de Consultas do IC FUC que colaboraram com o agendamento das consultas e autorização exames.
- À **equipe** da Unidade de Cardiologia fetal que auxiliaram no agendamento e na realização das ecocardiografias.
- Ao **Prof. Alexandre Oliveira**, que incentivou e ajudou muito este estudo, auxiliando na disponibilização dos atletas, mesmo que isto representasse perder parte do treino.
- Aos queridos **atletas**, que entenderam a motivação da pesquisa e concordaram em participar, mesmo que muitas vezes representasse perder o pouco tempo livre que lhes restava.

- Ao **Prof. Fernando**, que auxiliou na formação do grupo controle convidando seus alunos da Escola Adventista Mal. Rondon para participarem do estudo.
- Aos **alunos** da Escola Adventista Mal. Rondon e aos seus pais que confiaram e concordaram em participar do estudo e aos demais jovens que compuseram o grupo controle deste estudo e às suas mães que “emprestaram” seus filhos para este estudo.
- À **Dra. Lúcia Pellanda**, pelo auxílio na parte estatística.
- À **Sra. Ivone Job**, por seu auxílio.
- À **Dona Neli** e ao **Olavo**, minha sogra e meu cunhado pela ajuda na reta final.
- Ao **Dr. Daudt**, pela interpretação dos eletrocardiogramas.
- Aos meus **colegas** do Instituto e Cardiologia e do Grêmio Náutico União que nestes dois anos compartilharam desta jornada.

Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO

ABSTRACT

1 - INTRODUÇÃO	20
2 - HIPÓTESE	23
3 - OBJETIVO	25
4 - REVISÃO DA LITERATURA	27
4.1 - Doppler-Ecocardiografia	27
4.2 - Alterações Cardiovasculares Provocadas pelo Exercício Crônico no Adulto	35
4.3 - Alterações Cardiovasculares Provocadas pelo Exercício Crônico na Criança e no Adolescente	43
5 - METODOLOGIA	49
5.1 - Delineamento da Pesquisa	49
5.2 - População e Amostra	49
5.3 - Procedimentos	50
5.3.1 - <i>Aprovação pelo Comitê de Ética</i>	50
5.3.2 - <i>Termo de Consentimento Informado</i>	50
5.3.3 - <i>Avaliação de Saúde e Antropometria</i>	50
5.3.4 - <i>Eletrocardiograma de 12 Derivações em Repouso</i>	51
5.3.5 - <i>Doppler-Ecocardiografia</i>	51
5.4 - Análise Estatística	53
5.5 - Controle das Variáveis	54
5.5.1 - <i>Variável Independente</i>	54

5.5.2 - <i>Variáveis Dependentes</i>	54
5.5.3 - <i>Variáveis Intervenientes</i>	54
6 - RESULTADOS	56
7 - DISCUSSÃO	61
8 - CONCLUSÕES	67
9 - SUGESTÕES	69
10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

ANEXOS

Lista de Abreviaturas

A	onda A
AE	átrio esquerdo
cm	centímetros
ΔD	fração de encurtamento
E	onda E
ECG	eletrocardiograma
FC	freqüência cardíaca
FE	fração de ejeção
g	gramas
IMC	índice de massa corporal
kg	kilogramas
km	kilômetros
mm	milímetros
ms	milisegundos
Modo B	modo brilho
Modo-M	modo unidimensional
PA	pressão arterial
PP	parede posterior do ventrículo esquerdo
Relação E/A	relação onda E/ onda A
s	segundos
S	septo interventricular
SC	superfície corporal
TD	tempo de desaceleração
TRIV	tempo de relaxamento isovolumétrico
VDf	volume diastólico final
VE	ventrículo esquerdo
VED	ventrículo esquerdo diastole
VES	ventrículo esquerdo sístole
VSf	volume sistólico final

Lista de Tabelas

Tabela 1	Características da amostra conforme grupo e gênero	56
Tabela 2	Medidas ecocardiográficas Modo-M, de acordo com grupo e gênero. Medidas absolutas e corrigidas de acordo com a superfície corporal	58
Tabela 3	Função diastólica ventricular esquerda de acordo com grupo e gênero.....	59

Lista de Figuras

Figura 1	Representação e imagem de um corte 4 câmaras apical	28
Figura 2	Representação do ciclo cardíaco.....	32
Figura 3	Representação do corte 4 câmaras apical e diagrama do fluxo transmitral	33
Figura 4	Imagem do traçado eletrocardiográfico e do Doppler, E = onda E e A = onda A.....	33
Figura 5	Imagem do traçado eletrocardiográfico e do Doppler	34
Figura 6	Imagem do traçado eletrocardiográfico e do Doppler e me- dida do TD.....	34
Figura 7	Função diastólica de acordo com grupo e gênero.....	59

RESUMO

O sistema cardiovascular pode adaptar-se ao treinamento. Pouco se sabe sobre a influência do treinamento sobre a regulação autonômica, estrutura cardíaca e função em crianças e adolescentes atletas. O objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura e função do ventrículo esquerdo em nadadores adolescentes. Foram comparados 28 atletas nadadores entre 15 e 17 anos (15 meninos e 13 meninas), que nadavam entre 25 km e 45 km/semana, nos últimos 2 anos, com grupo controle de 28 adolescentes (14 meninos e 14 meninas) com idade, peso e altura similares. Foi realizado ecocardiograma bidimensional e modo-M para avaliação cardiológica. Foram avaliados: diâmetro interno do ventrículo esquerdo durante a sístole (VES), diâmetro interno do ventrículo esquerdo durante a diástole (VED), septo interventricular (S), parede posterior do ventrículo esquerdo (PP), através da ecocardiografia modo-M. A massa do ventrículo esquerdo (MVE), índice de massa do VE, fração de encurtamento (ΔD) e fração de ejeção (FE) foram calculadas. Parâmetros diastólicos incluindo a velocidade do fluxo pela valva mitral e pelas veias pulmonares foram medidos: velocidade de enchimento rápido (pico da onda E), e tardio (pico da onda A), relação E/A, tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) e tempo de desaceleração (TD), velocidade da onda de fluxo sistólico e diastólico pulmonar. Para comparar os dois grupos foi utilizando Teste t de Student para amostras independentes. Não foram encontradas diferenças antropométricas significativas entre os grupos. Comparado com o controle, nadadores do sexo masculino apresentaram uma diferença significativamente maior nas medidas do diâmetro interno do VED ($53,6 \pm 4,3$ mm, $p = 0,009$), na espessura do septo interventricular ($7,9 \pm 1$ mm, $p = 0,0001$) e da espessura da parede posterior do ventrículo esquerdo ($7,90 \pm 1,3$ mm

vs. $6,4 \pm 0,08$ mm, $p = 0,001$) e aumento da massa do VE ($192,7 \pm 54,7$ g vs. $128,7 \pm 28,6$ g, $p = 0,001$). As nadadoras do sexo feminino apresentaram um significativo aumento do diâmetro interno do VED ($48 \pm 3,7$ vs. $45 \pm 2,4$ mm, $p = 0,007$), mas não houve diferenças nas medidas de S e PP, nem da massa do VE. A fração de encurtamento e fração de ejeção foram similares. Os parâmetros de fluxo transmitral foram semelhantes em ambos os grupos, exceto pelo prolongamento do TD nos nadadores (220 ± 47 vs. 181 ± 20 ms, $p = 0,008$ no sexo masculino, e 227 ± 50 vs. 177 ± 31 ms, $p = 0,004$ no sexo feminino). Estes achados sugerem que o treinamento de natação por um período prolongado em adolescentes causa aumento do tamanho e da massa do VE, mantendo a função sistólica normal e melhorando a complacência ventricular. A hipertrofia do VE com aumento da complacência ventricular é característico da adaptação fisiológica ao treinamento de *endurance*.

Palavras chaves: Doppler-ecocardiografia, exercício em crianças, função ventricular, função diastólica, hipertrofia ventricular, treinamento de *endurance*.

ABSTRACT

The cardiovascular system can adapt to aerobic training. Little is known about the influence of training on autonomic regulation and cardiac structure and function in children and adolescent athletes. The purpose of the present study was to evaluate left ventricular structure and function in adolescent swimmers. We compared 28 eight swimmers between 15 and 17 years old (15 boys and 13 girls), training between 25 km to 45 km /week for the last three years and 28 non training control subjects (14 boys and 14 girls) similar in age, weight and height of the athletes. Two-dimensional, M-mode and Doppler-echocardiography were performed. Left ventricular internal diameters in diastole (LVIDd) and systole (LVIDs), interventricular septum thickness (IVS), left ventricular posterior wall (LVPW) were measured from M-mode echocardiography. Left ventricular mass (LVM), LVM index, shortening fraction (SF) and ejection fraction (EF) were calculated. Diastolic parameters including mitral valve inflow velocities and pulmonary vein flow were measured: maximal early (peak E wave), and late (peak A wave) mitral velocities, E/A ratio, isovolumic relaxation time (IVRT) and deceleration time (DT), pulmonary systolic (S), diastolic (D) and Ar wave velocities. Comparisons between the two groups were made using the independent samples Student t-test. There were no significant anthropometric differences between the two groups. Compared with controls, male swimmers showed a significantly greater LVIDd (53.6 ± 4.3 mm, $p < 0.009$), a thicker IVS (7.9 ± 1 mm, $p < 0.0001$) and LVPW (7.90 ± 1.3 mm vs. 6.4 ± 0.08 mm, $p < 0,001$), an increased LVM (192.7 ± 54.7 g vs. 128.7 ± 28.6 g, $p < 0.001$). Female swimmers had a significantly greater LVIDd (48 ± 3.7 vs. 45 ± 2.4 mm, $p < 0.007$), but no greater IVS or LVPW thickness, neither LVM. SF and EF were similar in both groups. Transmitral inflow parameters were similar in both groups, except for a prolonged TD in the swimmers group (220 ± 47 vs. 181 ± 20 ms, $p < 0.008$ in males and 227 ± 50 vs. 177 ± 31 ms, $p < 0.004$ in females). These findings suggest that long-term swimming in adolescents promotes increase in left ventricular size and mass with normal systolic function and improved diastolic compliance. LV hypertrophy with an improved compliance is characteristic of physiological adaptation of endurance training.

Key Words: Doppler-echocardiography, exercise in children, ventricular function, diastolic function, ventricular hypertrophy, endurance training

1 - INTRODUÇÃO

O treinamento físico intensivo e a longo prazo gera adaptações cardiovasculares que resultarão em um melhor desempenho físico do atleta. Estas adaptações podem ocorrer tanto sob o aspecto fisiológico, por exemplo, alterações na frequência cardíaca, pressão arterial como o estrutural, alterando o diâmetro interno das câmaras cardíacas e espessura das paredes ventriculares (George *et al.*, 1991; Batlouni, 1999; Urhausen e Kindermann, 1999).

Até a década de 70, os estudos sobre a morfologia do coração do atleta baseavam-se em exame físico, estudos radiológicos e de eletrocardiografia. Com o uso da ecocardiografia para avaliação estrutural, foi possível definir mais precisamente as alterações cardíacas, como as dimensões das cavidades, a espessura das paredes e a avaliação funcional da bomba cardíaca.

As alterações cardíacas morfofuncionais, próprias dos atletas, são denominadas "Coração do Atleta". Esta expressão é empregada para caracterizar os efeitos cardiovasculares do condicionamento físico a longo prazo e que são observados através do exame radiológico do tórax, quando se observa a silhueta cardíaca, do eletrocardiograma de repouso e do estudo ecocardiográfico do coração. Acredita-se que estas alterações possam representar vantagens mecânicas para o trabalho hemodinâmico do sistema cardiovascular (Puffer, 2002). Entretanto, alguns atletas podem apresentar alterações que fogem dos padrões de normalidade, podendo simular as alterações encontradas em cardiopatias. Fundamenta-se, neste ponto, a importância do reconhecimento das modificações cardíacas relacionadas ao exercício, diferenciando-as das alterações relacionadas com doenças cardíacas.

O treinamento intensivo e prolongado tem sido realizado tanto em indivíduos adultos como em crianças. Nos últimos anos, o número de crianças envolvidas em treinamento com fins competitivos vem crescendo, havendo uma preocupação com as exigências fisiológicas as quais a criança atleta é submetida (Anderson, 2000). Em relação às respostas fisiológicas do treinamento em crianças, já existem laboratórios especializados estudando este grupo, tendo sido avaliadas as adaptações cardiovasculares da criança ao treinamento (Allen, 1977; Rowland, 1987; Rowland, 1994; Rowland, 1998). Entretanto, a literatura ainda carece de

pesquisas específicas na área do coração (Hollmann, 1988; Anderson, 2000). A motivação deste trabalho fundamenta-se na necessidade de se obter mais informações no estudo das adaptações cardiológicas em crianças atletas.

2 - HIPÓTESE

Crianças submetidas a treinamento físico a longo prazo apresentam alterações cardíacas, tanto estruturais, como aumento da dimensão do ventrículo esquerdo e espessamento da parede ventricular, quanto fisiológicas, como na frequência cardíaca, função sistólica e função diastólica.

3 - OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo foi comparar a estrutura e a função do coração através da Doppler-ecocardiografia em adolescentes atletas de natação e adolescentes não atletas.

4 - REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão irá abordar os eixos que orientaram o presente estudo que são:

1) Método utilizado para realizar as avaliações cardíacas, que foi a Doppler-ecocardiografia.

2) Alterações cardíacas produzidas pelo exercício crônico em adultos, tema bastante estudado entre atletas adultos.

3) Alterações cardíacas produzidas pelo exercício crônico em crianças procurando reunir as informações sobre as pesquisas realizadas na área, buscando identificar quais são as lacunas que merecem ser mais pesquisadas.

4.1 - Doppler-Ecocardiografia

O exame ecocardiográfico é um método diagnóstico de imagem, também usado em atletas determinar volume e massa muscular cardíaca com o objetivo de avaliar o processo fisiológico de adaptação do sistema cardiovascular e distinguir este processo de adaptação de processos patológicos (Dickhuth *et al.*, 1996). Morganroth *et al.* (1975), pioneiros na descrição do coração de atleta através do estudo ecocardiográfico, compararam corredores de distância, nadadores, lutadores e atletas de tiro com indivíduos sedentários, tendo encontrado massa ventricular esquerda maior entre o grupo de atletas. Estudos como os de Roesk *et al.* (1976) e Parker *et al.* (1978) também estiveram entre os primeiros, procurando comparar as variáveis ecocardiográficas em condições basais entre atletas e indivíduos sedentários, conforme descritos abaixo.

A Doppler-ecocardiografia é um exame não invasivo, indolor e não requer radiação ionizante. É uma técnica diagnóstica na qual ondas sonoras de alta frequência (ondas de ultra-som) são orientadas para as estruturas internas do corpo, fazendo um registro dos pulsos de onda quando são refletidos de volta (ecoados) através dos tecidos (Sahn *et al.*, 1978; Feigenbaum, 1984; Morcerf, 1990).

Várias técnicas são usadas para exibir os ecos ultra-sônicos. A ecocardiografia modo-M (movimento) produz um registro unidimensional da amplitude e da ve-

localidade do movimento das estruturas cardíacas em tempo real, permitindo que várias estruturas sejam localizadas e estudadas em relação ao seu movimento durante um ciclo cardíaco. Já a ecocardiografia bidimensional, que utiliza o modo B (brilho) para apresentação dos ecos na tela, faz a reconstrução computadorizada produzindo uma imagem bidimensional das relações espaciais do coração. Para se obter a melhor imagem ecocardiográfica, uni ou bidimensional, é necessário direcionar o feixe de ultra-som perpendicular à estrutura estudada. A figura 1 mostra a representação de um corte apical 4 câmaras e a respectiva imagem ecocardiográfica bidimensional.

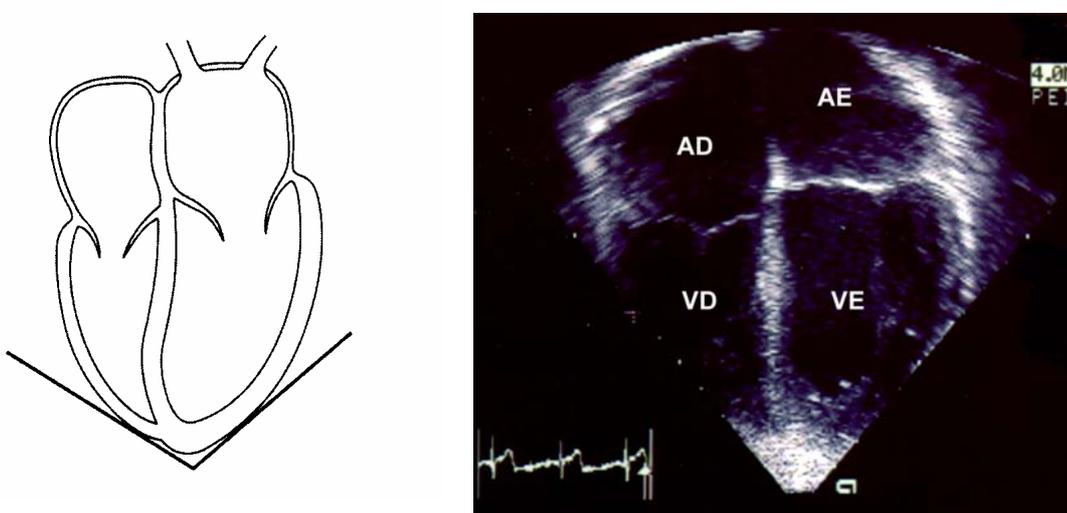


Fig. 1 - Representação e imagem de um corte 4 câmaras apical.

AD, átrio direito; **AE**, átrio esquerdo; **VD**, ventrículo direito;
VE, ventrículo esquerdo.

A ecocardiografia modo-M é utilizada para fazer a varredura das cavidades cardíacas, identificando suas dimensões e limites, permitindo a mensuração das paredes cardíacas. O modo-M também é utilizado para calcular a massa do ventrículo esquerdo (VE) e função sistólica ventricular. Os limites do ventrículo esquerdo são o septo interventricular (S) localizado anteriormente e a parede posterior (PP) do ventrículo esquerdo, situada posteriormente.

A *American Society of Echocardiography* (Sahn *et al.*, 1978; Schiller *et al.*, 1989) apresenta recomendações para a padronização das medidas dos exames ecocardiográficos. Em primeiro lugar, é indicado a monitorização eletrocardiográfica (ECG) simultânea para realizar adequadamente as medidas no modo-M, pois o

traçado do ECG serve como orientação para definir em que momento da contração ou relaxamento o coração se encontra. A medida da raiz aórtica deve ser realizada no final da diástole, no início da deflexão do complexo QRS ao ECG. O diâmetro da aorta é a distância vertical entre a face externa da parede anterior da aorta e a face interna da PP. O átrio esquerdo (AE) é a cavidade livre de ecos que se visualiza atrás da aorta. A sua medida é realizada ao final da ejeção ventricular esquerda, quando o AE possui seu maior tamanho. O tamanho do ventrículo direito é medido desde o endocárdio da parede anterior e a face ventricular direita do septo interventricular durante a onda R do ECG. A posição padrão do transdutor para registro das estruturas ventriculares esquerdas corresponde àquela que o feixe ultrassônico atravessa a parede torácica, parede anterior do ventrículo direito (VD), VD, S, VE, folheto anterior da mitral, folheto posterior da mitral, entre a borda livre da valva mitral e o músculo papilar posterior, e parede posterior do ventrículo esquerdo. As medidas podem ser obtidas durante a sístole e a diástole. As dimensões diastólicas são fitas no pico da onda R, desde os ecos internos do septo esquerdo até a borda do endocárdio posterior. O diâmetro sistólico é medido no ponto de máxima incurção da parede posterior. As medidas do S são realizadas durante a onda R do ECG (espessura diastólica do septo), correspondendo à distância entre a face direita e a face esquerda do septo. A medida da PP do VE pode ser difícil, a espessura diastólica da PP é medida durante a onda R do ECG. Com as medidas dos ecos endocárdicos e das espessuras das paredes e do septo, é possível realizar o cálculo da massa do ventrículo esquerdo (MVE). A fórmula proposta por Devereaux *et al.* (1986) utiliza o modelo de elipse, que pressupõe o VE como uma elipse, corrigindo a superestimação dos valores, ficando assim a equação mais adequada para o cálculo da MVE. A equação apresenta-se descrita abaixo:

$$MVE = 0,80 [1,04 ((VED + SIV + PPVE)^3 + (VED)^3)] + 0,6$$

Onde VED = diâmetro do VE no final da diástole

SIV = espessura septo interventricular

PPVE = espessura da parede posterior do VE

Unidade g

Na busca de utilizar as medidas ecocardiográficas para estimar parâmetros hemodinâmicos, foram criados vários índices de função sistólica. Os índices mais freqüentemente utilizados são a fração de encurtamento circunferencial e a fra-

ção de ejeção (Schiller *et al.*, 1989; Haertel, 1995; Schiller e Foster, 1996). Através das medidas dos diâmetros ventriculares pode ser feito o cálculo dos volumes ventriculares e, com estes valores, calcula-se a fração de ejeção (FE) a qual também pode ser obtida através das medidas dos volumes ventriculares no ecocardiograma unidimensional.

A fração de encurtamento circunferencial (ΔD) corresponde a percentagem de alteração do diâmetro ventricular durante a sístole. É calculado utilizando a seguinte equação:

$$\Delta D = \frac{VED-VES}{VED} \times 100$$

Onde VED = diâmetro do VE no final da diástole

VES = diâmetro do VE no final da sístole

Dado em %

A FE informa a alteração do volume ventricular durante a sístole, sendo calculada através da seguinte equação:

$$FE = \frac{VDf - VSf}{VDf} \times 100$$

Onde VDf = volume diastólico final = $(VED)^3$

VSf = volume sistólico final = $(VES)^3$

Dado em %

Estas técnicas permitem a visualização e mensuração das estruturas cardíacas; entretanto, não permitem analisar o fluxo de sangue no interior das cavidades, embora as hemácias também produzam ecos. Utilizando o efeito Doppler, é possível obter informações sobre a direção e a velocidade do fluxo sanguíneo no coração e nos grandes vasos (Morcerf, 1990). Com o advento da Dopplerecografiografia, foi possível acrescentar ao estudo estrutural a avaliação hemodinâmica não invasiva, pois é possível obter a velocidade de deslocamento do sangue, expressa em cm/s.

A velocidade do sangue no interior do vaso é variável, no centro do vaso a velocidade é máxima e, junto à parede, é nula. O sangue em movimento apresenta fluxo laminar. Para ser realizada a análise do Doppler é necessário selecionar uma região ao longo do feixe de ultrassom em que este se encontre o mais paralelo possível em relação ao fluxo de sangue, sendo este local chamado de volume de amostragem (Weyman, 1982; Morcerf, 1990; Mc Dicken *et al.*, 1996). Através da imagem bidimensional, o examinador obtém a localização das estruturas anatômicas por onde passa o fluxo de sangue e, com o auxílio do sinal de áudio, posicionará o volume de amostragem no local de maior velocidade do fluxo. A evolução da técnica de Doppler com mapeamento do fluxo a cores, associado ao ecocardiograma bidimensional, permite a análise hemodinâmica em tempo real, podendo ser empregada tanto para avaliação funcional sistólica, como para o estudo da função diastólica (Haertel, 1995).

A avaliação da função diastólica fornece informações sobre o enchimento da cavidade ventricular. Para entender melhor as medidas de função diastólica é necessário entender os eventos que envolvem a diástole. A diástole corresponde ao período entre o fechamento das valvas semilunares e o fechamento das valvas átrio-ventriculares. Dentro do ciclo diastólico existem dois períodos: um ativo, o relaxamento do miocárdio, e um passivo, a complacência ou distensibilidade da câmara. O primeiro é chamado relaxamento isovolumétrico, que é o período em que a pressão do VE diminui, mas o volume está mantido. No segundo período, chamado de relaxamento auxotônico, o enchimento ventricular ocorre com variação na pressão ventricular. Esta fase de enchimento diastólico compreende três etapas descritas a seguir. O enchimento rápido, no qual ocorre queda da pressão do VE, formando um gradiente AE-VE, esta fase é representada pela onda E ao exame Doppler-ecocardiográfico. O enchimento ventricular leva ao equilíbrio das pressões de AE e VE. Neste momento o enchimento ventricular se lentifica, fase conhecida como diástase, e apenas o sangue que retorna dos pulmões passa do AE para VE. Ao final da diástole, ocorre a contração atrial, que gera aumento da pressão atrial, impulsionando sangue através da valva mitral. Este enchimento tardio do VE é representado ao Doppler pela onda A. Após a sístole atrial a pressão do AE cai abaixo da pressão do VE e a valva mitral inicia seu fechamento. O relaxamento ventricular e a complacência efetiva da câmara ventricular constituem os principais determinantes do enchimento ventricular (Haertel, 1995; Yamamoto *et al.*, 1996; Horowitz, 1997; Hahn *et al.*,

1999). As etapas do ciclo cardíaco podem ser melhor compreendidas com o auxílio da figura 2, uma representação gráfica das pressões intracardíacas durante o ciclo cardíaco.

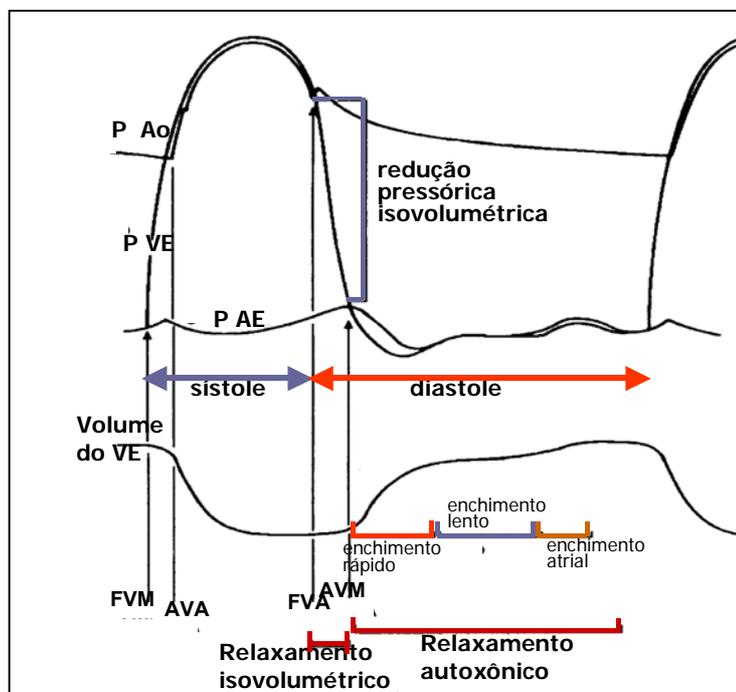


Fig. 2 - Representação do ciclo cardíaco: A sístole inicia-se quando a válvula mitral se fecha (**FVM**) e termina quando a válvula aórtica se fecha (**FVA**), a diástole é o período de tempo que vai do fechamento da válvula aórtica até o fechamento da válvula mitral. **Período de relaxamento isovolumétrico** que vai do fechamento da válvula aórtica até a abertura da válvula mitral (**AVM**). **Período de relaxamento auxotônico** que vai da abertura até o fechamento da válvula mitral. **Enchimento rápido**, quando a pressão do VE cai abaixo da pressão do AE – a válvula mitral se abre e o VE enche 60-80% de seu volume. Esta fase termina quando as pressões do VE e AE se equilibram. **Enchimento lento** as pressões de AE e VE se equilibram e o enchimento ventricular se lentifica. É também chamada diástase **Contração atrial** no final da diástole, a contração atrial eleva temporariamente a pressão no AE, contribuindo para 20-25% do enchimento ventricular. Após a sístole atrial, a pressão do AE cai abaixo da pressão do VE, iniciando a sístole ventricular e quando a válvula mitral se fecha a diástole termina. **AVA**, abertura da válvula aórtica. **P Ao**, pressão intra-aórtica. **P VE**, pressão no interior do ventrículo esquerdo. **P AE**, pressão no interior do átrio esquerdo.

O exame Doppler-ecocardiográfico avalia a velocidade do fluxo sanguíneo e, indiretamente, o enchimento ventricular, informações obtidas através do registro da curva de fluxo transmitral. Para se obter o fluxo diastólico transmitral utiliza-se inicialmente o eco bidimensional e, com um corte apical quatro câmaras, posiciona-se a amostra volume entre os bordos livres da válvula mitral, durante a excursão diastólica máxima. A curva de fluxo mitral apresenta dois picos de velocidades que são a onda E, correspondendo ao enchimento ventricular rápido; a onda A, correspondendo a fase de contração atrial. Outros parâmetros podem ser obtidos na aná-

lise da função diastólica do VE, que são o tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) e o tempo de desaceleração (figuras 3 e 4).

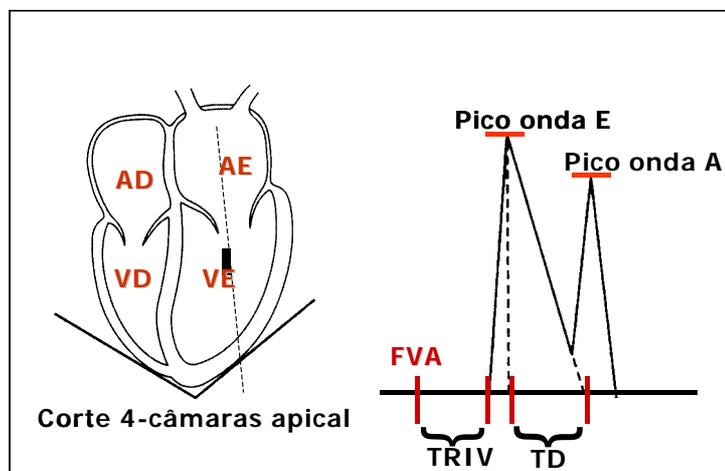


Fig. 3 - Representação do corte 4 câmaras apical e diagrama do fluxo transmitral. **FVA** = fechamento da válvula aórtica. O primeiro pico: **pico da onda E** corresponde a velocidade máxima do enchimento ventricular rápido, segue-se um período de desaceleração do fluxo com o aumento da pressão do VE (**TD**). O segundo pico chamado **pico da onda A** corresponde a velocidade máxima da contribuição atrial. O **TRIV** é medido do fechamento da válvula aórtica até a abertura da válvula mitral.

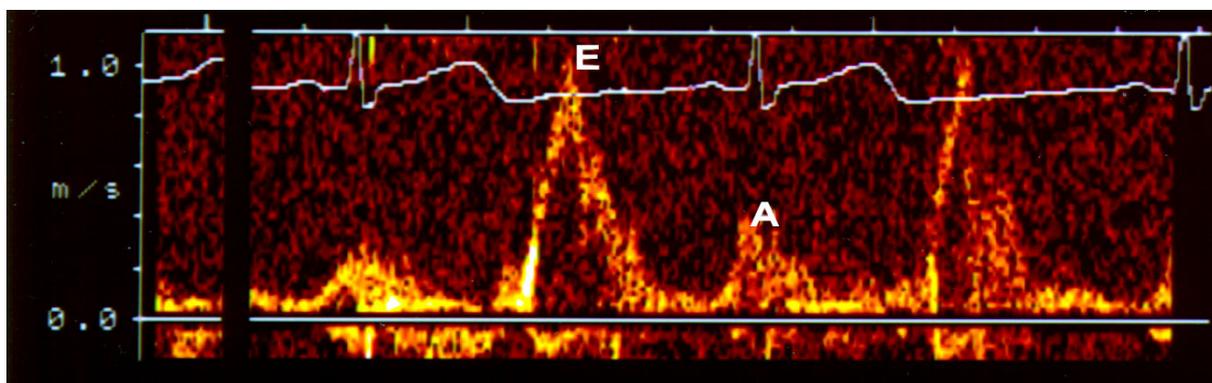


Fig. 4 - Imagem do traçado eletrocardiográfico e do Doppler, E = onda E e A = onda A

A medida do tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) fornece o período de tempo desde a abertura da válvula aórtica até a abertura da válvula mitral (figura 5). O tempo de desaceleração (TD) informa o tempo transcorrido durante o período de desaceleração do fluxo transmitral que ocorre quando há o enchimento do VE, medido desde o pico da onda E até a linha de base (figura 6). O TD reflete o processo de relaxamento do VE ativo e a dinâmica de enchimento precoce da câmara ventricular. Existe uma relação inversa entre a pressão atrial esquerda e o TD, ou

seja, quando a pressão atrial esquerda se eleva o pico da onda E aumenta e o TD diminui. A relação velocidade onda E/velocidade onda A (relação E/A) também fornece dados sobre o padrão de relaxamento ventricular.

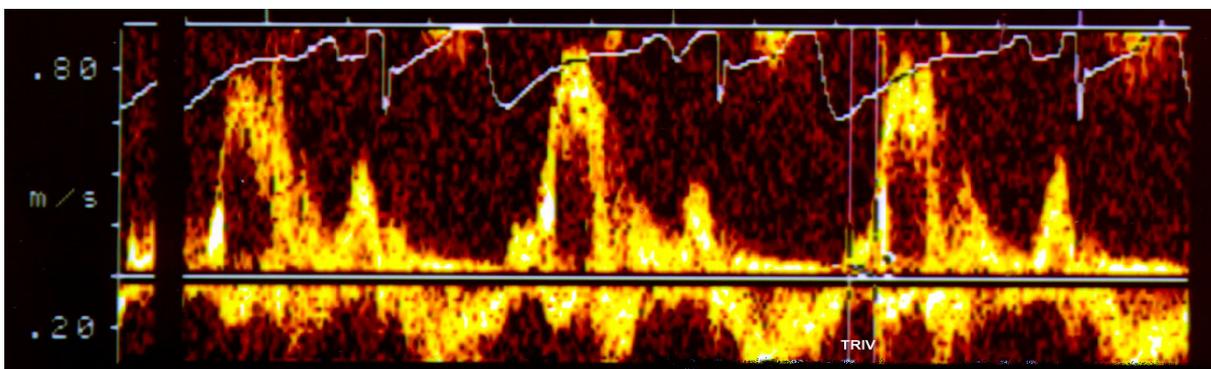


Fig. 5 - Imagem do traçado eletrocardiográfico e do Doppler

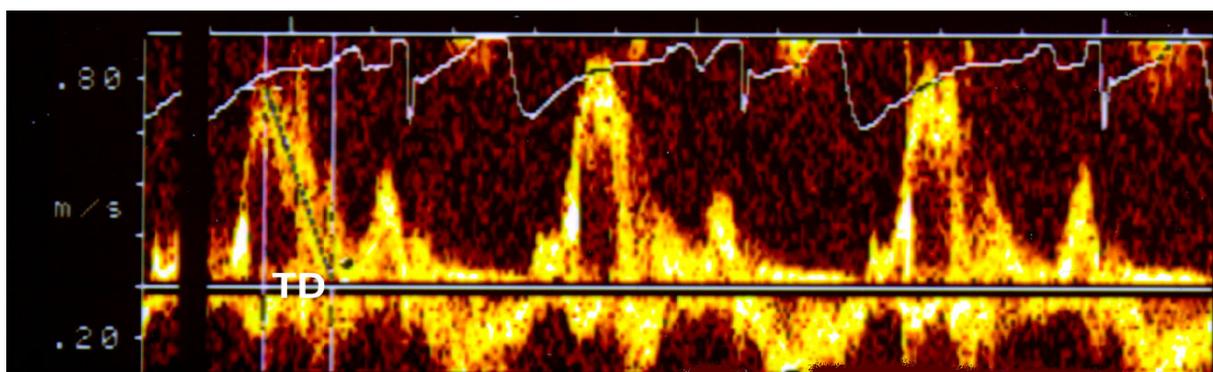


Fig. 6 - Imagem do traçado eletrocardiográfico e do Doppler e medida do TD

As variáveis ecocardiográficas avaliadas quando se estuda o coração do atleta são: os diâmetros internos do ventrículo esquerdo, a espessura do septo interventricular (SI), a espessura da parede posterior (PP) do ventrículo esquerdo (VE), medidas expressas em mm, e volume ventricular, expresso em ml. Estas medidas são realizadas ao final da diástole. São avaliadas, também, a massa ventricular esquerda, expressa em gramas (g), e a relação septo interventricular e parede posterior do VE. As variáveis que avaliam a função sistólica são a fração de ejeção e a fração de encurtamento, expressas em percentual, volume sistólico, expresso em ml. As avaliação da função diastólica é obtida através do Doppler-ecocardiografia e representam o enchimento ventricular esquerdo (Sahn, 1978; Maron, 1986; Fagard, 1996).

4.2 - Alterações Cardiovasculares Provocadas pelo Exercício Crônico no Adulto

O estudo anatômico e funcional do aparelho cardíaco em atletas possui três objetivos: explicar a alta performance observada em atletas de *endurance*, distinguir as características entre um coração normal que sofreu adaptações fisiológicas ao exercício de uma patologia cardíaca, além de investigar possíveis mecanismos fisiopatológicos da morte súbita em atletas jovens. A distinção entre a hipertrofia cardíaca secundária ao treinamento e a miocardiopatia hipertrófica tem sido o alvo de estudos de muitos pesquisadores, que buscaram estabelecer critérios fidedignos capazes de excluir a hipertrofia patológica, que representa risco de vida para o atleta (Roesk *et al.*, 1976; Parker *et al.*, 1978; Menapace *et al.*, 1981; Pelliccia *et al.*, 1991; Spirito *et al.*, 1994; Möckel *et al.*, 1996; Urhausen *et al.*, 1996; Vinereau *et al.*, 2001).

Os estudos iniciais sobre o coração do atleta basearam-se no exame físico, radiografia de tórax e eletrocardiograma (Rost, 1983). Os estudos radiológicos eram os únicos meios de imagem disponíveis até meados de 1970, mas seus recursos eram limitados, informavam somente as alterações da silhueta cardíaca, falhando em informações mais precisas sobre as cavidades e paredes cardíacas.

Morganroth *et al.* (1975) foram os primeiros a sugerir que havia adaptações cardíacas nos atletas e que estas poderiam diferir conforme o tipo de esporte. Foram comparados os achados de ecocardiografia entre corredores de distância, nadadores, lutadores e atletas de tiro com indivíduos sedentários. Nos atletas de *endurance* foi observado aumento das dimensões internas do ventrículo esquerdo ao final da diástole. Entre os atletas que realizavam treino de força foi encontrado espessamento do septo interventricular e da parede posterior do ventrículo secundário ao aumento da massa ventricular esquerda, sendo que as dimensões diastólicas do ventrículo esquerdo permaneceram inalteradas. Para descrever as alterações morfológicas decorrentes do treinamento estes autores utilizaram uma analogia com as alterações secundárias a patologias. As alterações secundárias ao treinamento de força foram identificadas como semelhantes as desenvolvidas secundariamente a doenças que evoluem com sobrecarga de pressão, por exemplo, a hipertensão arterial sistêmica e a estenose aórtica. Enquanto às alterações secundárias ao treina-

mento de *endurance* foram consideradas análogas às ocorridas quando há uma sobrecarga de volume, por exemplo, a regurgitação mitral, gerando um aumento do miocárdio.

O conjunto de alterações próprias da resposta ao treinamento foi resumido na denominação “Síndrome do Coração de Atleta”. Embora continue sendo utilizado, o termo “síndrome” não é adequado, pois, de acordo com os dicionários médicos, este termo identifica grupo de sinais de uma doença que podem aparecer simultaneamente (Rost e Hollmann, 1983). As alterações encontradas em atletas sugere serem fisiológicas e adaptativas ao treinamento e, devido ao número de atletas que apresentam este tipo de alteração sem apresentar correlação clínica, torna-se difícil relacioná-las ao desenvolvimento de uma doença cardíaca (Shephard, 1996).

Os estudos iniciais preocuparam-se em identificar a presença de alterações morfológicas no coração dos atletas, procurando relacionar de acordo com o tipo de exercício e identificar alterações na função sistólica. Roesk *et al.* (1976) estudaram 42 jogadores profissionais de basquetebol durante 3 anos, comparando-os a um grupo controle de indivíduos não atletas. Encontraram uma significativa diferença na espessura do septo interventricular, nas dimensões do ventrículo direito e esquerdo ao final da diástole, assim como o volume ventricular esquerdo ao final da diástole que apresentavam-se aumentados. Parker *et al.* (1978) avaliaram corredores de distância e encontraram hipertrofia ventricular esquerda e dilatação, evidenciada pelo aumento do espessamento da parede ventricular tanto em sístole como diástole, pelo aumento da massa ventricular e do volume diastólico. A razão entre espessamento septal e parede posterior do ventrículo esquerdo permaneceram dentro dos valores normais.

Menapace *et al.* (1981) avaliaram levantadores de peso, comparando-os com indivíduos saudáveis e portadores de miocardiopatia hipertrófica. Procuraram determinar se havia achados sugestivos de hipertrofia concêntrica, resultado da elevação da pressão sistêmica, neste grupo de atletas. Os levantadores de peso apresentaram cavidades ventriculares maiores que os portadores de miocardiopatia hipertrófica e indivíduos saudáveis. A relação septo interventricular e parede posterior foi superior a 1,3, como encontrado na miocardiopatia hipertrófica. Entretanto, a relação entre espessamento septal e diâmetro ventricular ao final da diástole assim como a relação entre espessamento septal e diâmetro ventricular ao final da sístole

foram menores em relação a miocardiopatia, o que sugere uma relação massa/volume próxima a valores normais. Os valores de tamanho de cavidade e espessura de paredes, quando corrigidos com superfície corporal, mostraram-se semelhantes aos normais. Mais recentemente, Haykowsky *et al.* (2000) avaliaram atletas levantadores de peso, comparados com grupo controle, e não encontraram diferenças estruturais tanto na massa ventricular quanto nas dimensões das cavidades ventriculares.

Na avaliação de corredores de maratona foi realizada a correção das medidas de acordo com a superfície corporal e massa corporal. Os valores das dimensões cardíacas em relação à superfície corporal eram significativamente maiores em atletas, entretanto, quando expresso em relação à massa corporal magra apenas a espessura do septo interventricular apresentava-se significativamente maior em atletas comparados com grupo controle (Hagan *et al.*, 1985).

Buscando conhecer qual era o tempo mínimo de treinamento necessário para que as alterações cardíacas pudessem ser observadas, Shapiro *et al.* (1983) submeteram 23 indivíduos, adultos, não atletas a um treinamento de *endurance*, durante seis semanas com intensidade moderada, realizando avaliação ecocardiográfica semanal. Observou que a partir da quarta semana de treinamento já era possível observar alterações ecocardiográficas. Ao completar a sexta semana, foi observado aumento significativo na espessura da parede ventricular e do septo, bem como na massa ventricular; entretanto não houve alterações nas funções sistólicas ou diastólicas.

Em 1986, Maron sumarizou os estudos publicados até então, procurando descrever as alterações morfológicas observadas no coração do atleta através da ecocardiografia. Até este momento, haviam sido publicados 28 estudos, realizados em atletas competitivos, a maioria dos grupos estudados eram pequenos, inferior a 25 atletas, geralmente indivíduos do sexo masculino, predominando esportes de *endurance*. A massa ventricular esquerda foi superior entre os atletas em 20 dos estudos revisados, sendo que algumas vezes o aumento correspondia até 46% em relação ao grupo controle. A cavidade ventricular esquerda, ao final da diástole, apresentava um aumento de até 10% dos valores dos controles; sendo que as dimensões variavam de 54 até 64 mm, os maiores valores foram encontrados entre atletas de *endurance*. As dimensões do ventrículo esquerdo ao final da sístole tendiam a ser maiores em relação aos respectivos controles, mas poucos dos estudos que avaliaram esta variável conseguiram demonstrar diferença estatística. Tanto o

septo ventricular, quanto a parede posterior do ventrículo apresentavam-se espessadas em relação aos controles. Entretanto, a maioria dos atletas apresentavam espessamento ventricular simétrico (relação septo parede posterior, 1,3). Os achados destes estudos, revisados por Maron, apontaram para uma adaptação na estrutura cardíaca relacionada com o tipo de treinamento ao qual o atleta é submetido, não sendo identificados como deletério ou não a longo prazo.

Uma variada população de atletas foi estudada por Spirito *et al.* (1994) que avaliaram 947 atletas representando 27 modalidades esportivas, todos competiam em nível nacional e internacional. As dimensões da cavidade ventricular esquerda ao final da diástole foi acima do normal (> 54 mm) em 362 (38%) dos atletas. Foi avaliado o impacto de cada esporte sobre o tamanho da cavidade ventricular e sobre o espessamento da parede do ventrículo. Remo, canoagem, ciclismo e natação foram os esportes que apresentaram as maiores alterações, tanto no aumento da cavidade como na espessura da parede. É interessante ressaltar que alguns esportes produziram grandes alterações na cavidade com moderada alteração sobre parede ventricular, como o esqui de *cross country*. Os esportes de força, como levantamento de pesos e luta, apresentaram grande alteração na parede ventricular com poucas alterações sobre o volume da cavidade, sugerindo um impacto desproporcional sobre as dimensões do volume ventricular. Foram avaliadas as diferenças em relação ao gênero. Observou-se que o sexo masculino está associado às maiores dimensões cardíacas em comparação com sexo feminino.

Na avaliação de remadores, cujo tipo de treinamento possui alto componente estático e dinâmico conjuntamente, as alterações encontradas foram tanto de aumento de cavidade (VE sístole e diástole), como de espessura de parede septo interventricular e de massa do VE (Cavallaro *et al.*, 1993; Urhausen *et al.*, 1996a). Entre esquiadores, as dimensões internas do ventrículo esquerdo durante a diástole, a espessura do septo e da parede posterior do ventrículo e a massa muscular do ventrículo esquerdo foram superior entre os atletas. Quando comparados com um grupo controle, estas medidas mantiveram-se estatisticamente superiores mesmo após a correção de acordo com a superfície corporal (George *et al.*, 1999).

Spirito *et al.* (1994) avaliaram quase 1.000 atletas e concluíram que as alterações morfológicas estão relacionadas com o tipo de esporte praticado e que as maiores alterações de cavidade e de septo ventricular relacionam-se a esportes de

endurance e que o sexo também influencia sobre as alterações cardíacas independente do tipo de esporte e da idade do atleta. Entretanto, a presença das alterações não é exclusiva com o tipo de treinamento, como havia sido descrito inicialmente, tendo em vista que os treinos apresentam a combinação de exercícios estáticos e dinâmicos (Huston *et al.*, 1985; Dailey *et al.*, 1993; Tejero *et al.*, 1995; Fagard, 1996).

O uso do Doppler possibilitou a avaliação da função diastólica, complementando as medidas funcionais. A utilização dos índices de função diastólica fornece dados sobre o relaxamento ventricular em atletas, além de oferecer dados precoces na presença de alterações patológicas no coração (Cohen *et al.*, 1996; Nishimura *et al.*, 1997; Hahn *et al.*, 1999). Comparando com atletas, indivíduos saudáveis não atletas e portadores de hipertrofia cardíaca, primária ou secundária, as medidas de massa miocárdica e espessura da parede do VE foram superiores em relação aos indivíduos saudáveis não atletas, enquanto a função diastólica estava preservada. Foi encontrada uma correlação linear positiva entre os índices de enchimento ventricular rápido e a massa ventricular, enquanto no grupo de pacientes com hipertrofia cardíaca não foi encontrada a mesma correlação (Rapezzi *et al.*, 1989).

Comparando corredores e jogadores de futebol foi observado que as alterações cardíacas eram diferentes. Os jogadores de futebol apresentaram um maior diâmetro interno da cavidade ventricular durante a diástole, levando a concluir que as alterações cardíacas manifestaram-se de forma diferente de acordo com o tipo de treinamento (Urhausen *et al.*, 1996). Entre atletas de triatlo e cross-country foi encontrado aumento da cavidade ventricular durante a sístole e durante a diástole, e também aumento do septo interventricular e do índice de massa do VE. Na avaliação da função diastólica, os atletas apresentaram um pico de enchimento rápido maior e o tempo de desaceleração aumentado, quando comparados com indivíduos não atletas (Turpeinen *et al.*, 1995).

Urhausen *et al.* (1996b) e Galvan *et al.* (1999) avaliaram remadores e encontraram diferenças em relação ao grupo controle na massa do VE, no diâmetro interno do VE durante a diástole e na espessura da parede posterior do ventrículo esquerdo, mas não encontraram diferenças na avaliação da função diastólica.

Faggard (1996) procurou identificar quais eram as alterações adaptativas do coração secundárias ao treinamento, através de uma meta-análise que reuniu estudos com atletas que realizavam treinamento de *endurance* (corredores, ciclistas, nadadores, atletas de cross-country esqui e remadores) e atletas envolvidos em trei-

namento de força (levantadores de peso, arremessadores, fisiculturistas). Os atletas engajados em esportes com predomínio dinâmico apresentaram padrão excêntrico de hipertrofia. Nos esportes com predomínio estático, prevaleceu o padrão concêntrico de hipertrofia. Na análise funcional, não houve diferenças na função sistólica entre atletas e controles. Em relação à função diastólica, revelou que atletas apresentam um tempo de enchimento rápido e tempo de relaxamento maior que os controles. Hounker *et al.* (1996) também avaliaram a função diastólica em atletas e concluíram que a hipertrofia miocárdica induzida pelo treino representa uma economia para o trabalho do miocárdio e que é possível observar através do aumento do enchimento diastólico rápido. O aumento do estresse parietal parece levar a uma remodelação ventricular tanto na massa como no volume ventricular.

Caso *et al.* (2000) avaliaram as funções sistólica e diastólica com o auxílio do Doppler-ecocardiografia em atletas de pólo aquático, comparados com grupo controle. O grupo de atletas apresentou índice de massa ventricular superior, secundário ao aumento da espessura da parede ventricular e ao aumento do volume diastólico, maior fração de encurtamento endocárdico, volume sistólico e pico de velocidade transmitral. Estes achados sugerem uma adaptação das propriedades miocárdicas diastólicas que podem representar marcadores da adaptação aeróbica.

A avaliação estrutural em triatletas comparados com grupo controle mostrou significantes diferenças no diâmetro interno diastólico do VE, espessamento do septo e da parede posterior do VE e aumento da massa ventricular. Não houve diferenças em relação a função sistólica, mas a avaliação da função diastólica dos triatletas mostrou a velocidade da onda E maior e da onda A menor e uma relação E/A maior nos atletas. O tempo de relaxamento isovolumétrico foi menor entre os atletas. Os resultados deste estudo revelam que entre os atletas de triatlon há um aumento da flexibilidade e da elasticidade ventricular (Claessens *et al.*, 2001).

Vinereau *et al.* (2001) procuraram identificar as diferenças entre a hipertrofia fisiológica da patológica através da avaliação da função diastólica de atletas de *endurance*, levantadores de peso, portadores de miocardiopatia obstrutiva e de portadores de hipertrofia cardíaca secundária a hipertensão arterial sistêmica. A onda E apresentou valores superiores entre o grupo de atletas, enquanto os portadores de miocardiopatia obstrutiva apresentaram os menores valores. A onda A foi estatisticamente maior entre os hipertensos, não havendo diferenças entre atletas e grupo controle. O tempo de relaxamento isovolumétrico apresentou-se aumentado entre os

portadores de hipertrofia patológica. Palazzouli *et al.* (2001) também analisaram o fluxo transmitral entre atletas. A velocidade da onda E foi maior entre os corredores, comparados com grupo controle, tempo de desaceleração menor no grupo de atletas. Estes achados sugerem que o enchimento diastólico é mais eficiente entre os atletas. A hipertrofia patológica resulta da mal adaptação do coração à sobrecarga de pressão. A diferenciação da hipertrofia patológica à adaptação fisiológica ao treinamento é um problema clínico. A utilização do Doppler e o conhecimento do padrão diastólico próprio da adaptação fisiológica ao treinamento permitem diferenciar este tipo de hipertrofia da alteração patológica (Schannwell *et al.*, 2002).

Pelliccia *et al.* (1999) procuraram identificar qual era o limite fisiológico para a dilatação ventricular secundária ao treinamento. Compararam dois grupos de atletas estabelecendo como ponto de corte o diâmetro interno do ventrículo esquerdo de 60 mm. Em um grupo de 1.309 atletas, 14% destas apresentavam VE diástole superior a 60 mm, mas comparando os dois grupos não houve anormalidades na mobilidade do septo interventricular e o padrão de enchimento diastólico foi normal. Estes atletas foram acompanhados por um período de até 12 anos sem apresentar alterações clínicas ou queda da performance. Levando a concluir que na presença de valores extremos para as medidas de diâmetros ou espessuras cardíacas é necessário a correlação clínica. Urhausen *et al.* (1999) também procuraram identificar valores extremos nas medidas cardíacas entre atletas de diferentes modalidades esportivas, apenas os fisiculturistas que utilizavam anabólicos esteróides apresentaram índice de hipertrofia cardíaca estatisticamente superior aos demais grupos de atletas.

O efeito do destreino sobre a morfologia cardíaca também foi estudado. Maron *et al.* (1993) estudou remadores dentro de um período de 6 a 34 semanas após o término do período de treino e encontrou uma redução significativa da massa do ventrículo esquerdo e da parede posterior em relação ao período de treino. Cavallaro *et al.* (1993) avaliaram também remadores durante o período de treino. Encontraram um aumento de massa, diâmetro interno da cavidade ventricular e espessura de septo e parede. A reavaliação 5 meses após esta fase mostrou que houve redução significativa destas medidas. A avaliação da função diastólica não mostrou diferenças entre as duas fases. Podemos concluir que existe uma alteração adaptativa secundária ao treinamento e que estas alterações sofrem redução com a interrupção do treinamento.

A avaliação de atletas máster possibilitou o estudo dos efeitos crônicos do treinamento sobre este grupo. Na fisiologia do envelhecimento, o miocárdio sofre alteração do relaxamento. Por outro lado, nas avaliações da função diastólica em atletas jovens foi observado que ocorrem alterações que sugerem uma melhora do padrão de relaxamento entre atletas que realizam treinamento de *endurance*. Palka *et al.* (1999) avaliou as mudanças funcionais e estruturais de 194 atletas de diferentes idades. Observou que no grupo de atletas também há a redução da velocidade da fase de enchimento rápido do ventrículo com a idade avançada, entretanto é menos pronunciada em relação aos não atletas. Gustafsson *et al.* (1996) estudaram remadores sênior entre 65 a 82 anos buscando identificar se havia a manutenção das alterações cardíacas encontradas em remadores jovens. As medidas da espessura parietal e da massa do VE eram maiores em relação ao grupo controle. Entretanto, o diâmetro interno do VE era semelhante entre os grupos. Curiosamente, encontraram valores de função sistólica superiores entre os remadores máster.

O fundamento fisiológico que explica estas alterações está no aumento de demanda imposto ao coração pelo exercício. A demanda crônica pode ser de dois tipos, relativa à sobrecarga de volume ou por sobrecarga de pressão. Por exemplo, corredores de longa distância que executam exercícios por longos períodos, com elevação prolongada do débito cardíaco e frequência cardíaca, ou seja exercício dinâmico, terão uma sobrecarga de volume. O resultado será da dimensão, do volume diastólico final e do volume sistólico ventricular, esquerdo com proporcional aumento do septo interventricular e da parede posterior do ventrículo. Os atletas que realizam exercícios com sobrecarga de pressão, estáticos, por exemplo, arremessadores de peso, apresentam espessura septal e da parede posterior ventricular esquerda aumentadas. Ao contrário do que os primeiros pesquisadores concluíram, estas adaptações não são exclusivas de um tipo de exercício. Em geral, os programas de treinos combinam tanto treinamento dinâmico como estático e, conseqüentemente, as alterações adaptativas do coração serão aumento de massa cardíaca e das cavidades. A avaliação da função sistólica não apresenta alterações, apesar das modificações estruturais. As alterações da função diastólica estão relacionadas com maior tempo do enchimento ventricular passivo, o que pode representar um melhor relaxamento da câmara cardíaca em atletas.

Além do tipo e do volume de treinamento, as alterações adaptativas do coração devem ser influenciadas por características genéticas do atleta (George *et al.*, 1991; Fatini *et al.*, 2000) e pela maturidade biológica.

4.3 - Alterações Cardiovasculares Provocadas pelo Exercício Crônico na Criança e no Adolescente

Os estudos sobre as respostas cardiovasculares das crianças e nos adolescentes envolvidas em treinamento intensivo e prolongado são em menor número em relação aos estudos realizados em adultos e os resultados são contraditórios. A Academia Americana de Pediatria (2000), em seu posicionamento sobre treinamento em crianças, considera que não há indícios de que o treinamento físico cause um dano cardíaco. Entretanto, ressalta que a literatura sobre o assunto é limitada e que há a necessidade de se conhecer melhor as adaptações cardiológicas das crianças ao treinamento.

Um dos primeiros estudos procurando identificar os achados do coração de atleta em crianças foi o de Allen *et al.* (1977) no qual avaliaram nadadores com idades entre 5 a 17 anos, de ambos os sexos, tendo encontrado valores de parede posterior e de septo interventricular superiores ao percentil 95, comparados com os valores de crianças não atletas. Quanto às dimensões internas do ventrículo esquerdo durante a sístole e a diástole, os valores corresponderam ao percentil 50 do grupo controle. Estes achados sugerem que na criança e no adolescente que realizam treinamento regular também há uma adaptação morfológica.

Medved *et al.* (1986) estudaram nadadores de ambos os sexos cujas idades variaram de 8 a 14 anos, foi encontrado que o diâmetro do átrio esquerdo, ventrículo esquerdo, espessura do septo interventricular e da parede posterior do ventrículo era maior no grupo de atletas em relação ao grupo controle. Não foi encontrado diferenças nos índices de função sistólica (fração de ejeção e fração de encurtamento). Gutgessel *et al.* (1977) avaliaram a utilização de índices de função sistólica em crianças saudáveis e concluíram que o uso da fração de encurtamento é uma medida útil e confiável para avaliação da função do ventrículo esquerdo em crianças. Acompanhando durante 11 anos atletas nadadores, cujas idades iniciais eram entre 6 e 10 anos, Holmann *et al.* (1986) encontraram aumento do volume car-

díaco, do diâmetro do ventrículo esquerdo ao final da diástole e da espessura da parede posterior do ventrículo esquerdo. Ao final dos 11 anos de acompanhamento, nenhum dos atletas havia desenvolvido alteração patológica do coração.

Em outro estudo (Rowland *et al.*, 1987) realizado com nadadores cujas idades variavam de 8,8 a 13,5 anos foram observadas que as dimensões do ventrículo esquerdo ao final da diástole, a espessura do septo interventricular e da parede posterior do ventrículo esquerdo eram maiores em relação ao grupo controle. A relação septo/parede posterior foi inferior a 1,3, eliminando a possibilidade de hipertrofia miocárdica patológica. Estes achados indicam que crianças submetidas a um programa de treinamento de *endurance* intensivo apresentam alterações morfológicas no coração similares às que ocorrem nos atletas adultos.

Özer *et al.* (1994) encontraram aumento do diâmetro interno do ventrículo na sístole e na diástole, assim como nos diâmetros internos do átrio esquerdo e da raiz aórtica em nadadores entre 7 e 14 anos em relação ao grupo controle. Neste estudo, os nadadores também apresentavam aumento da espessura do septo interventricular e da parede posterior do ventrículo esquerdo. A avaliação da função diastólica não apresentou diferenças entre os grupos. As diferenças foram mais significativas quando os atletas foram agrupados de acordo com as horas de treino por semana, maiores valores foram encontrados naqueles que possuíam maior carga de treino.

O uso da função diastólica foi estudado por Bu`Lock *et al.* (1995) em crianças não atletas, tendo encontrado relação entre as ondas E e A e a superfície corporal. Também observou que a redução da frequência cardíaca com a idade está relacionada com o aumento da fase atrial do enchimento cardíaco. Portanto, estudos que avaliam a função diastólica em crianças devem utilizar correção das medidas de acordo com a superfície corporal. Obert *et al.* (1998) realizaram avaliação estrutural e funcional de nadadores entre 10 e 11 anos que treinavam há 2 anos ou mais. Encontram aumento do diâmetro interno do ventrículo na sístole e na diástole e aumento da massa ventricular esquerda nos nadadores, mas não foram encontradas diferenças em relação ao septo, parede posterior e função sistólica. Na avaliação da função diastólica, os nadadores apresentaram pico da onda A menor e conseqüentemente a relação E/A foi maior em relação ao grupo controle. Em um dos estudos mais recentes (Triposkiadis *et al.*, 2002) realizado em nadadores pré-púberes, o índice de massa ventricular, os diâmetros internos do ventrículo esquerdo

durante a sístole e durante a diástole foram significativamente maiores em relação ao grupo controle de não atletas. Em relação a espessura do septo e da parede posterior do ventrículo esquerdo, não houve diferença entre os grupos. Na análise da função diastólica foi encontrado uma onda A maior em nadadores e a relação E/A menor. Estes achados são semelhantes aos de Obert *et al.* (1998), sugerindo que há um aumento da contribuição da contração atrial ao enchimento ventricular. A bradicardia observada nos atletas pode levar a um melhor esvaziamento ventricular pelo prolongamento do tempo de diástole. Entretanto, são poucos os estudos que avaliam a função diastólica de forma sistemática em crianças atletas.

Assim como entre atletas adultos, as adaptações cardíacas em crianças estão relacionadas ao tipo de treinamento realizado. Em crianças corredoras que vinham em treinamento por um período mínimo de 3 anos apresentaram apenas um aumento da dimensão interna do ventrículo esquerdo na diástole em relação ao grupo controle (Nudel *et al.*, 1998). Entretanto, Rowland *et al.* (1994) não encontraram alterações cardíacas em crianças de 11,1 a 13,1 anos, corredores de distância. Em um estudo posterior, Rowland *et al.* (1998) utilizaram o Doppler-ecocardiografia para avaliar o volume sistólico, o débito cardíaco, a velocidade de fluxo através da aorta e o tempo de ejeção sistólica no repouso de crianças corredoras de distância comparando com não atletas, não encontraram diferenças entre os dois grupos. Na avaliação de crianças entre 11 e 12 anos que treinavam atletismo, 3 vezes/semana, durante 7 meses no ano, por 3 anos não foram encontradas diferenças tanto nas dimensões das cavidades quanto na espessura das paredes em relação ao grupo controle (Telford *et al.*, 1988).

Larsen *et al.* (2000) estudaram ciclistas de ambos os sexos entre 19 e 20 anos que treinavam há mais de 4 anos e encontraram diferenças significativas, em relação ao grupo controle, nas dimensões internas do ventrículo esquerdo na sístole e na diástole, na dimensão interna do átrio esquerdo, na massa do ventrículo esquerdo e na espessura da parede posterior. Não encontraram diferenças na espessura do septo, na função sistólica e na função diastólica.

Procurando avaliar o efeito do treinamento isométrico em adolescentes, Cohen *et al.* (1987) estudaram lutadores entre 17 e 18 anos. Encontraram aumento dos diâmetros internos do ventrículo esquerdo durante a sístole e durante a diástole e aumento da espessura do septo e da parede posterior do ventrículo esquerdo, sem haver alteração da fração de encurtamento em relação ao grupo controle.

Uma avaliação cardiológica ampla em atletas foi feita por Pavlik *et al.* (1999) que utilizaram a Doppler-ecocardiografia para avaliar a função sistólica e a função diastólica em 179 atletas de diferentes modalidades esportivas, incluiu desde crianças até adultos. Na avaliação da função sistólica, apesar de apresentar discretas modificações, não houve diferenças significativas. Entretanto, a função diastólica apresentou alterações no tempo de relaxamento isovolumétrico, no tempo de desaceleração do fluxo transmitral e no tempo de sístole atrial. Concluíram que a bradicardia do atleta está relacionada a um aumento do tempo de diástole e portanto uma alteração da complacência ventricular no coração do atleta.

As progressões da adaptação fisiológica do coração do atleta foi examinada por Manolas *et al.* (2001) que estudaram 389 atletas, entre 9 e 20 anos. Observaram que o aumento da massa ventricular inicia-se entre 11 e 12 anos, mas que as alterações do diâmetro interno das câmaras ventriculares precedem as alterações de aumento de massa e espessura parietal, sendo que o período de máximo aumento das câmaras ocorre entre 15 e 16 anos. O acompanhamento de crianças não atletas durante 5 anos indicou que as mudanças na massa de gordura corporal e no condicionamento aeróbio são os principais mecanismos que afetam o desenvolvimento do miocárdio (Janz *et al.*, 2000).

Estudos com crianças não atletas buscaram identificar as mudanças adaptativas no coração submetendo estas crianças a programas de treinamento. Geenen *et al.* (1982) estudaram 38 crianças entre 6 e 7 anos que realizaram um programa de treinamento de exercícios aeróbios durante 8 meses. Foi constatado aumento da parede posterior e da massa ventricular esquerda sem haver alterações no diâmetro interno do ventrículo esquerdo. Contrariamente, crianças submetidas a 13 semanas de treinamento aeróbio apresentaram redução da espessura do septo e da parede posterior do ventrículo esquerdo e aumento da cavidade ventricular (Obert *et al.*, 2001). O treinamento de *endurance* durante 4 meses de crianças obesas e sedentárias não produziu eventos significativos sobre o ventrículo esquerdo (Mathew *et al.*, 2002). As diferenças de intensidade, duração de cada sessão de treino, frequência semanal e o tipo de treinamento podem explicar as discrepâncias entre os resultados (Obert *et al.*, 2001; Telford *et al.*, 1988).

Classicamente, as adaptações cardíacas ao exercício são conhecidas como resultado da sobrecarga crônica de volume, levando ao aumento das câmaras ventriculares com proporcional aumento da espessura das paredes ou devido a so-

brecarga de pressão que levará ao aumento da espessura das paredes, sem alteração do diâmetro ventricular (Morganroth *et al.*, 1975, Pluim *et al.*, 1999). O desenvolvimento destas alterações não é dicotômico, as adaptações cardíacas serão de acordo com o componente predominante do treinamento, estático ou dinâmico (Pavlik *et al.*, 2001). As adaptações cardíacas ao treinamento de *endurance* ocorrem tanto no diâmetro das cavidades como no espessamento das paredes (Pluim *et al.*, 1999). O débito cardíaco aumentado em atletas de *endurance* tanto em repouso quanto durante o treinamento, resulta, a longo prazo, no aumento do diâmetro interno do ventrículo. Nos nadadores, devido a posição dos membros inferiores, o retorno venoso está ainda mais aumentado, levando às alterações de cavidade mais marcadamente (Triposkiadis *et al.*, 2002). A pressão arterial sistólica eleva-se durante o exercício de *endurance*, embora não tão marcadamente como nos exercícios estáticos. Esta elevação representa uma sobrecarga de pressão que associada a sobrecarga de volume gera as adaptações cardíacas na espessura da parede ventricular (Özer *et al.*, 1994). De acordo com Manolas *et al.* (2001) crianças submetidas a treinamento de *endurance* apresentam uma progressão nas adaptações cardíacas, caracterizando-se inicialmente por aumento do diâmetro do ventrículo.

Apesar das alterações estruturais, a avaliação da função sistólica permanece nos limites normais (Holmann *et al.*, 1986; Rowland *et al.*, 1987; Özer *et al.*, 1994; Obert *et al.*, 1998; Nudel *et al.*, 1998; Triposkiadis *et al.*, 2002), indicando que estas alterações são adaptações fisiológicas. Em relação a função diastólica os estudos apresentam resultados discordantes. Vários autores (Özer *et al.*, 1994; Obert *et al.*, 1998; Pavlik *et al.*, 1999; Triposkiadis *et al.*, 2002), encontraram uma redução da contribuição da contração atrial ao enchimento ventricular associado ao aumento do tempo de enchimento ventricular rápido. Enquanto Ozer *et al.* (1994) e Larsen *et al.* (2000), não encontraram alterações na função diastólica de crianças atletas. Assim como, na avaliação da função diastólica de atletas adultos, os estudos que encontraram alteração da função diastólica sugerem que há uma adaptação do relaxamento ventricular em atletas crianças e adolescentes.

5 - METODOLOGIA

5.1 – Delineamento da Pesquisa

Este projeto foi delineado como um estudo de observação transversal do tipo exposto controle, condicionado pelo fator em estudo, ser atleta. O desfecho estático foi a presença de alterações cardíacas estruturais e funcionais.

5.2 - População e Amostra

O grupo de atletas foi formado inicialmente por 31 nadadores (15 meninos e 13 meninas), pós púberes com idade de 15 a 17 anos da equipe de natação do Grêmio Náutico União, categoria juvenil, que treinavam regularmente 6 vezes por semana, por período superior a 2 anos. O volume de treino semanal variou de 25 km/semana a 45 km/semana de acordo com o ciclo de treinamento. O grupo controle foi formado por 28 jovens não atletas (14 meninos e 14 meninas), recrutados em escolas do ensino médio de Porto Alegre, sendo selecionados aqueles que apresentavam idade, gênero, peso e altura similar ao grupo controle.

Para todos os participantes os critérios de inclusão foram faixa etária de 15 a 17 anos, estar saudável e ausência de cardiopatia congênita ou hipertensão arterial. Para o grupo de atletas, estar incluído em um programa de treinamento de natação regular por um período mínimo de 2 anos e para o grupo controle, não estar participando de treinamento físico diário ou competitivo.

Três jovens pertencentes ao grupo de atletas foram excluídos do estudo. Duas meninas por apresentarem dificuldades técnicas para a realização das medidas (uma por apresentar taquicardia e isto afetar a execução das mensurações e outra por apresentar uma cicatriz no local de colocação do transdutor e isto interferir na penetração do feixe de ultra-som, e um menino por ter sido diagnosticado durante a avaliação ecocardiográfica presença de alteração anatômica da válvula aórtica (válvula aórtica bicúspide). Desta forma, o grupo de atletas resultou em 28 nadadores.

A estimativa preliminar do tamanho mínimo amostral foi 26 jovens em cada grupo, mantendo-se alfa 0,05 e beta 0,05.

5.3 - Procedimentos

5.3.1 - Aprovação pelo Comitê de Ética

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Cardiologia/Fundação Universitária de Cardiologia (IC-FUC).

5.3.2 - Termo de Consentimento Informado

Lido e assinado por um dos pais ou responsável, antes do encaminhamento para realizar a ecocardiografia (Anexo 1).

5.3.3 - Avaliação de Saúde e Antropometria

Esta avaliação inicial foi realizada pela autora do trabalho no Laboratório de Pesquisa em Exercício da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPEX-ESEF/UFRGS) e teve como objetivo identificar sinais, ao exame físico e da pressão arterial, que pudessem identificar presença de cardiopatia ou de hipertensão e realizar medidas antropométricas para a caracterização da amostra.

Os participantes do estudo foram submetidos a um exame físico direcionado para o aparelho cardiovascular e para a medida de pressão arterial (PA) em repouso (sentado) com esfigmomanômetro aneróide para afastar presença de alterações cardiovasculares detectáveis ao exame clínico. Na medida de PA, considerou-se o primeiro ruído de Korotkoff (K1) para pressão arterial sistólica e o quinto ruído de Korotkoff (K5) para pressão arterial diastólica.

Foram realizadas as medidas de massa corporal, utilizando uma balança da marca Filizolla, com resolução de 100 g, e altura, utilizando estadiômetro com resolução de 1 mm, e calculado o índice de massa corporal (IMC) e superfície corporal

(SC). O IMC foi calculado utilizando o quociente peso/ altura² e a SC foi calculada utilizando a fórmula: $\sqrt{\text{Altura (cm)} \times \text{Peso (kg)}/3600}$ (Mosteller, 1987). As medidas de dobras cutâneas foram realizadas utilizando plicômetro modelo Cescorf e as dobras avaliadas foram triцепtal, subescapular, abdominal, suprailíaca. Nas jovens, foi incluída a dobra da coxa, para determinação do somatório de dobras cutâneas (Heyward, 1996) (Anexo II).

5.3.4 - Eletrocardiograma de 12 Derivações em Repouso

Para identificar alterações de ritmo ou sinais de hipertrofia ventricular, foi realizado um eletrocardiograma de repouso de 12 derivações, em todos os jovens, no dia da consulta inicial realizada no IC-FUC.

5.3.5 - Doppler-Ecocardiografia

Os exames Doppler-ecocardiográficos foram realizados no IC- FUC, Unidade de Cardiologia Fetal, sempre pelo mesmo médico cardiologista experiente em ecocardiografia e acompanhados pela autora do estudo. Em todos os jovens, foram colocados eletrodos para registro simultâneo do eletrocardiograma. O equipamento utilizado para a realização dos exames foi o modelo XP 10 da Acuson, utilizando um transdutor multifreqüência de 4 MHz. Todos os exames foram gravados em vídeo-tape.

O exame ecocardiográfico foi realizado seguindo a seguinte seqüência: 1) ecocardiograma bidimensional completo, para excluir a presença de cardiopatia estrutural; 2) traçado de modo-M, para obtenção das medidas da espessura de paredes e diâmetros e da função sistólica e 3) Doppler pulsado sob orientação do ecobidimensional para as medidas de função diastólica.

A obtenção das medidas de função sistólica foram realizadas a partir do traçado modo-M, obtido através do corte paraesternal longitudinal do ventrículo esquerdo (VE), com os jovens em decúbito dorsal ou lateral esquerdo. As medidas realizadas foram os diâmetros da raiz aórtica, do átrio esquerdo, do ventrículo direito, diâmetros sistólico e diastólico final do VE, espessura do septo

interventricular ao final da diástole e da parede posterior do VE ao final da diástole. Estas medidas foram realizadas obedecendo aos padrões da *American Society of Echocardiography* (Shah, 1978; Schiller, 1989). As variáveis fração de encurtamento e fração de ejeção foram calculadas de acordo com as equações descritas abaixo (Haertel, 1995).

Fração de Encurtamento Circunferencial (ΔD):

$$\Delta D = \frac{VED - VES}{VED} \times 100$$

Onde VED = diâmetro do VE no final da diástole

VES = diâmetro do VE no final da sístole

Dado em %

Fração de Ejeção (FE):

$$FE = \frac{VDf - VSf}{VDf} \times 100$$

Onde VDf = volume diastólico final = $(VED)^3$

VSf = volume sistólico final = $(VES)^3$

Dado em %

Foi calculada a relação entre a espessura diastólica do septo interventricular e espessura da parede posterior do ventrículo esquerdo (Morcef, 1990).

Relação Septo Parede Posterior do VE:

$$Rel = S / PP$$

Onde S = Espessura septal

PP = Parede Posterior do VE

Para o cálculo da Massa do VE foi utilizada a equação proposta por Devereaux (1986).

Massa do VE (MVE):

$$MVE = 0,80 [1,04 ((VED + SIV + PPVE)^3 + (VED)^3)] + 0,6$$

Onde VED = diâmetro do VE no final da diástole

SIV = espessura septo interventricular

PPVE = espessura da parede posterior do VE

Dado em g

Para a obtenção das medidas de função diastólica foi utilizado doppler pulsado. Os jovens eram colocados em decúbito lateral esquerdo e realizado um corte 4-câmaras apical. A amostra volume foi posicionada entre os bordos livres do folheto da valva mitral em ângulo, o mais paralelo possível com a direção de fluxo, sendo guiado pelo mapeamento de fluxo a cores. Eram selecionados três batimentos consecutivos ao final da expiração. Foram medidos: pico da onda E (cm/s), pico da onda A (cm/s), tempo de desaceleração (TD), dado em ms e tempo de relaxamento isovolumétrico (Triv), dado em ms, sendo calculado a relação onda E/onda A (E/A) (Anexo III).

5.4 - Análise Estatística

Os dados foram armazenados e analisados em um banco de dados utilizando o pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*, versão 10.0) para os dados ecocardiográficos, foram utilizados a média de três medidas.

Foram utilizados recursos de estatística descritiva e inferencial. Para comparar o grupo de atletas e não atletas nas diversas variáveis foi usado Teste t de Student para amostras independentes, adotando-se um alpha crítico < 0,05.

5.5- Controle das Variáveis**5.5.1 - Variável Independente**

Treinamento físico, gênero.

5.5.2 - *Variáveis Dependentes*

Diâmetros da raiz aórtica, do átrio esquerdo, do ventrículo direito, diâmetro do VE durante sístole e diástole, espessura do septo interventricular e da parede posterior do VE, massa do VE, índice de hipertrofia, fração de ejeção, pico da onda E, pico da onda A, tempo de desaceleração, tempo de relaxamento isovolumétrico, a relação onda E/onda A (E/A).

5.5.3 - *Variáveis Intervenientes*

Superfície corporal.

6 - RESULTADOS

Os participantes foram agrupados em atletas e não atletas e de acordo com o gênero. As características de idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC), somatório de dobras cutâneas, superfície corporal, PA e FC de repouso de jovens atletas e não atletas, apresentam-se descritas na tabela 1. Dentro do mesmo gênero, atletas e não atletas foram similares em todas as características, exceto para a FC de repouso que foi menor nos atletas masculinos em comparação ao grupo não atletas ($p < 0,05$).

Tabela 1 - Características da amostra conforme grupo e gênero
(média \pm desvio-padrão)

Variável	Masculino		Feminino	
	Atleta (n = 15)	Não Atletas (n = 14)	Atleta (n = 13)	Não Atletas (n = 14)
Idade (anos)	15,8 \pm 0,77	16,1 \pm 0,66	15,7 \pm 0,93	16,0 \pm 0,92
Peso (kg)	67,2 \pm 5,6	64,4 \pm 5,4	51,6 \pm 5,5	52,0 \pm 5,4
Altura (m)	1,77 \pm 0,55	1,74 \pm 0,64	1,62 \pm 0,56	1,61 \pm 0,59
IMC (kg/m ²)	21,3 \pm 1,26	21,2 \pm 1,69	19,4 \pm 1,37	19,9 \pm 1,39
Soma Dobras Cutâneas (mm)	32,5 \pm 6,32	36,4 \pm 12,46	63,4 \pm 15,5	75,8 \pm 20,6
Superfície Corporal (m ²)	1,82 \pm 0,09	1,76 \pm 0,09	1,52 \pm 0,10	1,52 \pm 0,10
Pressão Arterial Sistólica (mmHg)	113 \pm 7,45	108 \pm 9,53	101 \pm 10,0	97,1 \pm 9,94
Pressão Arterial Diastólica (mmHg)	68,5 \pm 6,63	68,5 \pm 7,7	64,2 \pm 7,76	60,7 \pm 10,7
FC repouso (bpm)	63,3 \pm 7,19*	73,5 \pm 9,63	63,2 \pm 9,03	67,3 \pm 11,69

* Menor do que grupo de não atletas do sexo masculino ($p < 0,05$)

Dobras Cutâneas = somatório d. triptal, d. subescapular, d. abdominal e d. suprailíaca (incluir dobra da coxa no grupo feminino)

A tabela 2 apresenta os resultados referentes às medidas ecocardiográficas Modo-M, dimensões cardíacas, espessura da parede posterior e função sistólica. No sexo masculino o grupo de atletas apresentou médias significativamente maiores ($p < 0,05$) no diâmetro interno de AE (diferença de 3,5 mm), VED (diferença de 4,5 mm), parede posterior do VE (diferença de 1,4 mm), septo interventricular (diferença de 1,4 mm) e massa do VE (diferença de 64 g). No grupo masculino, apesar dos valores médios da espessura do septo interventricular e da parede posterior apresentarem-se aumentados entre os atletas, a relação septo/parede posterior do ventrículo esquerdo foi inferior a 1.3. Entre o grupo feminino, a única diferença encontrada foi no diâmetro interno do VD durante a diástole (diferença de 3,3 mm). As medidas de função sistólica do VE foram similares entre os grupos, independente do sexo. A correção das medidas de acordo com a superfície corporal (m^2) apresentou uma redução nas diferenças entre as médias das medidas ecocardiográficas quando comparados atletas e não atletas. Apesar disto, as diferenças permaneceram estatisticamente significativas.

Na avaliação da função diastólica observou-se que o tempo de desaceleração foi maior para o grupo de atletas em ambos os gêneros (masculino diferença de 31 ms e feminino diferença de 50 ms), figura 7. As demais medidas foram similares, estes dados estão apresentados na tabela 3.

Tabela 2 - Medidas ecocardiográficas Modo-M, de acordo com grupo e gênero
Medidas absolutas e corrigidas de acordo com a superfície corporal
(média ± desvio-padrão)

Variável	Masculino		p	Feminino		p
	Atleta (n = 15)	Não Atletas (n = 14)		Atleta (n = 1)	Não Atletas (n = 14)	
Ao (mm)	31,1 ± 2,9	29,1 ± 3,2	0,095	26,5 ± 2,3	24,6 ± 2,6	0,06
Ao (mm.m ⁻²)	17,0 ± 1,1	16,5 ± 1,6	0,291	17,2 ± 1,3	16,0 ± 1,4	0,032
AE (mm)	31,5 ± 3,0	28,0 ± 2,5	0,003	26,6 ± 2,2	25,2 ± 2,2	0,120
AE (mm.m ⁻²)	17,3 ± 1,5	15,9 ± 1,3	0,015	17,3 ± 1,6	16,4 ± 1,2	0,111
VES (mm)	32,3 ± 3,6	30,0 ± 4,4	0,133	28,4 ± 3,7	27,7 ± 2,2	0,573
VES (mm.m ⁻²)	17,8 ± 2,1	16,9 ± 2,1	0,310	18,5 ± 2,4	18,1 ± 1,8	0,637
VED (mm)	53,6 ± 4,3	49,1 ± 4,3	0,009	48,1 ± 3,3	44,8 ± 2,4	0,007
VED (mm.m ⁻²)	29,4 ± 1,7	27,8 ± 2,4	0,04	31,3 ± 2,2	29,3 ± 2,2	0,024
VD (mm)	20,0 ± 4,0	18,0 ± 1,9	0,132	17,6 ± 2,6	17,1 ± 2,9	0,666
VD (mm.m ⁻²)	11,1 ± 2,4	10,3 ± 1,1	0,306	11,5 ± 2,0	11,1 ± 1,8	0,634
PP (mm)	7,8 ± 1,3	6,4 ± 0,7	0,001	6,3 ± 1,1	5,7 ± 0,8	0,171
PP (mm.m ⁻²)	4,32 ± 0,68	3,65 ± 0,5	0,008	4,11 ± 0,7	3,37 ± 0,5	0,181
S (mm)	7,9 ± 1,0	6,5 ± 0,8	0,000	6,3 ± 1,3	6,2 ± 0,8	0,830
S (mm.m ⁻²)	4,3 ± 0,5	3,6 ± 0,5	0,002	4,11 ± 0,8	4,04 ± 0,4	0,780
Rel S/PP	1,01 ± 0,09	1,02 ± 0,15	0,964	1,0 ± 0,09	1,0 ± 0,115	0,063
MVE (g)	192 ± 54,7	128 ± 28,6	0,001	119 ± 25,0	105 ± 21,1	0,139
MVE (g.m ⁻²)	105 ± 25,5	73,1 ± 16,6	0,001	77,5 ± 16,0	68,4 ± 12,5	0,121
FE (%)	69,0 ± 8,23	69,0 ± 7,09	0,991	71,7 ± 6,09	69,0 ± 5,62	0,247
Delta D	39,4 ± 7,04	39,2 ± 5,67	0,917	41,3 ± 5,03	38,9 ± 5,14	0,061

Ao = Diâmetro Aorta

VES = Diâmetro Ventrículo Esquerdo Sístole

VED = Diâmetro Ventrículo Esquerdo Diástole

PP = Espessura Parede Posterior Ventrículo

Rel S/PP = relação septo/parede posterior

FE = fração de ejeção Delta

AE = Diâmetro Átrio Esquerdo

VD=Diâmetro Ventrículo Direito

S = Espessura Septo Interventricular

MVE = Massa Ventrículo Esquerdo

D= fração de encurtamento circunferencial

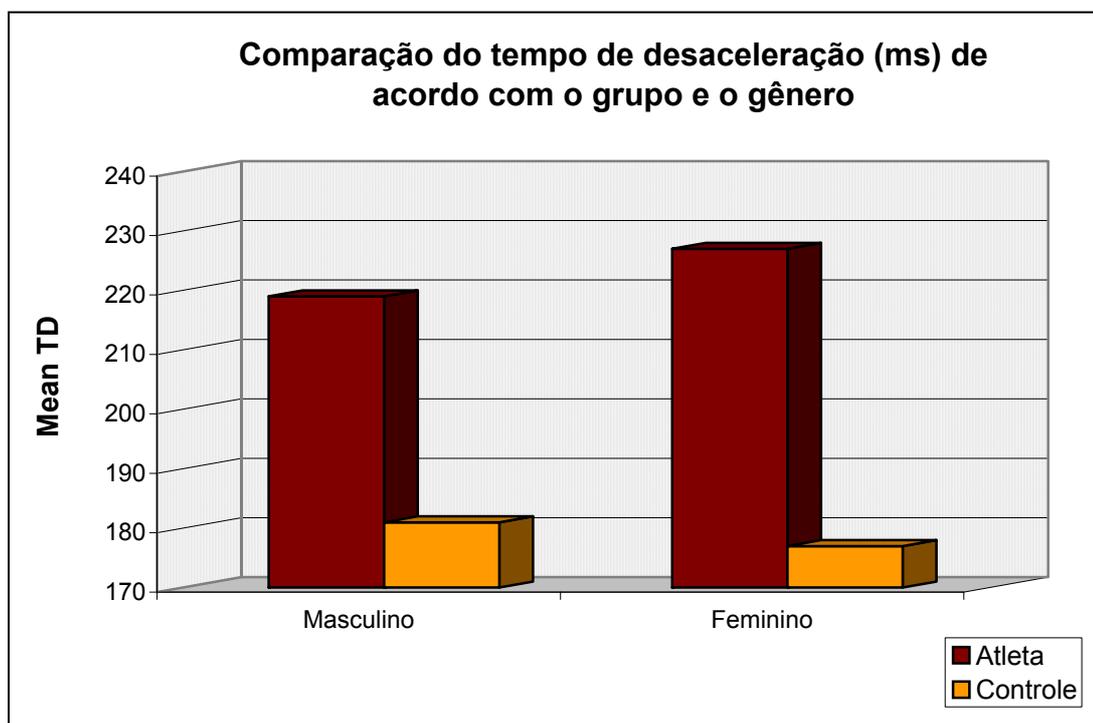
Tabela 3 - Função Diastólica Ventricular Esquerda de acordo com grupo e gênero (Média ± Desvio Padrão)

Variável	Masculino		p	Feminino		p
	Atleta (n = 15)	Não Atletas (n = 14)		Atleta (n = 13)	Não Atletas (n = 14)	
Pico onda E (cm/s)	80,1 ± 11,82	76,2 ± 10,94	0,372	81,2 ± 9,22	81,6 ± 11,62	0,920
Pico onda A (cm/s)	33,9 ± 8,14	33,1 ± 7,41	0,822	33,5 ± 3,60	30,7 ± 4,86	0,100
E/A	2,45 ± 0,48	2,37 ± 0,57	0,675	2,37 ± 0,46	2,67 ± 0,30	0,056
Triv (ms)	68,4 ± 6,08	66,8 ± 10,97	0,640	66,92 ± 6,45	63,50 ± 4,65	0,124
TD (ms)	219 ± 46,75	181 ± 20,19	0,008	227 ± 49,51	177 ± 30,91	0,004
FC (bpm)	63,3 ± 7,19	73,5 ± 9,63	0,003	63,2 ± 9,03	67,3 ± 11,69	0,323
TD/FC	3,54 ± 0,95	2,51 ± 0,45	0,001	3,74 ± 1,05	2,7 ± 0,72	0,007
Pulmonar Sist (cm/s)	41,6 ± 9,64	44,29 ± 10,9	0,489	50,3 ± 13,0	39,7 ± 6,46	0,012
Pulmonar Diast (cm/s)	59,6 ± 11,34	54,71 ± 14,5	0,319	58,4 ± 9,40	53,2 ± 9,83	0,169

E/A = Pico onda E/Pico onda A

Triv = tempo de relaxamento isovolumétrico

TD = tempo de desaceleração



7 - DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicaram que nadadores apresentam uma resposta adaptativa estrutural e funcional ao treinamento de *endurance*, observadas já durante a adolescência. Estas alterações são mais evidentes entre atletas do sexo masculino.

Em relação ao grupo de não atletas, os atletas masculino apresentaram frequência cardíaca de repouso 13,8% mais baixa e também foi encontrado aumento no diâmetro do átrio esquerdo, do ventrículo esquerdo na diástole, espessamento do septo interventricular e da parede posterior do ventrículo esquerdo. A massa do VE apresentou um aumento de 43,2% no grupo de atletas masculino. Na avaliação da função diastólica encontrou-se prolongamento do tempo de desaceleração, os atletas masculinos apresentaram um TD 20,9% em relação aos não atletas. O grupo de atletas feminino apresentaram diferenças apenas no diâmetro interno do ventrículo direito na diástole e no tempo de desaceleração aumento de 28,2%, em relação ao grupo controle, o diâmetro interno aórtico também mostrou diferença significativa, quando as medidas foram corrigidas de acordo com a superfície corporal.

Estudos em atletas adultos que compararam as alterações cardíacas entre homens e mulheres observaram que há diferenças entre o gênero. Pelliccia *et al.* (1996) estudaram 600 atletas femininas, adultas, e compararam os resultados da Doppler-ecocardiografia com atletas masculinos. Concluíram que as alterações estruturais e funcionais ocorrem em ambos os grupos. Entretanto, nas mulheres, as alterações são menos pronunciadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Urhausen *et al.* (1996b) que avaliaram remadores de ambos os gêneros. Pavlik *et al.* (1999) estudaram a progressão das adaptações ao exercício por faixa etária, conforme gênero, concluindo que as adaptações cardíacas ocorrem em ambos os gêneros, mas de forma mais marcada no sexo masculino. Esta diferença na resposta adaptativa pode ser atribuída às diferenças hormonais e presenças de receptores hormonais no músculo cardíaco.

No presente estudo, os atletas do sexo masculino apresentaram uma frequência cardíaca mais baixa em relação ao grupo controle. Estudos como o de Obert *et al.* (1998) e Triposkiadis *et al.* (2002) também encontraram redução da fre-

qüência cardíaca entre jovens nadadores. A freqüência cardíaca reduzida em jovens atletas indica um predomínio do tônus vagas neste grupo.

O aumento nas medidas de diâmetros internos do VED, observadas nos meninos e nas meninas atletas havia sido relatada por Medved *et al.* (1986), Holmann *et al.* (1986), Obert *et al.* (1998), Nudel *et al.* (1998) e Triposkiadis *et al.* (2002) que atribuíram estas alterações ao aumento do retorno venoso e do volume de ejeção aumentados durante o exercício. Entre os nadadores o retorno venoso é incrementado pela maior contribuição dos membros inferiores que se encontram em posição horizontal (Arborelius *et al.*, 1972; Risch *et al.*, 1978). A faixa de idade dos atletas do presente estudo compreende ao período que Manolas *et al.* (2001) descreveram como sendo o período de máximo aumento das câmaras cardíacas, o qual corresponde a faixa de 15 e 16 anos.

O diâmetro interno do AE apresentou-se aumentado nos atletas deste estudo. Este aumento de volume, também foi observado por Özer *et al.* (1994) e Triposkiadis *et al.* (2002) relacionado, provavelmente, ao crônico aumento do retorno venoso.

O aumento da espessura das paredes encontrado nos atletas masculinos também foi observado por Özer *et al.* (1994), sendo que as alterações na morfologia cardíaca foram mais pronunciadas entre os atletas que possuíam uma carga alta de treino semanal alta. Os atletas do presente estudo, possuíam um volume de treino de 12 à 20hs/semanais (25 a 45 km/ semanais), semelhante ao grupo de maior volume do estudo de Ozer *et al.* (1994).

As características estruturais encontradas nos atletas avaliados demonstram que houve sobrecarga de volume e pressão levando ao aumento das cavidades e espessamento das paredes ventriculares, respectivamente. As avaliações em atletas adultos de diferentes modalidades esportivas encontraram alterações tanto no diâmetro da cavidade ventricular, como na massa ventricular e espessura da parede posteriorr e do septo interventricular. Levando a concluir que as adaptações cardíacas são de acordo com o componente predominante do treinamento, estático ou dinâmico (Spirito *et al.*, 1994; Faggard, 1996).

Pavlik *et al.* (2001) consideram como inadequado categorizar os esportes e o tipo de hipertofia produzida (excêntrica ou concêntrica), pois o treinamento esportivo é composto por treinamento de força e treinamento de *endurance*.

Nas avaliações realizadas em jovens atletas os esportes avaliados envolviam predominante treinamento de *endurance* ou resistência aeróbia. Entre nadadores, Obert *et al.* (1998) e Triposkiadis *et al.* 2002, encontraram alterações do diâmetro interno do ventrículo esquerdo e aumento da massa ventricular, mas não encontraram diferenças em relação ao septo e a parede posterior. Em crianças corredoras a única alteração encontrada foi o aumento da dimensão interna do ventrículo esquerdo na diástole (Nudel *et al.*, 1998). Larsen *et al.* (2000) estudaram ciclistas e encontraram aumento nas dimensões internas do ventrículo esquerdo ao final da sístole e da diástole, na dimensão interna do átrio esquerdo, na massa ventricular esquerda e na espessura da parede posterior. Cohen *et al.* (1987) estudaram jovens lutadores e encontraram aumento dos diâmetros internos do ventrículo esquerdo durante a sístole e durante a diástole e aumento da espessura do septo e da parede posterior do ventrículo esquerdo. As alterações encontradas nos atletas do presente estudo foram tanto de aumento de diâmetro interno da cavidade ventricular, como de aumento de massa ventricular e espessura das paredes. Isto ratifica as afirmações de Pavlik *et al.* (2001), as alterações cardíacas serão tanto por aumento da massa muscular como por aumento da cavidade ventricular.

O aumento do coração devido ao treinamento é harmônico, afetando igualmente as câmaras cardíacas e o aumento da massa ventricular e obedece a uma proporção em relação ao peso corporal, não havendo prejuízo funcional (Dickhurth *et al.*, 1996). Na avaliação de atletas que apresentaram diâmetro interno do ventrículo esquerdo acima dos limites considerados normais (VE diástole > 60 mm) não foi encontrado anormalidades na mobilidade do septo interventricular e o padrão de enchimento diastólico foi normal (Pelliccia *et al.*, 1999).

Não foram observadas, no grupo de atletas avaliados, alterações na função sistólica que pudessem representar um efeito negativo sobre a performance cardíaca. Este resultado significa um achado positivo, demonstrando que a hipertrofia cardíaca ou o aumento de cavidades dos atletas não representa prejuízo funcional, a exemplo das situações patológicas que evoluem com aumento cardíaco. Pluim *et al.* (2000), em uma meta-análise que incluiu 59 estudos realizados em adultos de diferentes modalidades esportivas, a fração de encurtamento e fração de ejeção foi similar entre atletas e indivíduos sedentários. Medved *et al.* (1986), Özer *et al.* (1994), Larsen *et al.* (2000) não encontraram diferenças em crianças atletas, apesar de terem sido observadas alterações estruturais.

Na avaliação do fluxo diastólico, os atletas estudados, em ambos os gêneros, demonstraram velocidades da onda E e da onda A iguais ao grupo controle. A relação E/A e o tempo de relaxamento isovolumétrico não mostraram diferenças. Mas no grupo de atletas, masculinos e femininos, o tempo de desaceleração da onda E (enchimento ventricular rápido) estava significativamente aumentado. Entre nadadores pré-púberes Obert *et al.* não encontraram diferenças na velocidade da onda E, mas a onda A possuía velocidade reduzida em relação ao grupo controle, indicando uma menor contribuição da contração atrial ao enchimento ventricular. Triposkiadis *et al.* (2002) também encontrou uma velocidade da onda A menor em nadadores quando comparados com indivíduos não atletas. Entretanto, Özer *et al.* (1994) não encontraram outras alterações no padrão de enchimento ventricular esquerdo.

As alterações da função diastólica parecem representar um incremento funcional ao coração treinado. A frequência cardíaca reduzida leva ao aumento do tempo de diástole e conseqüentemente existe uma melhora do enchimento ventricular passivo (Pluim *et al.*, 2000). Atletas apresentam um desvio da curva de enchimento ventricular na fase de enchimento ventricular passivo e reduzindo a contribuição da contração atrial (Hounker *et al.*, 1996). A fisiologia da função diastólica é bastante complexa. No processo de hipertrofia cardíaca patológica o aumento da massa ventricular reduz a complacência e aumenta a rigidez da câmara com prejuízo do relaxamento ventricular, a nível celular o tecido cardíaco apresenta uma fibrose intersticial. Na hipertrofia adaptativa do atleta, o enchimento diastólico apresenta-se normal ou aumentado (Möckel *et al.*, 1996). O TD é determinado pela complacência operativa do VE (Nishimura and Appleton, 1996). Em situações em que há aumento da rigidez da câmara cardíaca, ocorre redução do TD. O prolongamento do TD com uma relação E/A normal indica uma melhora da complacência ventricular.

A presença de alterações cardíacas em jovens que realizam treinamento é influenciada por fatores relacionados com o treinamento, o tipo de treino predominante, o volume e a intensidade, assim como características pessoais como gênero e condições genéticas.

Telford *et al.* (1988), Rowland *et al.* (1994), que avaliaram jovens atletas que vinham em treinamento regular, e os estudos de Obert *et al.* (2001), Mathew *et al.* (2002), que submeteram jovens não atletas a um treinamento, não encontraram alterações cardíacas secundárias ao treinamento.

Este estudo encontrou diferenças morfológicas e funcionais na avaliação ecocardiográfica de jovens nadadores, comparados com jovens não atletas. Estas alterações possivelmente representam uma resposta adaptativa ao treinamento intenso. Os resultados da avaliação na função diastólica permitem ampliar os conhecimentos das respostas cardiovasculares de adolescentes ao treinamento. O prolongamento do tempo de desaceleração representa um dado novo para a literatura da área. A realização da Doppler-ecocardiografia em atletas que realizam treinamento intenso é elucidativa para distinguir entre a hipertrofia cardíaca patológica e a adaptação fisiológica do coração ao treinamento.

8 - CONCLUSÕES

Atletas masculinos e femininos de natação adolescentes apresentam alterações cardíacas que incluem:

- Bradicardia sinusal
- Espessamento da parede ventricular e aumento da massa ventricular
- Função sistólica preservada
- Alteração da função diastólica, através do prolongamento do tempo de desaceleração do enchimento ventricular, o que representa uma melhora da complacência operativa.

9 - SUGESTÕES

Realizar um estudo prospectivo em crianças pré-púberes antes de iniciarem treinamento intenso e regular e manter o acompanhamento Dopplerecocardiográfico até atingirem a idade adulta.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, COMMITTEE ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS. Intensive training and sports specialization in young athletes. **Pediatrics**, v. 106, p. 154-157, 2000.
2. ALLEN, H.D.; GOLDBERG, S.J.; SAHN, D.J.; SCHY, N.; WOJCIK, R. A quantitative echocardiographic study of champion childhood swimmers. **Circulation**, v. 55, p. 142-145, 1977.
3. ANDERSON, J.A.; GRIESEMER, B.A.; JONHSON, M.D.; MARTIN, T; MCLAINL, G.; ROWLAND T. Intensive Training and Sports Specialization in Young Athlete. **Pediatrics**, v. 106, p. 154-156, 2000.
4. ARBORELIUS, M. Jr; BALLDIN, U.I.; LILJA, B.; LUNDGREN, C.E.G. Haemodynamic chnges in man during immersion with the head above water. **Aerospace Medicine**, v. 43, p. 592-598, 1972.
5. BATLOUNI, M. Coração de Atleta. In: Ghorayeb, N.; Barros, T., (eds). **O Exercício**. São Paulo: Atheneu, 1999. p.147-171.
6. BU`LOCK, F.; MOTT, M.G.; MARTIN, R.P. Left ventricular diastolic function in children in children measured by Doppler echocardiography: normal values end relation with growth. **British Heart Journal**, v. 73, p. 334-339, 1995.
7. CAVALLARO, V.; PETRETTA, M.; BETOCCHI, S.; SALVATORE, C.; MORGANO, G.; BIANCHI, V.; BREGLIO, R.; BONADUCE, D. Effects of sustained training on left ventricular structure and function in top level rowers. **European Heart Journal**, v. 14, p. 898-903, 1993.
8. CASO, P.; D'ANDREA, A.; GALDERISI, M.; LICCARDO, B.; SEVERINO, S.; DE SIMONE, L.; IZZO, A.; D'ANDREA, L.; MINIMI, N. Pulsed doppler tissue imaging in endurance athletes: relation between left ventricular preload and myocardial regional diastolic function. **The American Journal of Cardiology**, v. 85 p. 1131-1136, 2000.

9. CLAESSENS, P.M.J.; CLAESSENS, C.W.F.; CLAESSENS, M.M.M.; CLAESSENS, M.C.F.; CLAESSENS, J.E.J. Supernormal left ventricular diastolic function in triathletes. **Texas Heart Institute Journal**, v. 28, p. 102-110, 2001.
10. COHEN, C.R.; ALLEN, H.D.; SPAIN, J.; MARX, G.R.; WOLFE, R.W.; HARVEY, J.S. Cardiac structure and function of high school wrestlers. **American Journal of diseases of children**, v. 141 p. 576-581, 1987.
11. COHEN, G.I.; PIETROLUNGO, J.F.; THOMAS, J.D.; KLEIN, A.L. A practical guide to assessment of ventricular diastole function using doppler echocardiography. **Journal of American College of Cardiology**, v. 27, p. 1753-1760, 1999.
12. DAILEY, S.M.; OBERMAN, A. The athletic heart. **Heart disease and stroke**, v. 2, p. 53-58, 1993.
13. DICKHUTH, H.H.; ROECKER, K.; NIESS, A.; HIPPEL, A.; HEITKAMP, H.C. The echocardiographic determination of volume and muscle mass of the heart. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, p. S132-139, 1996.
14. DEVEREAUX, R.B.; ALONSO, D.R.; LUTAS, E.M.; GOTTLIEB, G.J.; CAMPO, E.; SACHS, I.; REICKEK, N. Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Hypertrophy: Comparison to Necropsy Findings. **The American Journal of Cardiology**, v. 57, p. 450-458, 1986.
15. FAGARD, R.H. Athletic Heart: A meta-analysis of echocardiographic experience. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, p. S140-144, 1996.
16. FATINI C, GUAZZELLI R, MANETTI P, BATTAGLINI B, GENSINI F, VONO, TONCELLI L, ZILLI P, CAPALBO A, ABBATE R, GENSINI GF, GALANTI G. RAS gene influence exercise-induced left ventricular hypertrophy: na elite athletes study. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 32, p. 1868-1872, 2000.
17. FEIGENBAUM, H. **Ecocardiografia**. São Paulo: Livraria Roca. 1984.
18. GALVÁN. O.; CHEREBETIN, G.; MELÉNDEZ, H.; CASANOVA, J.M.; HUERTA, D.; GUADALAJARA, J.F. Cambios estructurales y funcionales em el corazón Del

- atleta (canotaje) de alto rendimento. **Arch Inst Cardiol Méx**, v. 69, p. 26-34, 1999.
19. GEENEN, D.L.; GILLIAM, T.B.; CROWLEY, D.; MOOREHEAD-STEFFENS, C.; ROSENTHAL, A. Echocardiographic measures in 6 to 7 year old children after na 8 months exercise program. **The American Journal of Cardiology**, v. 49, p. 1990-1905, 1982.
20. GEORGE, K.P.; WOLFE, L.A.; BURGGRAF, G.W.; The 'Athletic Heart Syndrome': A critical Review. **Sports Medicine**, v. 11, p. 300-331, 1991.
21. GEORGE, K.P.; GATES, P.E.; WHYTE, G.; FENOGLIO. R,A; LEA, R. Echocardiographic examination of cardiac structure and function in elite cross trained male and female alpine skiers. **British Journal Sports Medicine**, v. 33, p. 93-98, 1999.
22. GUSTAFSSON, F.; ALIS, H. B.; TOFT, J.C.; SECHER, N.H. The heart of the senior oarsman: an echocardiographic evaluation. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 8, p. 1045-1048, 1996.
23. GUTGESELL, H.P.; PAQUET, M.; DUFF, D.F.; MACNAMARA, D.G. Evaluation of left ventricular size and function in normal children. **Circulation**, v. 56, p. 457-462, 1977.
24. HAERTEL, J.C. Avaliação da Função Sistólica e Diastólica Ventricular Esquerda pela Ecocardiografia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 64, p. 391-400, 1995.
25. HAGAN, R.D.; LAIRD, W.P.; GETTMAN, L.R. The problems of per-surface area and per-weight standartization indices in determination of cardiac hypertrophy in endurance trained athletes. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation**, v. 5, p. 554-560, 1985.
26. HAHN, H.S; HOIT, B.D. Doppler echocardiographic assessment of diastolic ventricular function: transmitral and pulmonary venous flow indices. **Progress in Pediatric Cardiology**, v. 10, p. 95-103, 1999.

27. HAYKOSWSKY, M.J.; QUINEEY, H.A.; GILLIS, R.; THOMPSON, C.R. Left ventricular morphology in junior and master resistance trained athletes. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 31, p. 349-352, 2000.
28. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Applied Body Composition Assessment**. Champaign: Human Kinetics, 1996.
29. HOLLMANN, W.; FRENKEL, R.; BERTEAU, P.; ROST, R. The Cardiovascular System. In: Drix, A.; Knuttgen, H. G.; Tittel, K. (eds). **The Olympic Book of Sports Medicine**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988. p. 40-48.
30. HOLLMANN, W.; ROST, R.; MEIRLEIR, K. D.E.; LIESEN, H.; HECK, H.; MADER, A. Cardiovascular effects of extreme physical training. **Acta Medica Scandinavica**, v. 711, suppl., p. 193-203, 1986.
31. HOUNKER, M.; KÖNIG, D.; KEUL, J. 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**, v. 17, suppl., p. 173-179, 1996.
32. HOROWITZ, E.S.K. **Função Diastólica Ventricular Esquerda, Hipertensão Arterial Sistêmica e Nefropatia de Refluxo na Infância: Um estudo controlado Doppler–ecocardiográfico**, 1997, 131(f), Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Medicina Área de Concentração: Cardiologia. Instituto de Cardiologia do RGS. Fundação universitária de Cardiologia, Porto Alegre.
33. HUMPHRIES, M.C.; GUTIN, B.; BARBEAU, P.; VEMULAPALLI, S.; ALLISON, J.; OWENS, S. Relations of adiposity and effects of training on left ventricle in obese youths. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 34, p. 1428-1435, 2002.
34. HUSTON, T.P.; PUFFER, J.C.; MACMILLAN, R. The athletic heart syndrome. **New England Journal of Medicine**, v. 313, p. 24-32, 1985.
35. JANZ, K.F.; DAWSON, J.F.; MAHONEY, L.T. Predicting heart growth during puberty: The muscatine study. **Pediatrics**, v. 105, n.5,e63, 2000.

36. LARSEN, S.E.; HANSEN, H.S.; FROBERG, K.; NIELSEN, J.R. Left Ventricular Structure and Function in young elite cyclists. **Pediatric Exercise and Science**, v. 12, p. 382-387, 2000.
37. MANOLAS, V.M.; PAVLIK, G.; BÁNHEGYI, A.; FALUDI, J.; SIDÓ, Z.; OLEXÓ, Z. 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, 2001.
38. MARON, J.B. Structural features of athlete heart as defined by echocardiography. **Journal of American College Cardiology**, v. 7, p. 190-203, 1986.
39. MARON, B.J.; PELLICCIA, A.; SPATARO, A.; GRANATA, M. Reduction in left ventricular wall thickness after deconditioning in highly trained Olympic athletes. **British Heart Journal**, v. 69, p. 125-128, 1993.
40. MCDICKEN, W.N.; HOSKINS, P.R.; MORAN, C.M.; SUTHERLAND, G.R. New technology in echocardiography I: Doppler techniques. **Heart**, v. 75, Supp 2, p. 75-81, 1996.
41. MEDVED, R.; FABEČIĆ-SABADI, V.; MEDVED, V. Echocardiographic findings in children participating in swimming training. **International Journal of Sports Medicine**, v. 7, p. 94-99, 1986.
42. MENAPACE, F.J.; HAMMER, W.J.; RITZER, T.F.; KESSLER, K.M.; WARNER, H.F.; SPANN, J.F.; BOVE, A.A. Left Ventricular size in competitive weight lifters: an echocardiographic study. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 14, p. 72-75, 1982.
43. MÖCKEL, M.; STÖRK, T. Diastolic function in various forms of left ventricular hypertrophy: contribution of active Doppler stress echo. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, suppl., p. 184-190, 1996.
44. MORCERF, F.A. **Ecocardiografia Uni-bidimensional e Doppler**. Rio de Janeiro: Revinter, 1990.

45. MORGANROTH, J.; MARON, B.J.; HENRY, W.L.; EPSTEIN, S.E. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. **Annals Internal Medicine**, v. 82, p. 521-524, 1975.
46. NISHIMURA, R.A. AND APPLETON, C.P. "Diastology": Beyond E and A. **Journal American College of Cardiology**, v. 27, p. 372-374, 1996.
47. NUDEL, D.B.; HASSET, I.; GURIAN, A.; DIAMANT, S.; WEINHOUSE, E.; GOOTMAN, N. Young long distance runners. Physiological and psychological characteristics. **Clinical Pediatrics**, v. 28, p. 500-505, 1989.
48. OBERT, P.; STECKEN, F.; COUTREIX, D.; LECCOQ, A-M, GUENON, P. Effect of long-term intensive training of left ventricular structure and diastolic function in prepubertal children. **International Journal of Sports Medicine**, v. 19, p. 149-154, 1998.
49. OBERT, P.; MANDIGOUT, S.; VINET, A.; N'GUYEN, L.D.; STECKEN, F.; COURTEIX, D. Effect of aerobic training and detraining on left ventricular dimensions and diastolic function in prepubertal boys and girls. **International Journal of Sports Medicine**, v. 22, p. 90-96, 2001.
50. ÖZER, S.; ÇIL, E.; BALTACI, G.; ERGUN, N.; ÖZME, S. Left ventricular structure and function by echocardiography in childhood swimmers. **Japanese Heart Journal**, v. 35, p. 295-300, 1994.
51. PALAZZOULI, A.; PUC CETTI, L.; PASTORELLI, M.; PASQUI, A.L.; AUTERI, A.; BRUNI, F. Transmitral and pulmonary venous flow study in elite male runners and Young adults. **International Journal of Cardiology**, v. 84, p. 47-51, 2002.
52. PALKA, P.; LANGE, A.; NIHOYANNOPOULOS, P. The effect of long-term training on age related left ventricular changes by Doppler myocardial velocity gradient. **The American Journal of Cardiology**, v. 84, p. 1061-1067, 1999.
53. PARKER, B.M.; LANDEREE, B.R.; CUP, G.V.; DUBIEL, J.P. The noninvasive cardiac evaluation of long distance runners. **Chest**, v. 73, p. 376-381, 1978.

54. PAVLIK, G.; OLEXÓ, Z.; BÁNHEGYI, A.; SIDÓ, Z.; FRENKL, R. Doppler echocardiographic examinations in the assessment of the athletic heart. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 86, p. 7-22, 1999.
55. PAVLIK, G.; OLEXÓ, Z.; BÁNHEGYI, A.; SIDÓ, Z.; FRENKL, R. Gender differences in echocardiographic characteristics of athletic heart. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 86, p. 273-278, 1999.
56. PAVLIK, G.; OLEXÓ, Z.; OSVÁTH, P.; SIDÓ, Z.; FRENKL, R. Echocardiographic characteristics of male athletes of different age. **British Journal Sports Medicine**, v. 35, p. 95-99, 2001.
57. PELLICCIA, A.; MARON, B.J.; SPATARO, A.; PROSCHAN, M.A.; SPIRITO, P. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. **The New England Journal of Medicine**, v. 324, p. 295-301, 1991.
58. PELLICCIA, A. Determinations of morphologic cardiac adaptation in elite athletes: the role of athletic training and constitutional factors. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, p. 157-163, 1996.
59. PELLICCIA, A.; MARON, B.J.; CULASSO, F.; SPATARO, A.; CASELLI, G. Athlete's Heart in women. Echocardiographic characterization of highly trained elite female athletes. **Journal of the American Medical Association**, v. 276, p. 211-215, 1996.
60. PELLICCIA, A.; CULASSO, F.; DI PAOLO, F.M.; MARON, B. Physiologic left ventricular dilatation in elite athletes. **Annals of Internal Medicine**, v. 130, p. 23-31, 1999.
61. PLUIM, B.M.; ZWINDERMANN, A.H.; VAN DER LAARSE, A.; VAN DER WALL, E.E. The athlete's Heart: A meta-analysis of cardiac structure and function. **Circulation** 1999; 100:336-334.
62. PUFFER, J.C. The Athletic Heart Syndrome. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 30, p. 41-47, 2002.

63. RAPEZZI, V.E.; BINETTI, G.; FERLITO, M.; MAIELLO, L.; TARTAGNI, F.; BACCHI, R.M.L.; ORTOLANI, P.; MAGNANI, B. Analysis of diastolic function of the left ventricle by Doppler echocardiography in athletes engaged in competitive sports activities. **Cardiologia**, v. 34, p. 855-860, 1989.
64. RISH, W.D.; KOUBENEC, H-J.; BECKMANN, U.; LANGE, S.; GAUER, O.H. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution and heart rate in man. **Pfugers Arch**, v. 374, p. 115-118, 1978.
65. ROESK, W.R.; O'ROURKE, R.A.; KLEIN, A.; LEOPOLD, G.; KARLINER, J.S.; Noninvasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athletes. **Circulation**, v. 53, p. 286-292, 1976.
66. ROST, R.; HOLLMANN, W. Athlete's heart, a review of its historical assessment and new assessment and new aspects. **International Journal of Sports Medicine**, v. 4, p. 147-165, 1983.
67. ROWLAND, T.W.; DELANEY, B.C.; SICONOLFI, S.F. "Athlete's Heart" in prepuberal children. **Pediatrics**, v. 79, p. 800-804, 1987.
68. ROWLAND, T.W.; UNNITHAN, V.B.; MACFARLANE, N.G.; GIBSON, N.G.; PATON, J.Y. Clinical manifestations of the "athlete's heart" in prepuberal male runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 15, p. 515-519, 1994.
69. ROWLAND, T.W.; GOFF, D.; POPOWSKI, B.; DE LUCA P, FERRONE L. Cardiac Responses to Exercise in Child Distance Runners. **International Journal of Sports Medicine**, V. 19, p. 385-390, 1998.
70. SAHN, D.J.; DEMARIA, A.; KISSLO, J.; WEYMAN, A.: COMMITTEE ON M-MODE STANDARDIZATIONS OF THE AMERICAN SOCIETY OF ECHOCARDIOGRAPHY. Recommendations regarding quantitation in m-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. **Circulation**, v. 58, p. 1072-1083, 1978.

71. SCHANNWELL, C.M.; SCHNEPPENHEIM, M.; PLEHN, G.; MARX, R.; STRAUER, B.E. Left ventricular diastolic function in physiologic and pathologic hypertrophy. **American Journal of Hypertension**, v. 15, p. 513-517, 2002.
72. SHEPHARD, R.J. The athlete's heart: is big beautiful? **British Journal Sports Medicine**, v. 30, p. 5-10, 1996.
73. SCHILLER, N.B.; SHAH, P.M.; CRAWFORD, M.; DEMARIA, A.; DEVEREUX, R.; FEIGENBAUM, H.; GUTGESEL, H.; REICHELK, N.; SAHN, D.; SCHNITTGER, I.; SILVERMAN, N.H.; TAJIK, J. AMERICAN SOCIETY OF ECHOCARDIOGRAPHY COMMITTEE ON STANDARDS, SUBCOMMITTEE ON QUANTITATION OF TWO-DIMENSIONAL ECHOCARDIOGRAMS. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. **Journal of the American Society of Ecocardiography**, v. 2, p. 358-367, 1989.
74. SCHILLER, N.B.; FOSTER, E. Analysis of Left Ventricular systolic function. **Heart**, 75, Supp 2, p. 17-26, 1996.
75. SHAPIRO, L.M.; SMITH, R.G. Effect of training on left ventricular structure and function, an echocardiographic study. **British Heart Journal**, v. 50, p. 534-539, 1983.
76. SPIRITO, P.; PELLICCIA, A.; PROSCHAN, M.A.; GRANATTA, M.; SPATARO, A.; BELLONE, P. Morphology of the "Athlet's Heart" assessed by echocardiography in 974 elite athletes representing 27 sports. **The American Journal of Cardiology**, v. 74, p. 802-806, 1994.
77. TEJERO M. Y.; LENGUAS, J.A.C. Prevalencia de reacciones hipertensivas durante el esfuerzo en grupo de deportistas varones jóvenes sanos. Relación con la masa ventricular izquierda e implicaciones clínicas prospectivas. **Revista Española de Cardiología**, v. 49, p. 104-110, 1996.
78. TELFORD, R.D., McDONALD, I.G., ELLIS, L.B., CHENNELS, M.H.D., SANDSTROM, E.R., FULLER, P.J. Echocardiographic dimensions in trained and untrained 12-year-old boys and girls. **Journal of Sports Sciences**, v. 6, p. 49-47, 1988.

79. TURPEINEN, A.K.; KUIKKA, J.T.; VANNINEN, E.; VAINIO, P.; VANNINEN, R.; LITMANEN, H.; KOIVISTO, V.A.; BERGSTRÖM, K.; USITUPA, M.I.J. Athletic Heart: a metabolic, anatomical, and functional study. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 28, p. 33-40, 1999.
80. TRIPOSKIADIS, F.; GHIOKAS, S.; SKOULARIGIS, I.; KOTSAKIS, A.; GIANNAKOULIS, I.; THANOPOULOS, V. Cardiac adaptation to intensive training in prepuberal swimmers. **European Journal of Clinical Investigation**, v. 32, p. 16-23, 2002.
81. TELFORD, R.D.; MACDONALD, I.G.; ELLIS, L.B.; CHENNELS, M.H.D.; SANDSTROM, E.R.; FULLER, P.J. Echocardiographic dimensions in trained and untrained 12-year-old boys and girls. **Journal of Sports Sciences**, v. 6, p. 49-57, 1988.
82. YAMAMOTO, K.; REDFIELD, M.M.; NISHIMURA, R.A. Analysis of left ventricular diastolic function. **Heart**, v. 75, supl 2, p. 27-35, 1996.
83. URHAUSEN, A.; MONZ, T.; KINDERMANN, W. The athlete's heart of the rower. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, p. 57, 1996a.
84. URHAUSEN, A.; MONZ, T.; KINDERMANN, W. Sports-specific adaptation of left ventricular muscle mass in athlete's heart. I. An echocardiographic study with combined isometric and dynamic exercise trained athletes (male and female rowers). **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, suppl., p. 145-151, 1996b.
85. URHAUSEN, A.; MONZ, T.; KINDERMANN, W. Sports-specific adaptation of left ventricular muscle mass in athlete's heart. II. An echocardiographic study with 400-m runners and soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, suppl., p. 145-151, 1996c.
86. URHAUSEN, A.; KINDERMANN, W. Sports-Specific Adaptations and Differentiation of the Athlete's Heart. **Sports Medicine**, v. 28, p. 237-44, 1999.
87. WEYMAN, A.E. **Cross-Sectional Echocardiography**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1982.

88. VINEREAU, D.; FLORESCU, N.; SCULTHORPE, N.; TWEDDEL, A.C.; STEPHENS, M.; FRASER, A.G. Differentiation between pathologic and physiologic left ventricular hypertrophy by tissue Doppler assessment of long-axis function in patients with hypertrophic cardiomyopathy or systemic hypertension and in athletes. **The American Journal of Cardiology**, v. 88, p. 53-58, 2001.

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Estamos realizando um estudo que será realizado com as crianças atletas de natação do Grêmio Náutico União que visa conhecer melhor o funcionamento do coração da criança que pratica esporte competitivo. O estudo será realizado no Serviço de Cardiologia Pediátrica do Instituto de Cardiologia/Fundação Universitária de Cardiologia e no Laboratório de Pesquisa do Exercício/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPEX/UFRGS)

O você seguirá os seguintes passos:

- Avaliação de peso, altura, envergadura e dobras cutâneas, realizado pela autora do projeto.
- Avaliação Clínica, composta de exame físico e medida de pressão arterial, e Eletrocardiograma de repouso, será realizado no ambulatório de Cardiologia Pediátrica do Instituto de Cardiologia em data, durante os dias úteis, a ser agendada com a autora do projeto.
- Ecocardiografia (exame que visualiza o coração), será realizada no Instituto de Cardiologia aos sábados em data a ser agendada com a autora do projeto e os familiares do atleta participante.

Fica garantido que:

- Não haverá custo aos participantes.
- Os procedimentos são indolores e não apresentam riscos.
- Os dados da pesquisa serão utilizados apenas pelos pesquisadores, mantendo-se confidenciais os achados e nomes dos participantes e os achados utilizados apenas em publicações científicas.
- Os participantes receberão os resultados e a interpretação dos mesmos.
- Os participantes poderão decidir excluir-se do estudo a qualquer momento.

TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Ciente dos procedimentos e etapas do estudo, o abaixo assinado e identificado, sob a responsabilidade do médico que assina este documento, declara ter recebido clara e completa explicação sobre a pesquisa acima mencionada a que se submete de livre e espontânea vontade, reconhecendo que:

1ª) Foram explicadas as justificativas e objetivos da pesquisa.

2ª) Foram explicados os procedimentos realizados.

3ª) Foram descritos os benefícios que poderão ser obtidos.

4ª) Foi dada a garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa.. Caso tiver novas perguntas sobre este estudo, sobre meus direitos como participante do mesmo ou se penso que fui prejudicado pela minha participação, posso comunicar-me com a médica Rosemary Petkowicz no telefone 3336-9682.

5ª) Foi dada a liberdade de retirar o meu consentimento a qualquer momento e meu filho/a deixar de participar deste estudo, sem que isso traga prejuízo à continuação de seu cuidado/treinos.

6ª) Foi dada a garantia de não ser identificado e ser mantido em caráter confidencial de informação em relação a privacidade de meu filho/a.

7ª) Foi assumido o compromisso de proporcionar-me informação obtida durante este estudo, ainda que possa afetar a minha vontade de continuar participando..

8ª) Foi garantido que não terei gastos adicionais.

9ª) Estou ciente que não existe riscos para meu filho/a em participar desta pesquisa.

10ª) Assino o presente documento em duas vias de igual teor, ficando uma em minha posse.

A minha assinatura neste Consentimento Livre e Esclarecido dará autorização a utilizarem os dados obtidos quando se fizer necessário, incluindo a divulgação dos mesmos, sempre preservando a privacidade do meu filho/a.

Porto Alegre, ____ de _____ de _____.

Nome: _____

Assinatura do pai/ mãe ou responsável: _____

Assinatura do médico responsável, CREMRS N^o: 19757: _____

ANEXO II

FICHA DE AVALIAÇÃO DE SAÚDE E ANTROPOMETRIA

Nome: _____

Data Nascimento Idade (dez/02): ___/___/___

Endereço: _____

Telefone: _____

Escola: _____

Participa das aulas de educação física? () sim () não

Número de períodos por semana: Duração de cada período: _____

Realiza algum esporte extra-classe? () sim () não

Qual? _____

Quantas vezes por semana: Duração cada treino: _____

História Pgressa

Menarca (somente para meninas): _____

Dados de Exame Físico

PA: FC repouso: Ausc. Cardíaca:

Peso	
Altura	
Envergadura	

Dobras Cutâneas (mm) & Diâmetros (cm):

Tríceps	
Subescapular	
Abdomen	
Suprailíaca	
Coxa	
Biestilóide	
Bicond.femoral	

