



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

Relatório de Projecto-Estágio

Maria Helena Lopes de Almeida

Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção
Cardiovascular

Lisboa, 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

Relatório de Projecto-Estágio

Maria Helena Lopes de Almeida

Orientador(a):

Dr.^a Susana Martins

Centro Hospitalar Lisboa Norte, EPE

JÚRI:

Professor Doutor Fausto Pinto

Professora Manuela Fiúza

Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção
Cardiovascular

Lisboa, 2012

Parte I

Avaliação ecocardiográfica da função sistólica ventricular direita em doentes com disfunção ventricular esquerda: parâmetros convencionais versus strain bidimensional

Parte II

Relatório de estágio

Parte I

Avaliação ecocardiográfica da função sistólica ventricular direita em doentes com disfunção ventricular esquerda: parâmetros convencionais versus strain bidimensional



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

Avaliação ecocardiográfica da função sistólica
ventricular direita em doentes com disfunção
ventricular esquerda: parâmetros convencionais
versus strain bidimensional

Maria Helena Lopes de Almeida

Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção
Cardiovascular

Lisboa, 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

Avaliação ecocardiográfica da função sistólica
ventricular direita em doentes com disfunção
ventricular esquerda: parâmetros convencionais
versus strain bidimensional

Maria Helena Lopes de Almeida

Orientador(a):

Dr.^a Susana Martins

Centro Hospitalar Lisboa Norte, EPE

Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção
Cardiovascular

Lisboa, 2012

Dedicatória

À minha querida MÃE e Avó (em *memorium*) pelo carácter e dignidade que conseguiram inculcar-me:

Muito obrigada.

À minha Família, aqueles que quero agradecer sabem quem são:

Desculpem a falta de paciência...

Aos meus Amigos que me ajudaram quando já estava para desistir desta longa caminhada:

Obrigada pelo apoio, sem vocês não seria possível.

Agradecimentos

À Dr.^a Susana Martins pela disponibilidade e paciência que teve comigo. Além de Amiga e orientadora deste trabalho considero-a um exemplo de integridade e profissionalismo.

Ao Dr. Luís Santos que também contribuiu para a realização deste trabalho, mas principalmente agradeço-lhe a confiança que teve em me convidar para integrar a equipa de profissionais que colaboram na consulta de insuficiência cardíaca do C.H.B.M., EPE, proporcionando-me condições para desenvolver este trabalho.

Ao Dr. João Tavares, Director do Serviço de Cardiologia do C.H.B.M., EPE, por me considerar capaz de levar esta tarefa até ao fim, dando-me todo o seu apoio.

À Dr.^a Filomena Caetano, Directora do Laboratório de Ecocardiografia do C.H.B.M., EPE, pelo facto de me abrir portas para a aprendizagem de uma nova técnica ecocardiográfica.

Aos meus colegas, Técnicos (as) de Cardiopneumologia que directa ou indirectamente contribuíram para que este trabalho fosse possível.

Resumo

Introdução: Uma das principais causas de insuficiência cardíaca é a disfunção ventricular esquerda e esta por sua vez de insuficiência cardíaca direita. A análise da função sistólica do ventrículo direito (VD) sempre foi um grande desafio para a ecocardiografia. A excursão sistólica do anel tricúspide (TAPSE) e a velocidade da onda S' do anel tricúspide obtida por *Doppler* tecidual são dois dos parâmetros ecocardiográficos mais utilizados na avaliação da função sistólica do VD. No entanto, são influenciados por alterações de pré e pós carga. Com o desenvolvimento de técnicas quantitativas de avaliação da deformação miocárdica, em especial da técnica de *speckle tracking*, surgiu uma nova aplicação para a avaliação da função sistólica do VD.

Objectivos: Descrever a disfunção sistólica ventricular direita sub-clínica identificada pela técnica de *strain* bidimensional (*speckle tracking*) em indivíduos com disfunção ventricular esquerda significativa.

Metodologia: Estudo prospectivo, transversal de tipologia **descritivo/comparativo**. Foram estudados 2 grupos: indivíduos com disfunção sistólica ventricular esquerda (DSVE) e indivíduos saudáveis (grupo de controlo), tendo sido avaliados vários parâmetros ecocardiográficos (convencionais e o *strain* longitudinal regional e global do VD).

Com base nos valores de referência de normalidade dos parâmetros ecocardiográficos convencionais (TAPSE e onda S') foram criados dois sub-grupos: com e sem disfunção sistólica ventricular direita (DSVD), a partir do grupo com DSVE. Por fim foi criado um *cut-off* de normalidade, a partir do grupo de controlo, tendo sido aplicado ao sub-grupo **sem DSVD**, para se detectar **DSVD sub-clínica**.

Na análise estatística comparativa foi utilizado o teste de *t Student*.

Resultados: Foram estudados 32 indivíduos com DSVE (56±9; 84,4% homens) e 26 indivíduos pertencentes ao grupo de controlo (52±12; 38,5% homens).

O grupo com DSVE encontrava-se na sua maioria em classe funcional II da New York Heart Association e a fracção de ejeção variava entre 31,09±5,95. Na análise comparativa entre os 2 grupos foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros de deformação longitudinal regional e global, pressão sistólica da artéria

pulmonar e diâmetro basal do VD ($P < 0,05$). Os valores de deformação global e regional do VD foram significativamente inferiores no grupo com DSVE versus grupo de controlo ($-13,55 \pm 5,22\%$ vs $-20,54 \pm 5,51\%$).

Após a aplicação do *cut-off* no sub-grupo **sem disfunção do VD**, foram identificados 87,5% (21/24) indivíduos com compromisso ventricular direito.

Considerações finais: O estudo da deformação longitudinal no grupo com DSVE permitiu detectar o compromisso sistólico do VD, que não foi reconhecido por parâmetros ecocardiográficos convencionais. O *strain* bidimensional permite detectar precocemente e de uma forma mais precisa a disfunção ventricular direita, sendo que a utilização sistemática desta metodologia de diagnóstico poderá implicar estratégias terapêuticas mais agressivas e melhor estratificação de risco nesta população.

Palavras-chave: Insuficiência cardíaca, Disfunção ventricular esquerda, Disfunção ventricular direita, Speckle tracking, Ecocardiografia.

Abstract

Introduction: One of the main causes of the heart failure is the left ventricular dysfunction and due to this the right heart failure. Systolic function of the right ventricle (RV) analysis was always a big challenge to the echocardiography. Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) and systolic wave velocity of the tricuspid annular plane measured by tissue Doppler imaging (S'wave) are two echocardiography parameters most used in the right ventricular function study. However, they are influenced by preload and after load. With the development of quantitative techniques analysis of the myocardial deformation, especially the speckle tracking came out a new application for the study of the right ventricular systolic function.

Aim: Describing the sub-clinical right ventricular dysfunction identified by the two-dimensional strain technique (speckle tracking) in individuals with left ventricular dysfunction.

Methodology: Transversal, prospective study of descriptive/comparative typology. Two groups were studied: individuals with left ventricular systolic dysfunction (LVSD) and healthy individuals having been assessed various echocardiography parameters (conventional, the global and regional longitudinal strain of the RV). Based on cut-off values of conventional echocardiography parameters (TAPSE and S' wave) two sub-groups were obtained: with and without right ventricular systolic dysfunction (RVSD) from the LVSD group.

Finally, it was obtained a cut-off value, from the control group, and it was applied to the sub-group without RVSD, in order to detect sub-clinical right ventricular dysfunction.

The values were compared using the Student t.

Results: 32 individuals with LVSD (56±9; 84,4% Male) and 26 individuals of the control group (52±12; 38,5% Male) were studied. The most part of the New York Heart Association group with LVSD was in functional class II and the ejection fraction ranged between 31,09±5,95. In the comparative analysis between the two groups were found significant differences in the parameters of global and regional longitudinal deformation, systolic pulmonary artery pressure and basal diameter of RV ($p < 0,05$).

The global and regional values of the RV deformation was significantly lower in the group with LVSD versus in the control group (-13,55±5,22% vs. -20,54±5,51%).

After the cut-off application in the sub-group without right ventricular dysfunction, 87,5% (21/24) individuals with right ventricular commitment were identified.

Final considerations: The study of the longitudinal deformation in the group with LVSD allowed the detection of the right ventricular commitment, which was not recognized by conventional echocardiography parameters. The two-dimensional strain allows identifying precociously and in a more precise way the right ventricular dysfunction, being possible that the systematic using of this diagnose methodology may imply more aggressive therapeutic strategies and better risk stratification in this population.

Keywords: Heart failure, left ventricular dysfunction, sub-clinical right ventricular dysfunction, Speckle tracking, echocardiography.

Índice

| | |
|---|----|
| 1.Introdução..... | 1 |
| 2. Enquadramento teórico..... | 5 |
| 2. 1 Insuficiência cardíaca- Definição, Etiologia e Prevalência..... | 5 |
| 2.2 Sintomatologia e classificação da NYHA..... | 6 |
| 2.3 Estudo ecocardiográfico da função sistólica ventricular esquerda..... | 7 |
| 2.3.1 Ecocardiografia convencional..... | 7 |
| 2.3.2 Ecocardiografia avançada..... | 9 |
| 2. 4 Ventrículo direito..... | 10 |
| 2.4.1 Anatomia e fisiologia do ventrículo direito..... | 10 |
| 2.4.2 Estudo ecocardiográfico da função sistólica ventricular direita..... | 12 |
| 2.4.2.2 <i>Speckle tracking</i> – princípios da técnica e limitações..... | 20 |
| 2.4.2.2.1 <i>Strain</i> bidimensional na avaliação da função sistólica ventricular direita..... | 21 |
| 3. Metodologia..... | 23 |
| 3.1 Objectivos do estudo..... | 23 |
| 3.2 Tipologia do estudo e método..... | 24 |
| 3.3 População e amostra..... | 24 |
| 3.3.1 Critérios de inclusão da amostra..... | 25 |
| 3.3.2 Critérios de exclusão da população alvo..... | 26 |
| 3.4 Dimensões e categorias..... | 26 |
| 2.4.1 Variáveis..... | 27 |
| 3.5 Instrumento de recolha de dados..... | 28 |
| 3.5.1 Pré-teste..... | 28 |
| 3.5.2 Procedimento de recolha de dados..... | 29 |
| 3.6 Tratamento e análise estatística..... | 32 |
| 3.7 Considerações Éticas e Legais..... | 33 |
| 4. Resultados..... | 35 |
| 4.1 Características demográficas e clínicas da amostra..... | 35 |
| 4.2 Ecocardiografia convencional..... | 40 |

| | |
|---|----|
| 4.3 Deformação miocárdica longitudinal..... | 42 |
| 4.3.1 Definição de sub-grupos..... | 43 |
| 4.3.2 Definição de <i>cut-off</i> para a variável <i>strain</i> longitudinal global | 44 |
| 4.3.2.1 Aplicação do <i>cut-off</i> | 45 |
| 4.4 <i>Strain</i> longitudinal global e Classe funcional da NYHA | 46 |
| 5. Discussão | 47 |
| 5.1 Limitações | 51 |
| 6. Considerações Finais | 52 |
| Bibliografia | 54 |
| ANEXO 1 | 62 |
| ANEXO 2 | 64 |
| APÊNDICE I | 66 |
| APÊNDICE II | 67 |
| APÊNDICE III | 69 |
| APÊNDICE IV | 70 |
| APÊNDICE V | 71 |

Índice de Tabelas, Figuras e Gráficos

| | |
|--|----|
| Tabela 3.1: Variáveis demográficas e de caracterização clínica | 27 |
| Tabela 3.2: Variáveis ecocardiográficas da Categoria “ Disfunção sistólica ventricular | 27 |
| Tabela 3.3: Variáveis ecocardiográficas caracterizantes do ventrículo direito | 27 |
| Tabela 3.4: Variáveis ecocardiográficas da Categoria “Estudo da função sistólica ventricular esquerda” | 28 |
| Tabela 4.1: Fração de ejeção versus classe da NYHA | 37 |
| Tabela 4.2: Parâmetros ecocardiográficos convencionais | 41 |
| Tabela 4.3: Pico sistólico de <i>strain</i> longitudinal..... | 42 |
| Tabela 4.4: Distribuição do <i>Strain</i> longitudinal global | 43 |
| Tabela 4.5: Definição de <i>cut-off</i> na variável <i>strain</i> longitudinal global..... | 44 |
| Tabela 4.6: Distribuição do número de indivíduos com compromisso do VD..... | 45 |
| Tabela 4.7: <i>Strain</i> longitudinal global versus classe da NYHA..... | 46 |
| | |
| Figura 2.1: Anatomia do ventrículo direito..... | 10 |
| Figura 2.2: A- Cálculo do índice de Tei por D. Pulsado; B- Cálculo do índice de Tei por <i>Doppler</i> | 14 |
| Figura 2.3: Cálculo do dp/dt | 14 |
| Figura 2.4: Cálculo da onda S’ do anel tricúspide: <i>Doppler</i> tecidual (esquerda) e <i>Doppler</i> tecidual codificado a cor..... | 15 |
| Figura 2.5: Medição da excursão sistólica do anel tricúspide por Modo-M | 16 |
| Figura 2.6: <i>Strain</i> bidimensional longitudinal e global do ventrículo direito. | 17 |
| Figura 2.7: Representação esquemática da técnica de <i>speckle tracking</i> | 20 |
| Figura 3.1: Fluxograma do processo de tratamento de dados..... | 32 |
| | |
| Gráfico 4.1: IDADE – Distribuição de frequências relativas | 35 |
| Gráfico 4.2: SEXO – Distribuição de frequências relativas | 36 |
| Gráfico 4.3: RAÇA – Distribuição de frequências relativas | 36 |
| Gráfico 4.4: ETIOLOGIA – Distribuição de frequências relativas..... | 37 |
| Gráfico 4.5: IDADE – Distribuição de frequências relativas | 38 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 4.6: SEXO – Distribuição de frequências relativas | 39 |
| Gráfico 4.7: RAÇA – Distribuição de frequências relativas | 39 |
| Gráfico 4.8: Regurgitação tricúspide – Distribuição de frequências relativas..... | 40 |
| Gráfico 4.9: Alteração de relaxamento do ventrículo esquerdo – Distribuição de frequências relativas | 40 |
| Gráfico 4.10: Padrão restritivo do ventrículo esquerdo – Distribuição de frequências relativas | 41 |

Lista de siglas e abreviaturas

IC – Insuficiência cardíaca

VD – Ventrículo direito

ICE – Insuficiência cardíaca esquerda

VE – Ventrículo esquerdo

FSVD – Função sistólica ventricular direita

DSVE – Disfunção sistólica ventricular esquerda

TAPSE – Excursão sistólica do plano do anel tricúspide

ST – Speckle tracking

US – Ultra-sons

SIV – Septo interventricular

DSVD – Disfunção sistólica ventricular direita

2D – Bidimensional

HTA – Hipertensão arterial

DAC – Doença arterial coronária

ICFEP – Insuficiência cardíaca com fracção de ejeção preservada

ICFER – Insuficiência cardíaca com fracção de ejeção reduzida

FE – Fracção de ejeção

NYHA – New York Heart Association

DT – Doppler tecidual

TE – Tracto de entrada

TS - Tracto de saída

ICD – Insuficiência cardíaca direita

RMC – Ressonância magnética cardíaca

IT – Índice de Tei

PLSS – Pico longitudinal de strain sistólico

1.Introdução

A insuficiência cardíaca (IC) consiste numa síndrome que ocorre em indivíduos que devido a alguma anomalia cardíaca estrutural ou funcional, herdada ou adquirida, desenvolvem um conjunto de sintomas (dispneia e fadiga) e sinais (edema, fevres) clínicos consecutivos à falência hemodinâmica. ⁽¹⁾

Como resultado do envelhecimento da população e do desenvolvimento dos cuidados de saúde, a IC é uma patologia cada vez mais identificada e frequente, tendo uma prevalência crescente em todo o mundo e atingindo 1 a 2% da população nos países desenvolvidos. ^{(2) (3)}

O tratamento desta síndrome complexa e progressiva está focado em estádios sintomáticos, muitas vezes tardiamente pois pode já ter ocorrido *remodeling* ventricular e alterações funcionais irreversíveis, sendo fatal na ausência de transplante cardíaco. ⁽⁴⁾ Trata-se então, de uma patologia com mau prognóstico, em que alterações na morfologia e função do ventrículo direito (VD) têm um contributo importante para a instabilidade hemodinâmica, aumento do risco e pior prognóstico. ^{(5) (6) (7)}

A disfunção ventricular esquerda pode, através de múltiplos processos (aumento da pressão venosa pulmonar e conseqüentemente da pressão sistólica arterial pulmonar, diminuição da perfusão coronária direita, entre outros) afectar a contractilidade do VD que pode constituir o caminho comum final na progressão da IC e pelo que é um indicador bastante sensível e relevante inerente á descompensação ou mau prognóstico. ^{(8) (9)} Deste modo, a melhoria da função do VD durante o tratamento intensivo da IC está associado a melhores resultados, sendo que o diagnóstico e quantificação precoce da disfunção ventricular direita são de extrema importância no tratamento desta síndrome. ^{(10) (11) (12)}

Durante muitos anos, o estudo ecocardiográfico da população com insuficiência cardíaca esquerda (ICE) centrou-se sobretudo na avaliação morfológica e funcional das cavidades esquerdas, especialmente no estudo da função sistólica do ventrículo esquerdo, estando o impacto da sua redução e os seus resultados bem demonstrados na literatura. ⁽¹³⁾

Por outro lado, o estudo ecocardiográfico do VD foi em muito ultrapassado pelo ventrículo esquerdo (VE), devido ao facto da sua avaliação ecocardiográfica ser dificultada, não só pela geometria complexa, mas também pela sua proeminente trabeculação. Acresce ainda o facto da visualização do VD ser por vezes incompleta, sendo necessário mais que uma técnica de imagem para a sua correcta avaliação morfológica e funcional. ^{(14) (15) (16)}

Contudo, o VD é fundamental na manutenção da estabilidade hemodinâmica e adequação do débito cardíaco, e estudos recentes mostraram a importância fulcral da manutenção da função sistólica ventricular direita (FSVD) no decurso de doenças cardiovasculares graves. ^{(4) (17) (18)}

Spiranova et al. compararam parâmetros ecocardiográficos em doentes com disfunção sistólica de ambos ventrículos com os de doentes com disfunção sistólica ventricular esquerda (DSVE) isolada e concluíram que a presença de disfunção ventricular direita correlaciona-se com resposta hemodinâmica adversa. ⁽¹⁹⁾

Estudos realizados na população com IC demonstraram também que a disfunção sistólica ventricular direita por diferentes técnicas tais como ventriculografia de radionuclídeos, termodiluição e parâmetros ecocardiográficos convencionais era um forte predictor de mortalidade e morbidade. ^{(6) (8)}

Nos últimos anos, temos assistido a um grande avanço no entendimento da importância do contributo do VD para a função cardíaca global, havendo por isso mais interesse no seu estudo e consequentemente no desenvolvimento de técnicas não invasivas para a sua avaliação. ⁽¹⁶⁾

A ecocardiografia, sendo uma técnica de fácil acesso, portátil e não invasiva continua a ser a técnica de imagem mais utilizada na avaliação morfológica e estimativa da função do VD na prática clínica. No entanto, a procura e validação de um índice fidedigno para a determinação da FSVD continua a ser um dos seus grandes desafios. ⁽¹⁾

A excursão sistólica do plano do anel tricúspide (TAPSE) é um dos parâmetros ecocardiográficos convencionais mais atractivo para a estimativa da função do VD devido à sua fácil aquisição, no entanto apresenta algumas limitações, entre elas a dependência do ângulo de incidência e o facto de só analisar a função longitudinal. ⁽²⁰⁾

De forma a ultrapassar as limitações da ecocardiografia convencional, surgiram recentemente novas técnicas ecocardiográficas de avaliação da função ventricular, nomeadamente através da quantificação da deformação miocárdica, baseada na técnica de *speckle tracking* (ST) permitindo o estudo detalhado da função miocárdica global e segmentar bem como identificar alterações numa fase pré-clínica, tornando-se fundamentais no diagnóstico precoce. ^{(20) (21)}

Por se tratar de uma técnica que não depende do ângulo de incidência dos ultra-sons (US) e relativamente independente do *tethering* e translação cardíaca (diferente dos parâmetros obtidos por *Doppler* tecidual) parece ser uma ferramenta muito útil para a avaliação da função ventricular. ^{(17) (22)}

Através desta técnica é possível estudar todas as componentes da deformação ventricular longitudinal, radial e circunferencial do VD.^{(23) (24)}

Contudo, e devido á geometria peculiar do VD, o estudo da deformação radial e circunferencial torna-se difícil, o que faz com que apenas a quantificação da deformação longitudinal da parede livre do VD tenha sido estudada em maior detalhe. A deformação longitudinal é a componente funcional que mais contribui para a sístole ventricular direita. Todavia, apenas tem sido estudada a deformação da parede livre, dispensando através deste método exclusivo de avaliação o contributo do septo interventricular (SIV).^{(25) (26)} Alguns investigadores têm defendido a participação activa do SIV para a preservação da função ventricular direita, sendo por isso extremamente importante a sua avaliação com esta técnica ecocardiográfica recente.⁽²⁵⁾

Pelo atrás exposto, torna-se necessário e pertinente desenvolver uma investigação que procure conhecer e analisar melhor a FSVD avaliada por *ST* em indivíduos com DSVE, o que nos leva à questão de investigação deste trabalho: poderá a avaliação da deformação miocárdica por *ST* detectar a disfunção sistólica ventricular direita (DSVD) sub-clínica em indivíduos com DSVE?

Desta forma, o objectivo geral deste trabalho de investigação consiste em demonstrar a utilidade do *strain* bidimensional (2D), técnica quantitativa de avaliação da deformação miocárdica que utiliza a imagem ecocardiográfica bidimensional (*speckle tracking*), na avaliação precoce da DSVD, correlacionando-o com outros parâmetros de avaliação (excursão sistólica do plano do anel tricúspide e onda S'), desde há muito usados em indivíduos com DSVE.

O presente documento além da introdução, é constituído por 6 capítulos, onde são abordadas as várias vertentes do estudo de investigação realizado.

No primeiro que corresponde á introdução é apresentada uma visão geral sobre o tema em investigação, define-se o problema, justifica-se a realização do estudo, enuncia-se o objectivo geral que guiou o processo de investigação e apresenta-se a estrutura do documento.

No segundo, que trata do enquadramento teórico reporta a fundamentação teórica do estudo de acordo com a bibliografia pesquisada. Este capítulo inicia-se com a definição, etiologia, prevalência e classificação da IC, prossegue com o estudo ultrassonográfico da função sistólica ventricular esquerda; anatomia e fisiologia do VD e termina com o estudo ultrassonográfico da FSVD (parâmetros convencionais e *ST*).

O terceiro capítulo descreve a metodologia aplicada, expondo os objectivos (geral e específicos) e o tipo de estudo; a definição da população alvo e amostra em estudo; a dimensão, categorias e as variáveis estudadas; os instrumentos da recolha de dados, procedimentos e métodos de tratamento de dados e finaliza com apresentação de aspectos éticos e legais.

O quarto capítulo é dedicado à apresentação dos resultados obtidos através da metodologia aplicada, sendo iniciado pela caracterização da amostra seguindo-se no quinto capítulo análise e discussão dos mesmos assim como a apresentação das limitações inerentes a este estudo.

Finalmente, no último capítulo, sexto, apresentam-se as considerações finais bem como sugestões para futuras investigações.

Para a referenciação bibliográfica, utilizou-se neste documento a Norma de Vancouver.⁽²⁷⁾

2. Enquadramento teórico

2. 1 Insuficiência cardíaca- Definição, Etiologia e Prevalência

A IC é uma síndrome complexa e progressiva que pode resultar de alguma alteração cardíaca funcional ou estrutural, e caracteriza-se por uma elevada taxa de mortalidade, hospitalizações frequentes, reduzida qualidade de vida e regime terapêutico vasto e exigente. ^{(1) (28)}

Os sintomas são a melhor forma de caracterizar esta síndrome, constituindo o curso final de uma variedade de doenças cardiovasculares tais como: hipertensão arterial (HTA), doença arterial coronária (DAC), miocardites, etc..., que podem também ser responsáveis pela deteriorização da função sistólica e/ou diastólica do VE bem como do VD ou ambos. ^{(29) (30)}

A IC ocorre em pacientes portadores de alguma anomalia herdada ou adquirida na estrutura e/ou função cardíaca prejudicando o funcionamento fisiológico do coração, enquanto suporte da circulação. Pode desta forma, ocorrer alterações na sua capacidade de enchimento e/ou ejeção, ou seja a função diastólica e sistólica respectivamente. ^{(31) (32)}

Segundo vários autores, e mais recentemente, a avaliação ecocardiográfica da população com IC centra-se na distinção entre indivíduos com IC e fracção de ejeção preservada (ICFEP) e indivíduos com IC e fracção de ejeção diminuída (ICFER), utilizando como parâmetro de definição da função ventricular esquerda o cálculo da fracção de ejeção (FE). ⁽²⁹⁾

No que se refere à etiologia da IC várias são as causas que podem deteriorar a função cardíaca levando a perda ou lesão do músculo cardíaco, tais como a DAC com isquémia aguda ou crónica, maior resistência vascular como a HTA ou desenvolvimento de taquiarritmia. Segundo as recomendações de 2008 da Sociedade Europeia de Cardiologia para o diagnóstico e tratamento da IC, a DAC é de longe a causa mais frequente de doença do miocárdio (70% dos indivíduos com IC); a doença valvular (10%) e as miocardiopatias (10%) são algumas das etiologias que estão na génese da ICE. ⁽²⁹⁾

No entanto, alguns dos casos de ICFER, a sua etiologia não é conhecida. Esses pacientes são referidos como portadores de cardiomiopatia não-isquémica, dilatada ou idiopática. A infecção viral ou a exposição a toxinas (álcool ou quimioterápicos)

também podem levar a cardiomiopatia dilatada e conseqüentemente a desenvolvimento de sinais e sintomas de IC. ⁽³⁾ ⁽³¹⁾

A causa mais comum de IC é a disfunção ventricular esquerda, seja ela sistólica ou diastólica. ⁽³³⁾ Contudo, o aparecimento tardio de disfunção ventricular direita admite-se ser quase inevitável nestas situações.

O envelhecimento da população, a elevada taxa de sobrevivência de doentes com eventos coronários prévios e a contínua implementação de prevenção secundária (retardar eventos coronários graças à prevenção eficaz em indivíduos de alto risco ou que já sobreviveram a um primeiro evento), são factores contributivos para o aumento da prevalência global da IC. ⁽²⁹⁾

Nos países desenvolvidos, a IC afecta 1 a 2% da população adulta e aumenta significativamente com a idade, com prevalência de 10-20% em indivíduos entre os 70-80 anos. ⁽¹⁾ ⁽²⁹⁾

A prevalência da IC em adultos acima dos 65 anos varia entre os 3 a 4%, habitualmente como consequência da DAC ou HTA. ⁽²⁹⁾

Nas faixas etárias mais jovens, a IC afecta mais o sexo masculino (porque a causa mais comum é a DAC) mas com o avançar da idade é igual em ambos os sexos. ⁽¹⁾ ⁽²⁹⁾

Em termos gerais, 50% dos indivíduos com o diagnóstico de IC morrem passados quatro anos. Quarenta por cento dos indivíduos internados com IC morrem ou são sujeitos a novo internamento no prazo de um ano. ⁽²⁹⁾

2.2 Sintomatologia e classificação da NYHA

As principais manifestações desta patologia são a fadiga, a dispneia e a retenção de fluídos (congestão pulmonar e/ou periférica). ⁽¹⁾

A IC é uma alteração progressiva que leva a um quadro clínico de agravamento contínuo, em particular na ausência de tratamento adequado. ⁽⁴⁾ De acordo com a Sociedade Europeia de Cardiologia a IC é uma síndrome na qual os doentes, além de evidência objectiva de anomalia cardíaca, apresentam sinais e sintomas típicos. ⁽²⁹⁾

Existem duas classificações mais comumente utilizadas na IC: a classificação da New York Heart Association (NYHA) que se baseia nos sintomas e capacidade ao exercício e a classificação da American College of Cardiology e American Heart

Association que descreve a IC por estádios com base em alterações estruturais e sintomas. ^{(1) (29)}

A classificação da NYHA é a mais utilizada na prática clínica, trata-se de uma classificação funcional que relaciona a gravidade dos sintomas com actividade física diária, subdividindo-se em quatro classes:

Classe I: não há limitação á actividade física, a actividade física normal não causa fadiga excessiva, palpitações ou dispneia;

Classe II: há restrição ligeira á actividade física, o doente está confortável em repouso mas a actividade física normal provoca fadiga, palpitações ou dispneia;

Classe III: há restrição acentuada da actividade física, confortável em repouso mas actividade física abaixo do normal provoca fadiga, palpitações e dispneia;

Classe IV: incapacidade de realizar qualquer actividade física sem sentir desconforto, sintomas em repouso. Perante a realização de qualquer actividade física o desconforto aumenta. ⁽²⁹⁾

Assim doentes em classe I da NYHA não apresentam restrição ao exercício, no entanto os doentes em classe II, III e IV apresentam respectivamente restrição ligeira, moderada e grave ao exercício. ^{(1) (29)}

De salientar contudo, sintomas severos correlaciona-se inadequadamente com o grau de disfunção do VE e que, embora exista uma relação clara entre a gravidade dos sintomas e a sobrevivência, indivíduos com sintomas ligeiros podem ainda ter um risco absoluto relativamente alto de hospitalização e de morte. ⁽¹⁾

2.3 Estudo ecocardiográfico da função sistólica ventricular esquerda

2.3.1 Ecocardiografia convencional

O estudo ultrassonográfico cardíaco é um exame fundamental não só na avaliação das alterações cardíacas que podem ser causa ou consequência da IC bem como na detecção de disfunção ventricular esquerda. ⁽³¹⁾

A disfunção ventricular ocorre depois de uma qualquer agressão ao miocárdio ventricular e leva progressivamente à dilatação e/ou hipertrofia, processo este que se designa por *remodeling* ventricular. Estas alterações morfológicas do VE levam ao

aparecimento ou agravamento da insuficiência mitral, que por seu lado também promove a dilatação e disfunção contráctil. ⁽³²⁾

A ecocardiografia é uma modalidade de imagem não invasiva, amplamente disponível, segura e de baixo custo que fornece uma vasta informação sobre a anatomia (volumes, geometria, massa), alterações valvulares e função cardíaca (função e contractilidade das paredes do VE, função do VD, pressão da artéria pulmonar e também o estudo do pericárdio), permitindo com elevada sensibilidade e reprodutibilidade o seguimento destes doentes ao longo do tempo. ^{(34) (35)}

Além disso é constituída por um conjunto de modalidades - Modo M, 2D, *Doppler* contínuo, *Doppler* pulsado, *Doppler* codificado a cor e *Doppler* tecidual (DT) - que podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto, com a finalidade de avaliar as alterações estruturais cardíacas, bem como a disfunção ventricular sistó-diastólica. ⁽³⁵⁾

Inicialmente e como só existia o Modo-M, a avaliação da FSVE baseava-se na fracção de encurtamento obtida através de medidas do diâmetro telediastólico menos o diâmetro telesistólico a dividir pelo telediastólico. Com o aparecimento da ecocardiografia 2D passou-se a utilizar também e em alternativa a FE, sem as limitações inerentes às alterações segmentares. ^{(32) (34)}

O principal parâmetro usada para descrever a IC baseia-se historicamente na avaliação da FE do VE, não só, por se tratar de um importante factor prognóstico (baixa FE traduz menor sobrevivência) mas também porque a maioria dos ensaios clínicos seleccionam os doentes com base neste parâmetro (usualmente avaliado por ecocardiografia ou outras técnicas de imagem). ⁽⁵⁾

Segundo as recomendações das Sociedades Americana e Europeia de Ecocardiografia para a quantificação das câmaras cardíacas, na avaliação da função sistólica global do VE é fundamental o cálculo volumétrico da FE em 2D, utilizando o método de *Simpson* biplanar em plano apical de 4 e 2 câmaras. ⁽³⁴⁾

Contudo, este método é relativamente insensível à deformação do ventrículo, quando alterada por dilatações regionais, como pode acontecer em resultado de enfarte do miocárdio (aneurisma) e também apresenta variabilidade inter/intra-observador significativa. ^{(32) (36)}

A determinação da FE por ecocardiografia 2D com recurso ao método de *Simpson* apresenta ainda limitações como a dependência da carga e no que se refere ao contorno dos bordos do endocárdio ventricular, sobretudo em doentes com má janela ecocardiográfica. ⁽³²⁾

Com o desenvolvimento tecnológico foram desenvolvidas estratégias (equipamento com *software* de detecção automática dos bordos endocárdicos e utilização de contraste) na tentativa de ultrapassar as limitações anteriormente referidas. ⁽³⁶⁾

A avaliação da FE por estimativa visual (*eyeballing*) é também um método bastante utilizado na prática clínica, contudo requer muita experiência. ⁽¹⁾

2.3.2 Ecocardiografia avançada

A quantificação da função miocárdica ventricular global e regional continua a ser um dos grandes desafios da ecocardiografia. A problemática subjacente aos métodos de avaliação convencionais prende-se com o facto de serem de certa forma subjectivos, dependentes de operadores experientes, e apresentarem baixa sensibilidade para a avaliação rigorosa da contractilidade, avaliando apenas a função radial miocárdica. ⁽²⁰⁾
⁽³⁷⁾ ⁽³⁸⁾

De forma a ultrapassar as limitações dos métodos anteriormente referidos e conjuntamente com o desenvolvimento tecnológico, foram surgindo outros índices de função sistólica do VE tais como: excursão sistólica do anel mitral, velocidade sistólica obtida através do DT e medidas de deformação (*strain*, *strain rate* e *speckle tracking*). O estudo da deformação miocárdica é um método mais sensível que a FE para detectar discretas alterações da contractilidade segmentar, permitindo também estudar todas as componentes da função ventricular esquerda (longitudinal, radial, circunferencial e torsão). ⁽³⁹⁾

O estudo da deformação miocárdica do VE teve um grande desenvolvimento nos últimos anos, sendo amplamente aceite pela comunidade científica e regularmente aplicada em investigação clínica, particularmente nas seguintes situações: avaliação da função ventricular no contexto de avaliação da doença arterial coronária, valvulopatias, diferenciação de hipertrofias e avaliação de miocardiopatias. ⁽²⁰⁾ ⁽²³⁾ ⁽³⁹⁾

2. 4 Ventrículo direito

2.4.1 Anatomia e fisiologia do ventrículo direito

O VD está localizado anteriormente atrás do esterno, tendo uma posição anterior em relação ao VE, e cuja função é receber o sangue vindo da aurícula direita e ejectá-lo para a artéria pulmonar. ⁽¹⁵⁾ Apresenta uma morfologia complexa, pois em contraste com a forma cónica do VE, o VD é mais triangular quando visto de frente, com uma forma “em crescente”, curvando-se sobre o VE. Assim, a curvatura do SIV coloca a câmara de saída do VD numa posição mais antero-cefálica que a do VE. Além disso, a musculatura do infundíbulo subpulmonar eleva a válvula pulmonar acima do SIV tornando-a na válvula cardíaca mais superiormente situada. O ápex do VD está mais próximo da base do que o do VE. ^{(15) (16)}

Esta geometria complexa não pode ser simulada em modelos geométricos simples, o que representa uma limitação importante para a estimativa de volumes e função do VD com recurso a imagens de duas dimensões. ⁽¹⁵⁾

Quando existe um desenvolvimento normal do VD intra-uterino com concordância aurículo-ventricular e ventrículo-arterial e inserção normal das válvulas tricúspide e pulmonar, podem-se distinguir três partes anatomicamente distintas do VD: tracto de entrada (TE), zona trabecular apical e tracto de saída (TS) (Figura 2.1). ^{(9) (16) (40) (41)}

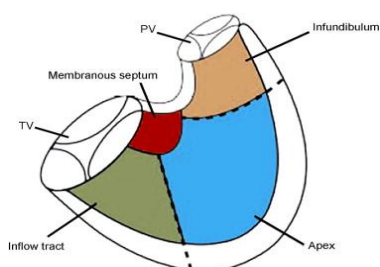


Figura 2.1: Anatomia do ventrículo direito (adaptado de Haddad et al. ⁽⁴⁶⁾)

O TE e o TS estão separados por uma banda muscular exuberante intracavitária, a crista supraventricular. A banda moderadora é o segundo músculo intracavitário, o qual está inserido no SIV e parede anterior do VD. ^{(9) (42)}

A parte trabecular apical é constituída por elevada trabeculação e virtualmente é a parte imóvel do VD. ⁽⁴³⁾

O VD é constituído por 3 paredes: anterior, inferior e septal, esta última comum com o VE. Todas estas paredes são musculares á excepção do segmento basal do SIV que é fibroso. ⁽⁴⁰⁾

Num coração normal, a parede muscular do VD, excluindo trabeculações, tem uma espessura de 3-5mm, a qual é composta por fibras circunferenciais na camada superficial e fibras longitudinais no subendocárdio. ⁽³³⁾

Para o estudo da função regional do VD, este é dividido em quatro principais segmentos: anterior, lateral, inferior e parede da câmara de saída do VD. A artéria coronária direita é responsável por praticamente todo o suprimento sanguíneo do VD. A câmara de saída do VD é tipicamente irrigada por ramos da artéria descendente anterior e artéria coronária esquerda, a parede anterior, lateral e inferior (diafragmática) são irrigadas pela artéria coronária direita. ⁽⁴¹⁾

A contracção eficaz do VE (e especialmente do SIV) é fundamental para a função do VD e responsável por cerca de 20-40% da pressão e débito cardíaco gerado por este. ^{(40) (44)}

A capacidade de ambos ventrículos para manter um débito cardíaco normal garantindo a perfusão dos órgãos depende de três factores principais: o estado contráctil do tecido miocárdico, a pré e a pós-carga. A continuidade das fibras musculares entre o VD e o VE faz com que funcionem juntos, sendo que o desempenho do VD seja directamente influenciado pelo estado funcional do VE, devido á interdependência ventricular. ^{(33) (45)}

O SIV, o pericárdio e as fibras musculares comuns têm um papel primordial na transferência de pressão do VE para o VD durante o ciclo cardíaco. Cerca de um terço da pressão gerada no VD é determinada pela contracção do VE. ⁽⁴²⁾

A contracção do VD resulta de 3 componentes major:

- o deslocamento da parede livre do VD em direcção ao SIV;
- o encurtamento do anel tricúspide em direcção ao apéx;
- *bulging* do SIV em direcção ao VE durante a sístole. ⁽⁴³⁾

A massa muscular do VD é aproximadamente um sexto da do VE, no entanto e devido às suas características morfológicas, este é mais sensível a ligeiros aumentos da pós carga pois está adaptado a um território de baixa impedância que é a circulação pulmonar e tolera melhor sobrecarga de volume, mas se mantida também leva a disfunção do VD. ^{(15) (43) (46) (47)}

A disfunção contráctil intrínseca, a mudança nas condições de carga além dos limites fisiológicos, bem como o desempenho alterado do VE podem ter efeitos prejudiciais na função do VD. ⁽¹⁵⁾

A hemodinâmica específica do coração direito tem implicações directas sobre as fases do ciclo cardíaco do VD. Em circunstâncias normais, a baixa pressão telediastólica da artéria pulmonar é rapidamente ultrapassada pelo aumento da pressão do VD, o que resulta num curto ou mesmo ausente período de contracção isovolumétrico. Outro aspecto que distingue a fisiologia do VD da do VE é que no período de ejeção, durante a diminuição da pressão do VD até ao encerramento da válvula pulmonar, a ejeção do sangue mantém-se, como consequência da baixa resistência da circulação pulmonar, o que permite a preservação da dinâmica do sangue. Tal como na contracção isovolumétrica, o tempo de relaxamento isovolumétrico no VD é também muito curto ou mesmo ausente em condições normais. ^{(15) (41)}

2.4.2 Estudo ecocardiográfico da função sistólica ventricular direita

O aparecimento da ecocardiografia, e o seu uso crescente e amplo na prática clínica desde os anos 80, tem trazido incontestáveis progressos na investigação e tratamento de doentes com patologia cardíaca, neste caso em particular, para indivíduos com IC. ^{(44) (48) (49)}

Desde então, a avaliação da função cardíaca tornou-se rapidamente possível e confiável, utilizando para o seu cálculo uma técnica não invasiva. ⁽¹⁷⁾

Durante muitos anos, a ecocardiografia deu especial atenção à função e estrutura do VE, esquecendo o VD e considerando o seu contributo para a função cardíaca dispensável, sobretudo em patologias com etiologia no coração esquerdo. ⁽¹⁷⁾

No entanto, a causa mais frequente de insuficiência cardíaca direita (ICD) é a ICE. Recentemente a FSVD tem sido correlacionada com os resultados obtidos em

diversas situações clínicas, merecendo por isso especial atenção nos últimos anos. ⁽⁴¹⁾
⁽⁴³⁾ ⁽⁴⁴⁾

Deste modo, várias técnicas de imagem têm sido usadas para avaliação da função do VD tais como: a ventriculografia de contraste, a angiografia de radionuclídeos e a ressonância magnética cardíaca (RMC), no entanto todas elas apresentam limitações significativas. A ventriculografia é uma técnica invasiva em que contracções prematuras durante a injeção de contraste podem influenciar os resultados. A angiografia de radionuclídeos tem baixa resolução espacial e atenuação devido a artefactos. ⁽⁴⁸⁾

A melhor análise da função ventricular direita é obtida pela RMC mas, por se tratar de um método de custo bastante elevado, encontra-se disponível em poucas instituições. ⁽⁴⁸⁾

A ecocardiografia, por seu lado, é uma técnica de imagem não invasiva e largamente usada visto que apresenta uma elevada reprodutibilidade e concordância com os resultados obtidos por outras modalidades de imagem. ⁽⁴⁸⁾

A ecocardiografia é actualmente a primeira técnica de imagem utilizada na prática clínica, permitindo uma avaliação de parâmetros hemodinâmicos de forma não invasiva e é indispensável também não só para avaliação diagnóstica inicial, *follow-up*, bem como na avaliação prognóstica dos indivíduos com disfunção do VD. ⁽⁵⁰⁾

A avaliação quantitativa da função ventricular direita é difícil devido á sua geometria complexa e extensa trabeculação que condiciona o contorno dos bordos endocárdicos, mas apesar de tudo é possível obter uma boa estimativa da função sistólica do VD. ⁽⁵⁰⁾
Devido ao interesse marcado do VD nas diferentes patologias cardíacas, foram surgindo uma multiplicidade de parâmetros ecocardiográficos possíveis de serem utilizados para a avaliação da função ventricular direita. ⁽¹⁶⁾ ⁽²⁰⁾ ⁽⁵¹⁾

Para a avaliação da função global do VD podemos recorrer ao índice de Tei (IT), dp/dt, fracção de ejeção e fracção de área. No que se refere á avaliação da função regional dispomos de vários parâmetros tais como: velocidade sistólica do anel tricúspide e aceleração miocárdica durante a contracção isovolumétrica através da técnica DT; a TAPSE e mais recentemente o *strain* bidimensional através da técnica de ST. ⁽¹⁶⁾

O IT ou índice de *performance* miocárdica dá-nos uma estimativa quer da função sistólica quer diastólica do VD. Pode ser obtido utilizando dois métodos/técnicas ecocardiográficas: *doppler* pulsado ou DT (Figura 2.2). ⁽¹⁶⁾

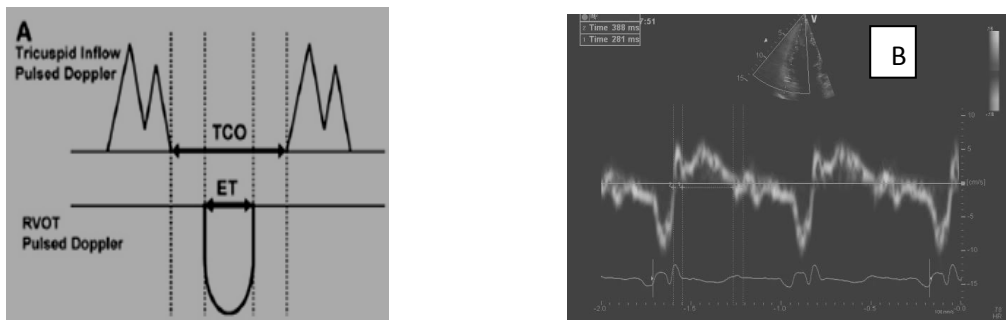


Figura 2.2: A- Cálculo do índice de Tei por D. Pulsado; B- Cálculo do índice de Tei por *Doppler* tecidual (adaptado de Rudski et al.⁽¹⁵⁾).

O IT estabelece uma relação entre a soma do tempo de contracção isovolumétrica e o tempo de relaxamento isovolumétrico a dividir pelo tempo de ejeção. O limite superior do seu valor de referência é de 0,40 com o Doppler pulsado e 0,55 com o DT. Este método é bastante reprodutível, evita assunções geométricas relacionadas com a geometria complexa do VD.⁽¹⁶⁾

Apesar de tudo, também tem desvantagens pois não é possível de ser realizado quando existem variações dos intervalos RR, como acontece na fibrilhação auricular.⁽¹⁶⁾

O dp/dt inicialmente descrito por *Gleason* e *Braunwald* em 1962 para ambos ventrículos, é um parâmetro muito menos estudado ou mesmo raramente usado para o VD do que para o VE.⁽¹⁵⁾ O dp/dt do VD pode ser obtido a partir do declive inicial do fluxo de regurgitação tricúspide, calculando o intervalo de tempo entre 0 e 2m/s (Figura 2.3). Este parâmetro é considerado normal quando superior a 400mmHg.⁽⁵²⁾

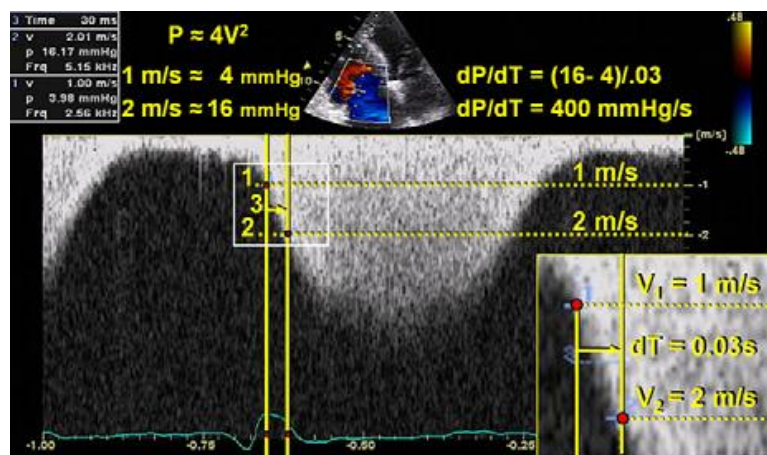


Figura 2.3: Cálculo do dp/dt (adaptado de Rudski et al.⁽¹⁵⁾).

Os cálculos da fracção de ejeção (volumes) e a fracção de área (áreas) permitem-nos ter uma ideia aproximada da função sistólica do VD, no entanto sujeitas a todas as condicionantes descritas do VD e a sua elevada variabilidade inter-observador. ⁽⁵¹⁾

O cálculo da FE é realizado em plano apical de 4 câmaras e é obtido através da razão entre o volume diastólico menos o volume sistólico, a dividir pelo volume diastólico. ⁽¹³⁾

Este método inicialmente adoptado pela angiografia biplanar requer aproximação à geometria do VD, muito comumente baseada em modelos elipsóides. ⁽²⁾

Quando comparado com a RMC é um método que supervaloriza o volume do VD, mas pelo contrário, subvaloriza-o quando comparado com os métodos para estimativa de volumes utilizados na ecocardiografia tridimensional. Trata-se de um método não recomendado devido á heterogeneidade de técnicas e supunções geométricas. ⁽¹⁵⁾

A fracção de área inferior a 35% indica DSVD. É obtida contornando o endocárdio ventricular direito tanto em sístole como em diástole desde o anel e ao longo de toda a parede livre até ao ápex e voltando novamente ao anel tricúspide ao longo de todo o SIV, tentando excluir toda a trabeculação possível durante este processo. ⁽²⁾

Através de uma técnica relativamente mais recente, o DT, pode-se colocar a amostra Doppler no segmento basal da parede livre do VD e medir a velocidade de excursão longitudinal, ou seja a excursão de velocidade sistólica ou onda S' (Figura 2.4). Como alternativa e utilizando a técnica de DT codificado a cor que é obtido com alta *frame rate*, podemos realizar *offline* o cálculo da onda S', colocando a região de interesse no segmento a analisar (Figura 2.4). Contudo esta técnica é menos reprodutível para segmentos para além dos basais, é ângulo-dependente e assume a função do VD a partir de um único segmento como sendo a função global. Velocidades da onda S' inferior a 10cm/s indicam DSVD. ^{(2) (16)}

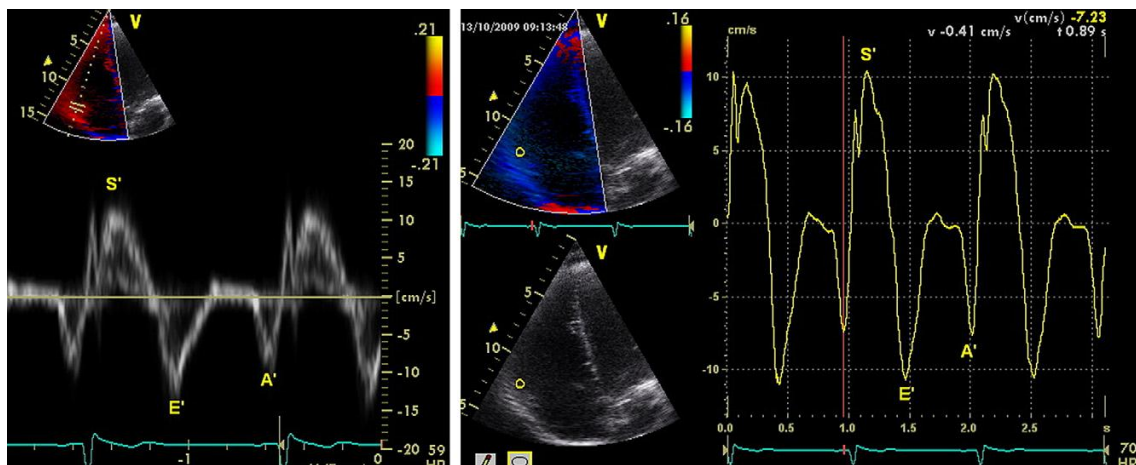


Figura 2.4: Cálculo da onda S' do anel tricúspide: *Doppler* tecidual (esquerda) e *Doppler* tecidual codificado a cor em análise *offline* (direita) (adaptado de Rudski et al. ⁽¹⁵⁾).

A excursão sistólica do plano do anel tricúspide ou TAPSE é um método que representa a função longitudinal do VD, medindo a distância da excursão sistólica do segmento basal lateral do anel tricúspide ao longo do seu plano longitudinal no plano apical de 4 câmaras (Figura 2.5).

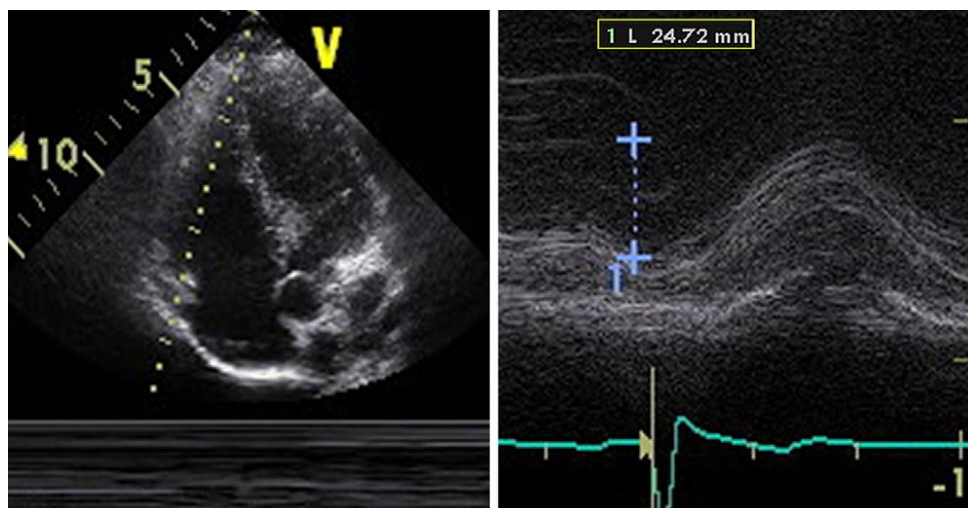


Figura 2.5: Medição da excursão sistólica do anel tricúspide por Modo-M (adaptado de Rudski et al. ⁽¹⁵⁾).

É um método simples, menos dependente da qualidade da imagem, reproduzível e não requer equipamentos sofisticados ou análise prolongada da imagem, mas tal como o DT assume que o deslocamento de um único segmento representa a função global de uma estrutura tridimensional complexa. Valores de TAPSE inferiores a 16mm indicam disfunção sistólica do VD. ⁽¹⁶⁾

Contudo estes dois últimos métodos, embora sejam obtidos a partir de uma única avaliação regional do movimento sistólico do VD, quantificam a função longitudinal ou seja a componente com maior contributo para o débito cardíaco. ^{(8) (10)}

Recentemente surgiu um novo método ecocardiográfico não dependente do Doppler, o ST que permite a avaliação da função longitudinal e quantificação da deformação miocárdica a partir de imagens bidimensionais, sem o problema do ângulo de incidência dos U.S (Figura 2.6). ^{(8) (51)}

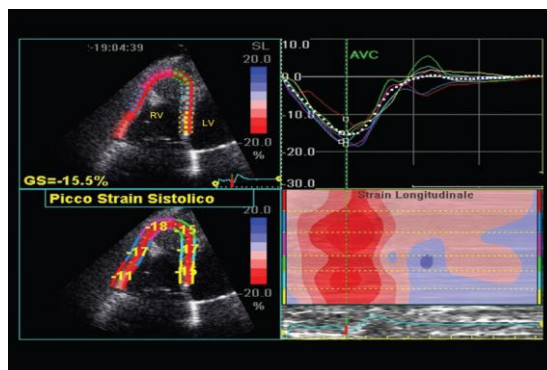


Figura 2.6: *Strain* bidimensional longitudinal e global do ventrículo direito (adaptado de D'Andrea et al.⁽⁵³⁾).

O ST surgiu para o estudo da deformação do VE e aurícula esquerda, mas recentemente tem sido alargado à análise da função do VD, sendo mais uma das várias aplicações desta nova técnica ecocardiográfica.^{(51) (54) (55)}

Da análise do VD com a técnica de ST têm sido determinados vários valores de referência (especialmente para a displasia arritmogénica do VD e hipertensão pulmonar), não havendo ainda consenso sobre os mesmos; no entanto o *strain* global ou *strain* da parede livre do VD é a medida que melhor reflecte a deformação miocárdica desta cavidade cardíaca.⁽⁸⁾

Todos estes parâmetros e métodos utilizados para estimativa da função do VD apresentam limitações e segundo as recomendações da *American Society of Echocardiography* e a *European Association of Echocardiography* deverá ser utilizada a combinação de mais do que um parâmetro para estimar a função do VD e distinguir função normal de uma função diminuída.⁽¹⁶⁾

2.4.2.1 Deformação miocárdica do ventrículo direito

A avaliação da contractilidade miocárdica sempre foi um grande desafio para a ecocardiografia. Inicialmente e ainda hoje utilizada, a avaliação visual do espessamento do miocárdio, torna-se uma tarefa difícil não só na presença de más janelas ecocardiográficas mas também por se tratar de um método muito subjectivo.

^{(56) (57)}

O desenvolvimento tecnológico exponencial a que temos assistido nos últimos anos reflectiu-se também nos equipamentos médicos, levando não só á melhoria da qualidade da imagem ultrassonográfica mas também ao aparecimento de novas modalidades ecocardiográficas.

A deformação miocárdica é avaliada pela ultrassonografia desde a década de 90, começando por ser calculada para o VE, estendendo-se depois às aurículas e só mais tarde ao VD. ^{(51) (58)}

Durante a activação electromecânica, o miocárdio deforma-se durante a sístole, ou seja, quando o sarcómero encurta. A sua deformação eficaz causa redução do tamanho da cavidade intracardíaca resultando na ejeção de sangue do ventrículo. ⁽⁵⁹⁾

A geometria ventricular original é restaurada em diástole com o relaxamento activo e posterior enchimento passivo durante a contracção auricular. ⁽⁵⁹⁾

Visualmente a deformação do tecido miocárdico é parcialmente compreensível, visto este apresentar uma deformação tridimensional: encurtamento longitudinal, radial e circunferencial (no caso do VD). ⁽⁵⁹⁾

A sístole ventricular direita é complexa e sequencial. Inicia-se com a contracção curta no TE e termina com a contracção no TS que é de maior duração. Durante a sístole o TE desloca-se no sentido longitudinal da base para o ápex e observa-se também movimento radial em direcção ao septo comum. A deformação rotacional desempenha um papel menor na contracção do VD. ⁽⁴¹⁾

O miocárdio é uma rede tridimensional complexa de miócitos numa matriz de tecido fibroso. Desta forma o encurtamento circunferencial ocorre durante a contracção isovolumétrica devido ás fibras subepicárdicas. O encurtamento longitudinal ocorre principalmente durante a fase de ejeção do ciclo cardíaco devido às fibras subendocárdicas, o que faz com que a contracção mais eficaz seja no sentido longitudinal. Finalmente a ejeção do VD no TS ou infundíbulo ocorre aproximadamente 25ms depois da contracção no TE. ^{(16) (44) (45) (48)}

As características da contracção ventricular direita dependem muito das condições de carga. O débito ejectado pelo VD é aproximadamente o do VE, mas com apenas 25% do trabalho, devido á baixa resistência da vasculatura pulmonar. ⁽¹⁵⁾ O VD e o VE trabalham em série, em sístole e em diástole. Para além disto, ambos repartem fibras miocárdicas comuns (especialmente no SIV) e competem para o mesmo espaço pericárdico. Sendo assim, a função e contracção de um afecta o outro ventrículo, fenómeno que se designa por interdependência ventricular. ^{(16) (49) (50)}

A deformação miocárdica é expressa em percentagem através do *strain* que não é mais que a deformação total relativa ao comprimento inicial e o final durante o ciclo cardíaco. Por convenção o encurtamento tem um valor negativo, enquanto o espessamento tem um valor positivo. Desta forma, na sístole o *strain* terá um valor negativo para o encurtamento longitudinal e um valor positivo para o espessamento radial. ^{(20) (38)}

Actualmente, através da ecocardiografia pode-se calcular a deformação miocárdica com recurso a dois métodos: a deformação (*strain*) obtida através do DT e o *strain* 2D obtido através de imagens bidimensionais (ST). ^{(59) (60)}

O ST que utiliza uma metodologia baseada no seguimento do movimento dos *speckles* (unidades acústicas do tecido miocárdico) ao longo do ciclo cardíaco. Esta nova modalidade possibilita o estudo da deformação miocárdica em todas as suas dimensões- longitudinal, circunferencial e radial a partir da imagem 2D. ^{(61) (62)}

Contudo muitos estudos têm demonstrado a utilidade do *strain* 2D na avaliação da *performance* do VE e poucos estudos têm usado esta recente técnica ecocardiográfica para avaliação da contractilidade global e regional do VD.

Teste et al. e *Stefani et al.* estudaram o *strain* do VD e a resposta ventricular ao exercício em atletas e concluíram que o pico longitudinal *strain* sistólico (PLSS) estava significativamente aumentado na parede livre do VD que na parede lateral do VE e que atletas com dilatação do VD apresentam *strain* menor na parede livre do VD. Os mesmos investigadores também encontraram uma correlação significativa entre o PLSS medido pelos diferentes métodos de ST ou DT ($r=0,73$ in *Teste et al.*) e boa reprodutibilidade. ^{(52) (63)}

Jategaonkar et al. analisou o *strain* do VD com recurso ao ST em adultos antes e depois do encerramento do defeito do septo interauricular e demonstrou que o procedimento reduziu a deformação por ausência do shunt esquerdo-direito. ⁽⁶⁴⁾

O ST tem sido uma ferramenta bastante útil para avaliação da deformação do VD, sobretudo em crianças e indivíduos com patologia congénita cardíaca. ^{(59) (60)}

2.4.2.2 Speckle tracking – princípios da técnica e limitações

A aplicação do ST tem sido de grande utilidade na cardiologia, pois para além da detecção permitiu também um melhor entendimento nas alterações funcionais que ocorrem nas diversas patologias cardíacas. ⁽⁶⁰⁾

O ST permite a análise do movimento miocárdico pelos *speckles* (marcadores acústicos) na imagem ultrassonográfica ao longo do ciclo cardíaco. ⁽⁶⁰⁾

Cada marcador é composto por um pequeno conjunto de imagens em escala cinza, cuja disposição e orientação é única e caracteriza uma parte específica do miocárdio, denominada de padrão de rastreamento (*speckle pattern*). Este padrão pode funcionar como uma impressão digital do segmento miocárdico dentro da imagem ultrassonográfica (figura 2.7). ⁽²⁾

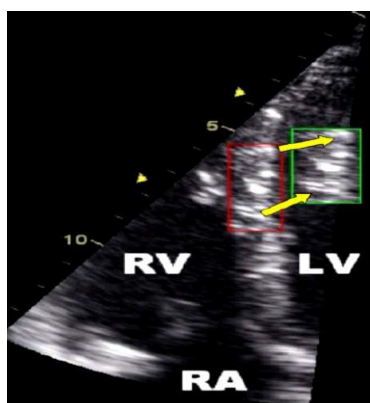


Figura 2.7: Representação esquemática da técnica de *speckle tracking* (adaptado de Teske et al. ⁽⁵²⁾).

Cada marcador acústico pode ser sucessivamente identificado durante o ciclo cardíaco dado que preserva as suas características. Os marcadores acústicos são capturados pelo sistema de análise, a partir da imagem 2D, quer seja individualmente ou em grupos, e são seguidos *frame a frame* e o seu deslocamento gera um *loop* ou seja cada um apresenta no seu percurso mudanças instantâneas de direcção e velocidade ao longo do ciclo cardíaco. ^{(20) (42) (65)}

O ST não sofre interferência do ângulo ou do movimento de translação, o que propicia a obtenção de medidas simultâneas de todos os segmentos contidos num mesmo plano da imagem, possibilitando a obtenção do *strain* longitudinal, radial e circunferencial integrando do 2D as diferentes componentes que compõe a contractilidade miocárdica. ^{(38) (61) (66)}

Se o movimento dos marcadores acústicos for representado em função do tempo obtêm-se uma curva da deformação desse local em função do tempo – *strain rate*

expresso em s^{-1} ou 1/s. Com a integral da velocidade dessa curva obtém-se a deformação em valor absoluto – *strain* expresso em percentagem. ⁽⁵²⁾

É um método bastante atractivo, no entanto apresenta algumas limitações que podem modificar os valores obtidos, tais como a assumpção de que o marcador acústico se mantém sempre com a mesma composição e no mesmo plano ao longo de todo o ciclo cardíaco e o facto de ter que se trabalhar com uma excelente resolução para que o *tracking* possa ser correctamente efectuado. ^{(20) (39)}

Actualmente o *frame rate* ideal para o ST é entre os 40-80fps, o que pode resultar em *undersampling* especialmente em doentes taquicardicos. O aumento da *frame rate* poderia resolver este problema mas iria comprometer a resolução espacial, reduzindo-a. ⁽³⁹⁾

2.4.2.2.1 Strain bidimensional na avaliação da função sistólica ventricular direita

A avaliação da FSVD é um importante parâmetro prognóstico nos indivíduos com IC ou seja, a presença de disfunção ventricular direita associa-se a reduzida capacidade ao exercício e reduzida sobrevivência. ^{(8) (67)}

A medição da velocidade sistólica do anel tricúspide (onda S') através do DT e a excursão sistólica do plano do anel tricúspide medida com o Modo-M ^{(57) (58)}, foram até há bem pouco tempo os métodos mais frequentemente utilizados na prática clínica para avaliação da FSVD. ⁽⁶¹⁾

Os resultados obtidos pelos métodos anteriormente referenciados provêm apenas de uma única avaliação regional, no entanto quantificam a função longitudinal do VD, aquela que apresenta maior contributo para o débito cardíaco. ⁽⁹⁾

O recurso a este método ecocardiográfico recente (*speckle tracking*) tem sido proposto como alternativa aproximada da função longitudinal do VD, tratando-se de um parâmetro de quantificação da deformação miocárdica a partir de imagens ecocardiográficas bidimensionais. ⁽⁸⁾

Trata-se de uma técnica ecocardiográfica muito similar ao DT que permite o cálculo de velocidades miocárdicas e parâmetros de deformação tais como o *strain* e *strain rate* em imagens armazenadas do bidimensional com pós processamento das mesmas. O DT apresenta limitações tais como a dependência do ângulo de incidência dos U.S. e a *frame rate*, o que faz com que a sua análise e interpretação sejam complexas. ^{(59) (62)}

O ST apresenta-se como um método mais sofisticado que promove a medição quantitativa da contractilidade miocárdica, sem depender do ângulo de incidência dos US e translação cardíaca, estando gradualmente a ganhar lugar na prática clínica diária.⁽⁹⁾

Desta forma, podemos medir as distâncias durante o ciclo cardíaco e o *strain* (deformação) dos diferentes marcadores num mesmo segmento miocárdico, fornecendo-nos dados sobre a função miocárdica regional e global, semelhante à análise da RMC, considerada até então o *gold standard* para avaliação da função cardíaca.⁽⁴⁰⁾

A contracção normal do VD processa-se de forma sequencial através de uma onda peristáltica dirigida do TE para o infundíbulo, sendo que o encurtamento longitudinal tem maior contributo para a *performance* global do VD com igual desempenho da parede livre e do SIV.^{(210) (46)}

Contudo, apenas a quantificação da parede livre do VD tem sido estudada detalhadamente.^{(52) (56)} No entanto, alguns investigadores têm sugerido que o SIV apresenta um papel essencial na função do VD.^{(20) (68) (69)}

Com o ST podemos estudar a deformação regional e global do VD, incluindo nesta avaliação também o SIV, o qual parece igualmente contribuir para a função sistólica do VD.⁽⁵⁶⁾

Guendouz et al. estudaram os valores normais e o significado prognóstico do *strain* 2D do VD na insuficiência cardíaca crónica e concluíram que o *strain* do VD reflecte a função sistólica do mesmo com algum grau de fiabilidade. Acrescentaram ainda um valor de *strain* (*cut-off* de -21%) que foi o melhor valor para separar indivíduos com e sem resultados adversos (morte, transplante emergente, emergência de implantação de dispositivo de assistência ventricular ou IC aguda) a um ano de *follow-up*.⁽⁴⁾

Da vasta bibliografia pesquisada, apenas este estudo admite um valor para o *strain* global longitudinal da parede lateral do VD no contexto de ICE, não tendo sido ainda reportados valores de referência.⁽¹⁵⁾

Contudo, existem poucos estudos publicados no que diz respeito a indivíduos com disfunção ventricular direita associada a disfunção ventricular esquerda, no entanto é a situação mais frequente na prática clínica.

3. Metodologia

A metodologia é constituída por um conjunto de fases progressivas, organizadas em função dos objectivos que se pretendem alcançar e que conduzem a um determinado fim.

Assim, neste capítulo serão descritas as opções metodológicas efectuadas, nomeadamente no que diz respeito aos objectivos do estudo, à tipologia e método de abordagem, à selecção da população e amostra, à dimensão, categorias e suas variáveis, aos instrumentos de recolha de dados e métodos de análise dos mesmos.

Serão ainda explicados os procedimentos inerentes ao estudo bem como referenciadas as considerações éticas e legais necessárias.

3.1 Objectivos do estudo

Tendo em conta a temática em estudo, o objectivo geral desta investigação é: descrever a DSVD sub-clínica identificada pela técnica de *strain* 2D (*speckle tracking*) em indivíduos com DSVE.

Foram também definidos os seguintes objectivos específicos:

1. Descrever os parâmetros ecocardiográficos relativos à dimensão e disfunção sistólica do VD em indivíduos com DSVE e grupo de controlo (indivíduos saudáveis).
2. Descrever e correlacionar o pico sistólico de deformação longitudinal dos segmentos basal e médio do SIV nos indivíduos com DSVE e grupo de controlo (indivíduos saudáveis).
3. Comparar os parâmetros ecocardiográficos convencionais e a deformação miocárdica longitudinal de função sistólica do VD nos indivíduos com DSVE e grupo de controlo (indivíduos saudáveis), e determinar a proporção de indivíduos com disfunção sistólica sub-clínica do VD.
4. Correlacionar a deformação longitudinal global do VD com a classe funcional da NYHA.

3.2 Tipologia do estudo e método

Quanto à tipologia do estudo, este trabalho assenta num estudo do tipo observacional pois não pressupõe intervenção controlada pelo investigador, limitando-se este a observar as unidades de investigação. ⁽⁷⁰⁾

Entre os estudos de natureza observacional, foi seleccionada a metodologia transversal, pois baseia-se na pretensão de estudar a amostra com “*determinação de todos os parâmetros de uma só vez, sem nenhum período de acompanhamento, ou seja, num ponto determinado do tempo o pesquisador delimita uma amostra da população e avalia todas as variáveis dentro da amostra*”. ⁽⁷⁰⁾

Do ponto de vista conceptual é um estudo do tipo observacional descritivo-comparativo pois implicou a descrição, compreensão e comparação das variáveis em análise. O estudo é observacional descritivo porque o investigador não intervém nas variáveis do estudo, e limita-se a descrever os fenómenos que naturalmente ocorrem, é designado também de comparativo porque é realizada uma comparação entre as variáveis de 2 grupos (grupo com DSVE e grupo de controlo). Consistiu também num estudo prospectivo, no qual foram realizados ecocardiogramas transtorácicos de forma a obter e analisar parâmetros ecocardiográficos. ⁽⁷¹⁾

Tendo em conta a natureza deste trabalho, o seu objectivo geral e os objectivos específicos, o método mais adequado é o quantitativo. ⁽⁷¹⁾

3.3 População e amostra

A população em estudo englobou indivíduos que cumprissem simultaneamente os seguintes critérios:

1. Diagnóstico de DSVE aquando da realização do estudo ultrassonográfico cardíaco;
2. Seguimento em consulta de IC.

A população alvo foi formada por indivíduos seguidos em ambulatório na consulta de IC no CHBM, independentemente do sexo e que cumprissem os seguintes critérios:

1. Pelo menos 2 consultas de IC anteriores à realização do estudo ultrassonográfico cardíaco;
2. Terapêutica médica otimizada.

Assim, a amostra foi constituída pelos indivíduos da população alvo que tivessem realizado um estudo ultrassonográfico cardíaco no período de tempo de Junho a Agosto de 2012.

Paralelamente a este grupo, recorreu-se a um grupo de controlo (indivíduos saudáveis definidos como não tendo história de doença cardíaca, abuso de álcool ou drogas e avaliados por consulta médica com recurso a exames de diagnóstico: electrocardiograma, análises e ecocardiograma), composto por 26 indivíduos voluntários de ambos os géneros e idade sobreponível à do grupo com DSVE.

3.3.1 Critérios de inclusão da amostra

A selecção da amostra em estudo teve de obedecer a critérios rigorosos previamente definidos, de modo a especificar o grupo em questão.

Para o grupo com DSVE definiram-se os seguintes critérios de inclusão:

1. Realização de estudo ultrassonográfico cardíaco (1 de Junho a 31 de Agosto 2012);
2. Fracção de ejeção do VE inferior ou igual a 40% avaliada pelo método de *Simpson* biplano;
3. Presença de boa janela acústica para a aquisição dos dados necessários para análise em pós processamento.

Como critérios de inclusão para o grupo de controlo, delimitaram-se os seguintes:

1. Realização de estudo ultrassonográfico cardíaco (1 de Junho a 31 de Agosto 2012);
2. Fracção de ejeção do VE superior a 55% avaliada pelo método de *Simpson* biplano;
3. Presença de boa janela acústica para a aquisição dos dados necessários para análise em pós processamento.

3.3.2 Critérios de exclusão da população alvo

Foram excluídos deste estudo os indivíduos que se encontram nas seguintes condições (critérios de exclusão aplicados aos dois grupos):

1. Doentes com patologia valvular mitral e aórtica superior a ligeira;
2. Doentes portadores de *pacemaker's*, prótese ou anel tricúspide e perturbação da condução intraventricular (BCRE);
3. Doentes com cardiopatia congénita, doença pulmonar obstrutiva crónica, antecedentes de tromboembolismo pulmonar, hipertensão pulmonar (pressão sistólica na artéria pulmonar superior a 40mmHg) e antecedentes de enfarte do miocárdio com extensão ao VD ou de enfarte do miocárdio que envolvam o SIV.

A técnica de amostragem considerada neste estudo é não probabilística designada de conveniência, dado que os indivíduos do estudo foram seleccionados por estarem acessíveis e presentes num determinado momento, tendo sido incluídos durante um determinado período de tempo. ⁽⁷¹⁾

3.4 Dimensões e categorias

Este estudo de investigação apresenta uma dimensão, a ecocardiografia e duas categorias distintas: a DSVE e a FSVD, as quais se subdividem por sua vez, em variáveis demográficas e de caracterização clínica, variáveis ecocardiográficas para o estudo da disfunção sistólica ventricular esquerda, variáveis ecocardiográficas caracterizantes do VD e variáveis ecocardiográficas para o estudo da função sistólica do VD.

2.4.1 Variáveis

As variáveis consideradas neste estudo são do tipo qualitativas e quantitativas.

Na caracterização demográfica e clínica definiram-se as seguintes variáveis (tabela 3.1):

Tabela 3.1: Variáveis demográficas e de caracterização clínica

| Variáveis | Qualificação | Escala | Definição |
|-------------|--------------|---------|-----------|
| Género | Qualitativa | Nominal | Discreta |
| Idade | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| Raça | Qualitativa | Nominal | Discreta |
| Etiologia | Qualitativa | Nominal | Discreta |
| Classe NYHA | Qualitativa | Ordinal | Discreta |

Legenda: NYHA – New York Heart Association

No sentido de facilitar a identificação das categorias do estudo e por conseguinte, as suas variáveis, as mesmas encontram-se nas tabelas seguintes:

Tabela 3.2: Variáveis ecocardiográficas da Categoria “ Disfunção sistólica ventricular esquerda”

| Categoria | Variáveis | Qualificação | Escala | Definição |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------|---------|-----------|
| Disfunção ventricular esquerda | Alteração de relaxamento do VE | Qualitativa | Nominal | Discreta |
| | Padrão restritivo do VE | Qualitativa | Nominal | Discreta |
| | Fracção de ejeção | Quantitativa | Métrica | Contínua |

Legenda: VE- ventrículo esquerdo.

Tabela 3.3: Variáveis ecocardiográficas caracterizantes do ventrículo direito

| Variáveis | Qualificação | Escala | Definição |
|-------------------------|--------------|---------|-----------|
| Diâmetro basal do VD | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| Diâmetro médio do VD | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| PSAP | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| Regurgitação tricúspide | Qualitativa | Ordinal | Discreta |

Legenda: PSAP – Pressão sistólica na artéria pulmonar.

Tabela 3.4: Variáveis ecocardiográficas da Categoria “Estudo da função sistólica ventricular direita”

| Categoria | Variáveis | Qualificação | Escala | Definição |
|--------------------------------------|--|--------------|---------|-----------|
| Função sistólica ventricular direita | Onda S' do anel tricúspide lateral | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| | Excursão sistólica do plano do anel tricúspide | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| | SLLbasal | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| | SLLmédio | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| | SLSbasal | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| | SLSmédio | Quantitativa | Métrica | Contínua |
| | SLGlobal | Quantitativa | Métrica | Contínua |

Legenda: VD-ventrículo direito, SLL-pico sistólico de deformação longitudinal lateral; SLS-pico sistólico de deformação longitudinal septal; SLG- Pico sistólico de deformação longitudinal global.

3.5 Instrumento de recolha de dados

Tendo em conta a natureza do estudo e as questões para as quais se procuram respostas no âmbito do mesmo, torna-se necessário a definição e utilização de técnicas adequadas e respectivos instrumentos de recolha de informação.

Assim, o instrumento de recolha de dados que se considerou mais adequado face aos objectivos definidos foi um formulário informatizado, cujo preenchimento foi efectuado pela mestranda.

3.5.1 Pré-teste

De modo a testar o instrumento de recolha de dados escolhido -formulário- e avaliar um possível enviesamento da investigação, foi necessário, numa fase inicial, a realização de um pré-teste ao instrumento de recolha escolhido.

Assim sendo, o formulário foi aplicado na análise ecocardiográfica de 5 indivíduos, onde se efectuaram algumas correcções e aperfeiçoamento relativamente às informações pretendidas e à facilidade de preenchimento.

Os indivíduos que participaram na realização do pré-teste não foram incluídos na amostra deste estudo.

3.5.2 Procedimento de recolha de dados

O local onde foi desenvolvido a recolha de dados decorreu em meio laboratorial, tendo sido efectuada no Laboratório de Ecocardiografia do CHBM, durante os meses de Junho a Agosto de 2012.

A todos os indivíduos incluídos no estudo foi solicitado o preenchimento do consentimento informado.

Os estudos ultrassonográficos cardíacos foram realizados por um único operador experiente de acordo com o protocolo de estudo previamente definido (Apêndice I). Depois da realização do estudo ultrassonográfico foi efectuada a avaliação dos parâmetros ecocardiográficos, numa estação de trabalho *Echopac (GE®)* onde foram analisados os estudos e recolhidos dados para preenchimento do formulário de avaliação ecocardiográfica (Apêndice II).

Após a recolha da amostra do grupo com DSVE, foi seleccionado um grupo de controlo (indivíduos saudáveis). Todos os indivíduos realizaram estudo ultrassonográfico cardíaco segundo um rigoroso protocolo de aquisição ecocardiográfico (*FR 40-80f/s*) com equipamento *Vivid i* da (*GE®*) e as imagens foram armazenadas em *Raw Data* no laboratório onde decorreu o estudo.

A recolha de dados dos parâmetros ecocardiográficos dos indivíduos inseridos no estudo implicou que todos os pacientes fossem avaliados em decúbito lateral esquerdo por um operador experiente com recurso a um equipamento *Vivid i (GE®)*, utilizando uma sonda multifrequência *3S-RS (1,5-3,5MHz)* e com *software* próprio para análise de *2D speckle tracking*.

Foi realizado um ecocardiograma transtorácico completo (Modo-M, bidimensional, *Doppler* cor e espectral, DT) utilizando as vias ecocardiográficas convencionais, com avaliação específica de parâmetros quantitativos para análise da função sistólica do VD, como a excursão longitudinal do plano do anel tricúspide lateral avaliada por Modo-M (TAPSE), a velocidade da onda S' avaliada por DT do anel tricúspide lateral e avaliação do *2D speckle tracking* longitudinal.

Para a avaliação adequada do *2D speckle tracking* foi necessário a aquisição de cineloops de 3 ciclos cardíacos em modo 2D na via apical de 4C com *frame rate* > 60Hz/s e com armazenamento da imagem digital em formato *Raw Data* que permitisse a posterior análise off-line (*software EchoPac GE®*).

No que diz respeito aos procedimentos para obtenção das variáveis através da ecocardiografia convencional e por 2D *speckle tracking* estes foram efectuados de acordo com o recomendado pelos últimos consensos (ano 2010) da Associação Americana de Ecocardiografia aprovados pela Associação Europeia de Ecocardiografia e Sociedade Canadiana de Ecocardiografia (Anexo 1).

A FE e os volumes telediastólico e telesistólico foram medidos pelo método de Simpson Biplanar (Anexo 2).

O fluxo de enchimento ventricular esquerdo foi avaliado por *Doppler* pulsado, com o cursor alinhado perpendicularmente ao anel mitral e a amostra posicionada na extremidade dos folhetos da válvula mitral, e medido a onda E, onda A, tempo de desaceleração e relação E/A.

Em relação ao VD, a TAPSE foi obtida em apical de 4C colocando o cursor modo-M junto ao anel tricúspide lateral e medindo o deslocamento máximo sistólico em milímetros. A velocidade do pico sistólico da onda S' foi avaliada também em apical de 4 câmaras colocando a amostra do DT no segmento basal da parede lateral do VD.

A pressão sistólica na artéria pulmonar foi obtida através da onda de Doppler contínuo da regurgitação tricúspide usando a equação de Bernoulli modificada ($4 \times (\text{pico da regurgitação tricúspide})^2$), adicionando uma constante consoante o diâmetro e colapso inspiratório da veia cava inferior. Para a quantificação da regurgitação tricúspide foi utilizado um método semi-quantitativo: a vena contracta. A vena contracta do fluxo de regurgitação tricúspide é obtida em apical de 4 C, para tal é necessário diminuir a escala da cor de modo a conseguir identificar 3 zonas distintas no jacto regurgitante: zona do fluxo de convergência, vena contracta e jacto turbulento. Segundo as últimas recomendações da Associação Europeia de Ecocardiografia, venas contracta superior a 7mm são a favor de regurgitações tricúspides severas, diâmetros inferiores a 6mm correspondem a regurgitações ligeiras ou moderadas, apenas estas foram inseridas neste estudo. ⁽⁷²⁾

O 2D *speckle tracking* longitudinal foi analisado a partir de imagens ecocardiográficas em apical de 4 câmaras adaptadas ao estudo do VD de forma a incluir toda a parede livre, o ápex e o SIV para posterior análise *offline*.

A análise por ST da deformação miocárdica (*strain*) longitudinal foi realizada em pós-processamento com recurso ao programa de análise *EchoPac GE®*) da seguinte forma:

- ✓ Primeiro, a partir do registo de *Doppler* pulsado do fluxo aórtico foram marcados manualmente os momentos de abertura e encerramento da

válvula aórtica para definir as fases de sístole e diástole, possibilitando a delimitação de curvas de strain segmentar e global;

- ✓ Segundo, nos *cineloops* em modo 2D na via apical de 4C foi avaliado e seleccionado em cada *cineloop* o ciclo com melhor qualidade de imagem;
- ✓ Finalmente, foi utilizado um sistema semi-automático de *tracking* do miocárdico, com demarcação manual do bordo endocárdico do VD ao nível do SIV e parede livre no período tele-sistólico e ajustamento da região de interesse. Só foram considerados na avaliação da deformação os segmentos cuja qualidade do *tracking* miocárdico foi adequado simultaneamente pelo sistema de análise automático e pelo operador (avaliação visual).⁽⁵⁸⁾

As curvas de deformação longitudinal foram obtidas em 6 segmentos (basal, médio e apical da parede livre e SIV) em cada indivíduo e a curva de *strain* longitudinal global foi obtida com base na média das 6 curvas de *strain* regional.⁽⁵⁸⁾

O estudo da deformação miocárdica através da ecocardiografia 2D (*speckle tracking*) foi realizado nos segmentos basal e médio da parede livre do VD e SIV, mas com recurso ao *software* de análise da deformação miocárdica do VE, modificado para o VD.

3.6 Tratamento e análise estatística

A análise estatística foi realizada através dos *softwares* Microsoft Office Excell® versão 2010 e SPSS® (*Statistical Package for Social Sciences*) - versão 20.

No fluxograma representado a seguir (figura 3.1), podemos visualizar de forma resumida as várias fases do tratamento estatístico dos dados.

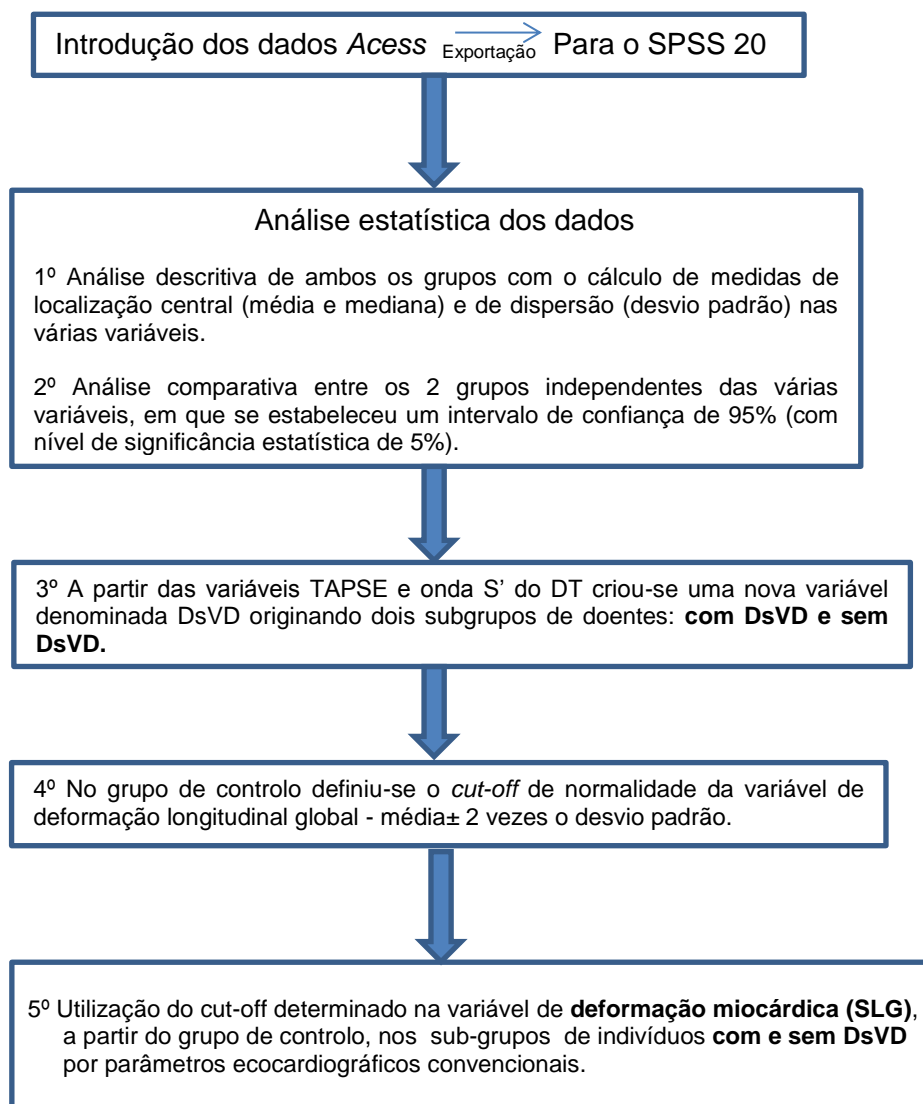


Figura 3.1: Fluxograma do processo de tratamento de dados

No tratamento dos dados, foi utilizado a estatística descritiva, com apresentação das variáveis qualitativas em gráficos de frequência relativa e para as variáveis quantitativas foi calculado medidas de localização central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão).

Uma vez que se pretendia comparar resultados nos dois grupos e cujas dimensões são 32 e 26 unidade respectivamente, tornou-se necessário verificar o pressuposto de normalidade subjacente ao teste *t* de *student*.⁽⁷³⁾

Dado que o *n* de cada grupo estudado foi inferior a 50, utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk* verificando-se quais as variáveis que seguem uma distribuição normal.⁽⁷³⁾

O teste *t* de *student* para duas amostras independentes compara as médias de dois grupos na mesma variável. Para se efectuar este teste, ainda foi necessário verificar se as variâncias se assumem iguais ou diferentes. Para isso, foi necessário efectuar o teste de *Levene*, ou seja testar se as variáveis populacionais são homogéneas (iguais). O teste de *Levene* é um dos testes mais potentes utilizados para testar a igualdade das variâncias populacionais e é um teste particularmente robusto a desvios da normalidade.⁽⁷³⁾

A significância foi aceite para um $p < 0,05$ e os dados serão apresentados como média±desvio padrão, com valores máximo e mínimo para as variáveis contínuas e com percentagem para as variáveis discretas.

3.7 Considerações Éticas e Legais

Um investigador tem obrigações e responsabilidades morais para com a sociedade, a comunidade científica e os participantes nos trabalhos de investigação, existindo um conjunto de direitos fundamentais que o investigador deve respeitar.^{(71) (74)}

O carácter idóneo e moralmente correcto do estudo foi respeitado através da garantia do anonimato dos indivíduos constituintes da amostra pela garantia de liberdade de participação e pela partilha de informação acerca dos objectivos e linhas gerais do estudo a todos os intervenientes.

Este trabalho foi realizado com autorização da Instituição Hospitalar onde decorreu o estudo, bem como o consentimento por parte do Director do Serviço de Cardiologia que nos facultou a autorização de cedência de utilização de dados (Apêndice III).

Pelo facto de se tratar de um estudo prospectivo, surgiu igualmente a necessidade de se elaborar um termo de consentimento informado (Apêndice IV). Assim elaborou-se um documento que foi assinado presencialmente por todos os indivíduos que constituíram a amostra garantindo o total anonimato e confidencialidade dos dados e posteriores resultados. Foi ainda explicado através de descrição sumária, o estudo a

realizar, bem como a isenção de risco, custo ou prejuízo pela inclusão dos indivíduos neste estudo.

O anonimato dos dados foi garantido através de um código numérico a cada elemento da amostra; os dados foram recolhidos informaticamente num formulário onde não constava qualquer elemento identificativo dos participantes (nome, morada, telefone, etc...) e de forma a garantir a confidencialidade apenas a mestranda e seus orientadores tiveram acesso á referida base de dados.

4.Resultados

4.1 Características demográficas e clínicas da amostra

Foram estudados 58 indivíduos distribuídos por dois grupos populacionais: grupo com DSVE e grupo de controlo. A seguir apresenta-se a distribuição de ambos grupos quanto às variáveis atributo definidas para a amostra (idade, sexo, raça, etiologia, classe NYHA).

Grupo com disfunção ventricular esquerda

O grupo de doentes com DSVE era constituído por 32 indivíduos com idades de 56±9anos (limites:27;71). A maior frequência ocorreu nas faixas etárias “46-55anos” e “56-65anos” com 40,6% e 37,5% respectivamente, tendo a faixa etária “25-35anos” menor frequência, ou seja 3,1% (gráfico 4.1).

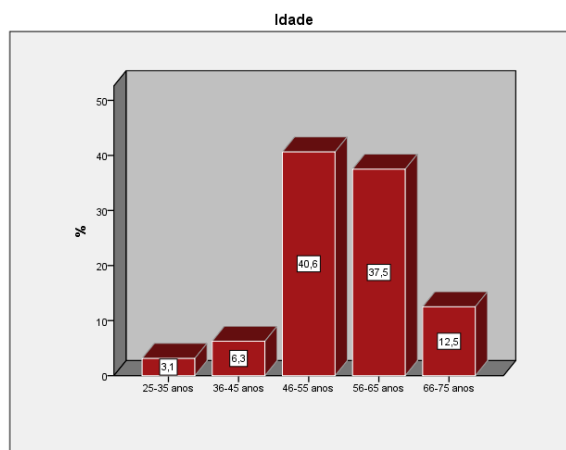


Gráfico 4.1: IDADE – Distribuição de frequências relativas

Os indivíduos que constituíram este grupo foram maioritariamente do sexo masculino (84,4%) (gráfico 4.2).

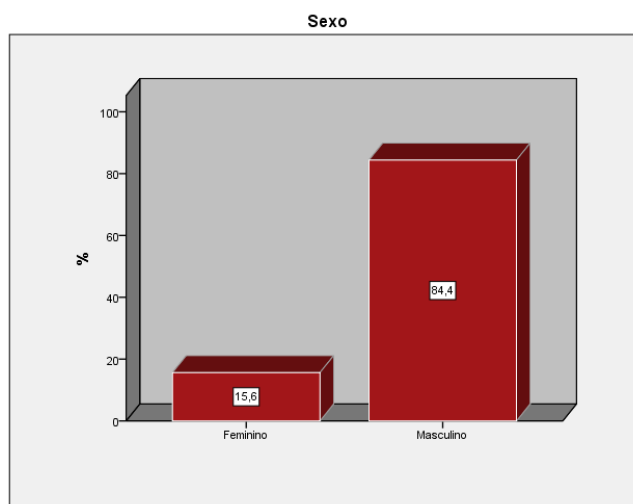


Gráfico 4.2: SEXO – Distribuição de frequências relativas

No que se refere á variável raça, este grupo era constituído por 87,5% indivíduos caucasianos e 12,5% de raça negra (gráfico 4.3).

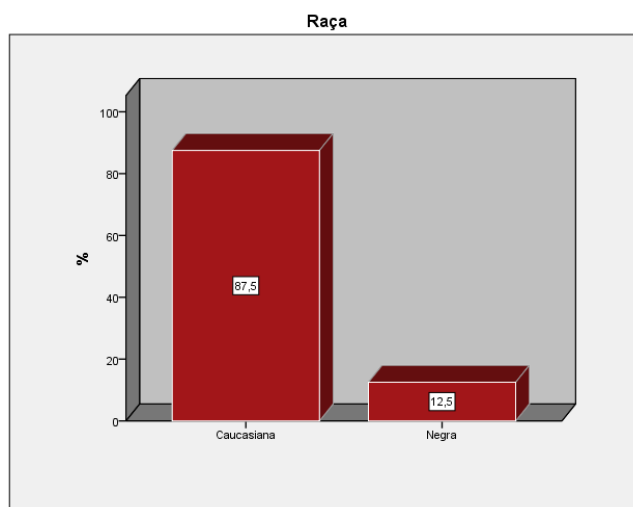


Gráfico 4.3: RAÇA – Distribuição de frequências relativas

As variáveis de caracterização clínica, servindo estas também como caracterização deste grupo e no que se refere à etiologia: a etiologia isquémica foi a mais frequente (62,5%) seguida da etiologia idiopática (18,8%), etiologia hipertensiva (6,3%), etiologia etanólica (6,3%), toxicidade (3,1%) e taquicardiomiopatia (3,1%) (gráfico 4.4).

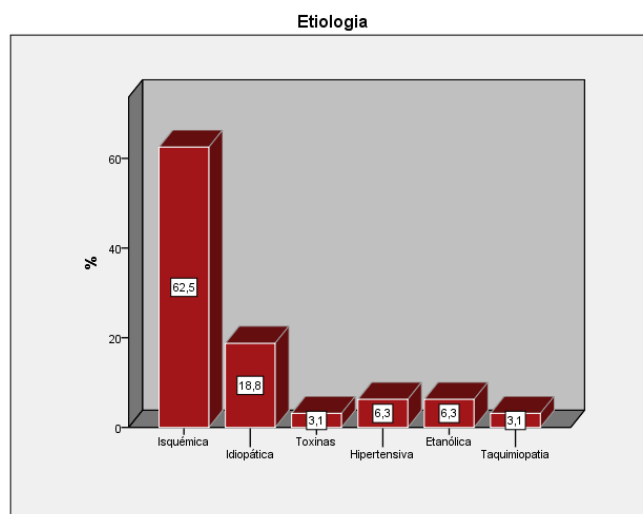


Gráfico 4.4: ETIOLOGIA – Distribuição de frequências relativas

Vejam os agora como se distribuiu os indivíduos deste grupo quanto à classificação da NYHA (tabela 4.1).

Tabela 4.1: Fracção de ejeção versus classe da NYHA

| | | | Classe NYHA | | | | Total |
|-------------------|---------------------------|---|-------------|-----------|------------|-----------|--------|
| | | | Classe I | Classe II | Classe III | Classe IV | |
| Fracção de ejeção | Fracção de ejeção ≤ a 30% | N | 3 | 4 | 4 | 2 | 13 |
| | % Fracção de ejeção | | 23,1% | 30,8% | 30,8% | 15,4% | 100,0% |
| Fracção de ejeção | Fracção de ejeção > a 30% | N | 4 | 13 | 2 | 0 | 19 |
| | % Fracção de ejeção | | 21,1% | 68,4% | 10,5% | 0,0% | 100,0% |
| Total | N | 7 | 17 | 6 | 2 | 32 | |
| | % Fracção de ejeção | | 21,9% | 53,1% | 18,8% | 6,3% | 100,0% |

Legenda: n – número de casos; NYHA-New York Heart Association.

Através da análise da tabela 4.1 podemos verificar que todos os indivíduos deste grupo apresentam FEVE moderada ou gravemente diminuída e a maior frequência ocorreu na classe II (53,1%), seguida da classe I e III (21,9% e 18,8% respectivamente). A classe IV apresentou uma percentagem de 6,2%, através da classificação da NYHA.

Ainda de acrescentar que a variável FE média do VE nos doentes com DSVE foi de $31,09 \pm 5,95\%$.

Grupo de controlo

O grupo de controlo era constituído por 26 indivíduos saudáveis com 52 ± 12 anos (limites: 28;71anos), sendo que a maior frequência ocorreu nas faixas etárias “46-55anos” e “56-65anos” com 34,6% e 23,1% respectivamente. A faixa etária “76-85anos” apresenta menor frequência (3,8%) como se pode ver no gráfico 4.5.

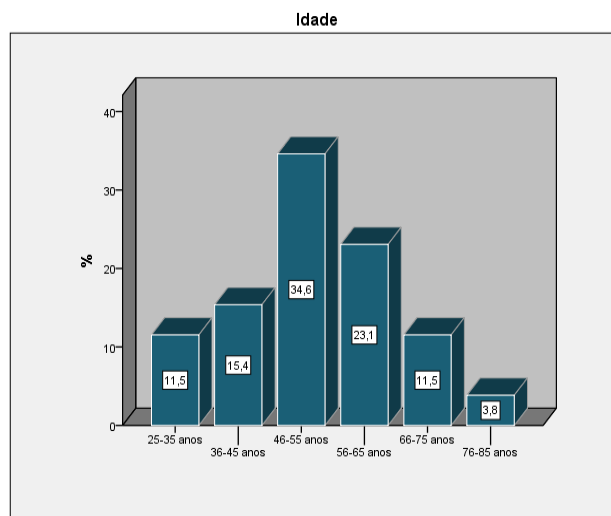


Gráfico 4.5: IDADE – Distribuição de frequências relativas

No que diz respeito ao sexo dos indivíduos incluídos neste grupo, eles foram maioritariamente do sexo feminino (61,5%) e 38,5% do sexo masculino (gráfico 4.6).

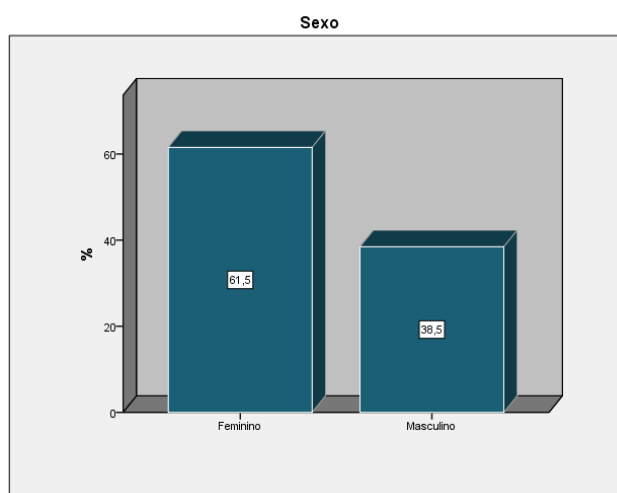


Gráfico 4.6: SEXO – Distribuição de frequências relativas

Em relação á raça podemos verificar no gráfico 4.7 que 76,9% dos indivíduos deste grupo eram caucasianos e 23,1% de raça negra.

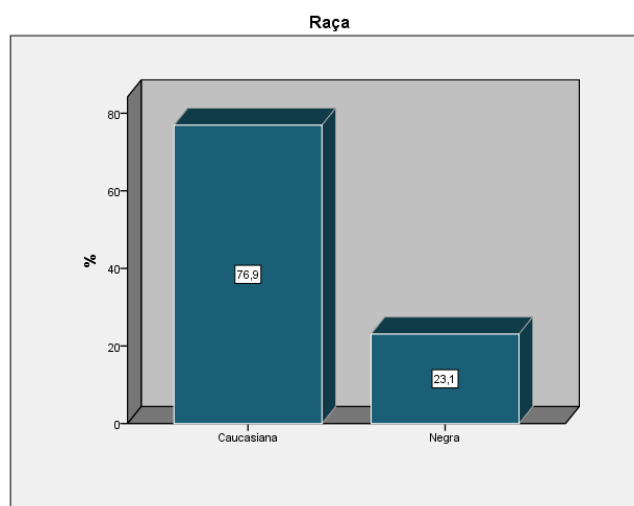


Gráfico 4.7: RAÇA – Distribuição de frequências relativas

4.2 Ecocardiografia convencional

Seguidamente são apresentados gráficos e tabelas onde é possível verificar os valores das variáveis ecocardiográficas obtidas por ecocardiografia convencional (2D, Modo-M e Doppler).

No que se refere à presença de insuficiência tricúspide no grupo de indivíduos com DSVE verificámos que 93,8% destes apresentaram insuficiência tricúspide ligeira e 6,3% insuficiência tricúspide moderada (gráfico 4.8).

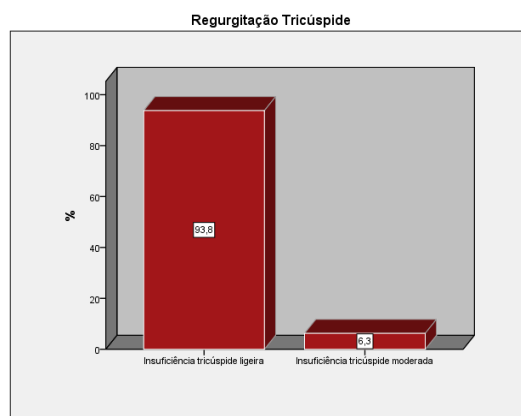


Gráfico 4.8: Regurgitação tricúspide – Distribuição de frequências relativas

No que se refere à variável alteração de relaxamento do VE, através do gráfico 4.9 verificamos que 59,4% dos indivíduos com DSVE apresentavam também alteração de relaxamento ventricular.

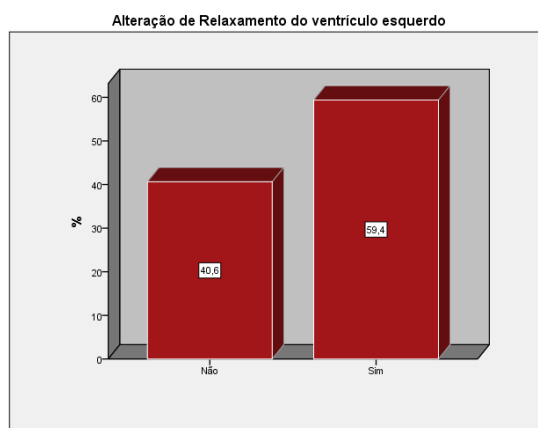


Gráfico 4.9: Alteração de relaxamento do ventrículo esquerdo – Distribuição de frequências relativas

No entanto, apenas 28,1% dos indivíduos deste grupo apresentaram padrão restritivo no fluxo Doppler mitral (gráfico 4.10).

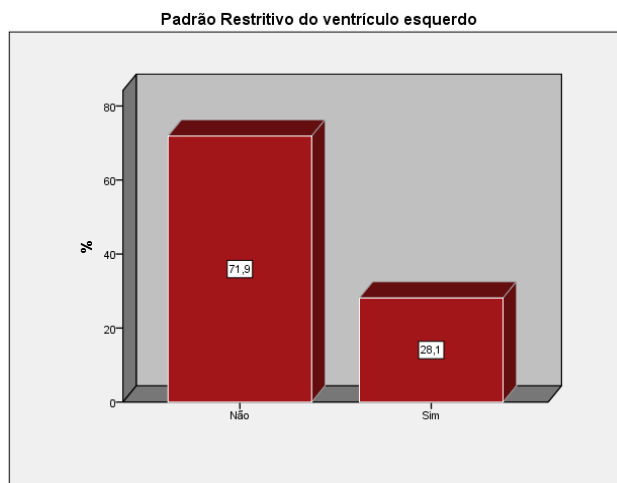


Gráfico 4.10: Padrão restritivo do ventrículo esquerdo – Distribuição de frequências relativas

A tabela 4.2 permite visualizar a distribuição dos parâmetros ecocardiográficos convencionais em ambos os grupos.

Tabela 4.2: Parâmetros ecocardiográficos convencionais

| | Valor P | Grupo caso (n=32) | Grupo controlo (n=26) |
|--|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Pressão sistólica da artéria pulmonar (mmHg) | 0,014 [□] | 24,62±6,78 | 29,00±6,17 |
| Excursão sistólica do anel tricúspide (mm) | 0,010 [□] | 18,44±4,20 | 21,35±4,08 |
| Diâmetro basal do ventrículo direito (mm) | 0,005 [□] | 34,22±6,59 | 29,62±4,96 |
| Diâmetro médio do ventrículo direito (mm) | NS [□] | 28,28±7,12 | 27,04±6,24 |

[□] Teste aplicado : *t Student*; NS- não significativo (P≥0,05)

Valores expressos como média ± desvio padrão.

A pressão sistólica da artéria pulmonar foi significativamente superior ($p=0,014$) no grupo de controlo variando entre $29,00\pm 6,17$ mmHg em comparação com o grupo com DSVE, onde a PSAP varia entre $24,26\pm 6,78$ mmHg. Todavia um valor de PSAP de 29mmHg é considerado normal.

No que concerne á excursão sistólica do anel tricúspide, esta foi significativamente inferior no grupo com DSVE (18,44±4,20mm versus 21,35±4,08mm).

Relativamente ao diâmetro basal do VD, este foi significativamente superior ($p=0,005$) no grupo com DSVE em comparação com o grupo de controlo (34,22±6,59mm versus 29,62±4,96mm). Já para o diâmetro médio do VD as diferenças entre os 2 grupos não foram estatisticamente significativas.

4.3 Deformação miocárdica longitudinal

A tabela 4.3 reflecte os valores de deformação longitudinal (regional e global) em ambos grupos.

Tabela 4.3: Pico sistólico de *strain* longitudinal

| | Valor P | Grupo caso (n=32) | Grupo controlo (n=26) |
|--|---------------------|----------------------|--------------------------|
| <i>Strain</i> longitudinal lateral basal (%) | 0,005 [□] | -15,55±9,63 | -21,93±7,04 |
| <i>Strain</i> longitudinal lateral médio (%) | 0,004 [□] | -15,16±8,57 | -21,31±6,61 |
| <i>Strain</i> longitudinal septal basal (%) | <0,001 [□] | -7,85±8,63 | -16,48±5,94 |
| <i>Strain</i> longitudinal septal médio (%) | <0,001 [□] | -10,60±6,46 | -16,92±6,30 |
| <i>Strain</i> longitudinal global (%) | <0,001 [□] | -13,55±5,22 | -20,54±5,51 |

Legenda:*assumindo que as variâncias são diferentes; [□] Teste aplicado : *t Student*

Valores expressos como média ± desvio padrão.

Pela análise da tabela 4.3 é possível verificar que o pico sistólico de *strain* longitudinal basal (-21,93±7,03%) e médio (-21,31±6,61%) da parede lateral foi significativamente superior ($p=0,005$ e $p=0,004$) no grupo de controlo em comparação com o grupo com DSVE.

O pico sistólico *strain* longitudinal basal (-16,48±5,93%) e médio (-16,92±6,30%) da parede septal foi também significativamente superior ($p = <0,001$) no grupo de controlo em comparação com o grupo com DSVE.

No que se refere ao pico sistólico de *strain* longitudinal global (-13,55±5,22%), este foi significativamente inferior no grupo com DSVE em comparação com o grupo de controlo (-20,54±5,51%).

4.3.1 Definição de sub-grupos

A partir das variáveis TAPSE e onda S' obtida por DT (S'DT) criou-se uma nova variável - **disfunção ventricular direita**- cuja verificação exigiu o cumprimento simultâneo de duas condições e por conseguinte a divisão do grupo de indivíduos com DSVE em 2 sub-grupos:

- No subgrupo **com disfunção ventricular direita** foram incluídos todos os indivíduos com **TAPSE <16mm e S'DT ≤10cm/s**.

- No subgrupo **sem disfunção ventricular direita** foram incluídos os restantes, ou seja, indivíduos com **TAPSE ≥16mm e S'DT > 10cm/s**.

Assim e considerando também o grupo de controlo obtivemos os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão do SLG como mostra a tabela 4.4:

Tabela 4.4: Distribuição do *Strain* longitudinal global nos 2 sub-grupos e grupo de controlo

| | GRUPO | N | MÍNIMO | MÁXIMO | MÉDIA | DESVIO PADRÃO |
|--------------------------------|------------------|----|--------|--------|----------|---------------|
| Strain longitudinal global (%) | Com disfunção VD | 8 | -5.10 | -17.10 | -8.9875 | 3.79264 |
| | Sem disfunção VD | 24 | -3.20 | -23.30 | -15.0833 | 4.76615 |
| Strain longitudinal global (%) | Controle | 26 | -10.00 | -30.80 | -20.5488 | 5.51415 |

Por observação desta tabela, concluímos que existem diferenças nestes três grupos, quer no que diz respeito á amplitude (diferença entre o máximo e o mínimo), quer em relação á média, relativamente ao *strain* longitudinal global.

4.3.2 Definição de *cut-off* para a variável *strain* longitudinal global

Através da inferência estatística, o cálculo do valor limite "*cut-off*" para a variável SLG, estabeleceu-se a partir do grupo de controlo.

Como esta variável segue uma distribuição normal, então 95% das suas observações encontram-se entre: a média menos 2 vezes o desvio padrão e a média mais duas vezes o desvio padrão (tabela 4.5).

Tabela 4.5: Definição de *cut-off* na variável *strain* longitudinal global

| SLG médio |
|---|
| Média±DP:-20,54±5,5 |
| Média +2*DP= -9,54 |
| Média -2*DP=-31,54 |
| Com compromisso sistólico: ≥-9,54 |
| Sem compromisso sistólico: <-9,54 |

Estabeleceu-se como *cut-off* a presença ou não de compromisso sistólico do VD o limite superior (média ±2*DP) para a variável SLG – na avaliação da deformação longitudinal valores negativos quanto mais próximo da linha de base (zero) maior o compromisso ventricular.

4.3.2.1 Aplicação do *cut-off*

Na tabela seguinte estão apresentados o número de casos com compromisso ventricular, detectados nos sub-grupos com e sem disfunção ventricular direita.

Tabela 4.6: Distribuição do número de indivíduos com compromisso do VD no grupo com disfunção sistólica ventricular esquerda

| | | Strain longitudinal global | | Total |
|------------------------------|-----|----------------------------|--------------------------------|------------|
| | | SLG inferior a -9.54% | SLG superior ou igual a -9.54% | |
| Disfunção Ventriculo Direito | Não | 3 12,5% | 21 87,5% | 24 100% |
| | Sim | 4 50% | 4 50% | 8 100% |
| Total | | 7 21,9 | 25 78,1 | 32 100% |

Teste aplicado: Teste exacto de Fisher ($p=0,47$)

Após aplicação do *cut-off* no grupo de 32 indivíduos com DSVE, em que 8 já apresentavam disfunção do VD por parâmetros ecocardiográficos convencionais e os restantes 24 faziam parte do sub-grupo sem disfunção do VD, verificamos que 4 (50%) indivíduos do sub-grupo com disfunção do VD e 21 (87,5%) do sub-grupo sem disfunção do VD apresentaram compromisso sistólico do VD, no entanto esta diferença não foi estatisticamente significativa ($p=0,47$).

4.4 *Strain* longitudinal global e Classe funcional da NYHA

A tabela 4.7 mostra o cruzamento entre as variáveis *strain* longitudinal global e classe da NYHA, de forma a responder ao 4º objectivo deste trabalho de investigação.

Tabela 4.7: Strain longitudinal global versus classe da NYHA

| | | | Strain longitudinal global (%) | | Total |
|--------------------|------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|
| | | | SLG inferior a -9.54 | SLG igual ou superior a -9.54 | |
| Classe NYHA | Classe I | % Classe NYHA | 28,6% | 71,4% | 100,0% |
| | | n | 2 | 5 | 7 |
| | Classe II | % Classe NYHA | 11,8% | 88,2% | 100,0% |
| | | n | 2 | 15 | 17 |
| | Classe III | % Classe NYHA | 33,3% | 66,7% | 100,0% |
| | | n | 2 | 4 | 6 |
| | Classe IV | % Classe NYHA | 50,0% | 50,0% | 100,0% |
| | | n | 1 | 1 | 2 |
| Total | | % Classe NYHA | 21,9% | 78,1% | 100,0% |
| | | n | 7 | 25 | 32 |

Legenda: NYHA – New York Heart Association

Da análise desta tabela, observamos que dos indivíduos que apresentam *strain* longitudinal global reduzido ($\geq -9,54\%$), 4 (50%) encontravam-se em classe III e 1 (78,1%) em classe IV da NYHA. No entanto, a classe II da NYHA é a que apresenta maior percentagem (88,2%) visto ser a classe predominante da nossa amostra. Contudo, esta tabela é meramente informativa, pois não foram verificadas as condições de aplicabilidade do teste qui-quadrado ($p=0,46$).

5. Discussão

Durante décadas, o estudo do VD foi erradamente ignorado e considerado dispensável na avaliação da função cardíaca. ⁽¹⁵⁾

Inicialmente, a FSVD baseava-se apenas na estimativa visual da contractilidade miocárdica em 2D, contudo bastante limitada pela variabilidade intra e inter-observador. ^{(15) (75)}

A disfunção sistólica do VD está associada a um grande aumento de morbilidade e mortalidade em doentes com IC, doença valvular, cardiopatia congénita, DAC e hipertensão pulmonar. ^{(67) (76)}

O modelo conceptual que a ICE causa alterações estruturais e funcionais que influenciam unicamente a função do VE, enquanto a função do VD permanece inalterada foi durante muitos anos seguido. ⁽²⁹⁾

Como já foi referido no enquadramento teórico, o VD é fundamental para a manutenção da estabilidade hemodinâmica, sendo que o diagnóstico precoce de disfunção ventricular direita é um parâmetro de extrema importância para o prognóstico dos doentes com IC, permitindo ao clínico um melhor manejo terapêutico. ⁽⁴⁰⁾

A função do VD é um importante factor prognóstico para uma variedade de patologias cardiovasculares, mas a sua avaliação ultrassonográfica continua a ser um grande desafio. ⁽¹⁵⁾

A TAPSE e a velocidade sistólica do plano do anel tricúspide (onda S') são dois dos parâmetros ecocardiográficos largamente usados para avaliação da FSVD na prática clínica, pois são de fácil obtenção através de uma única medição em Modo-M ou com recurso ao DT. Contudo estes parâmetros reflectem meramente a extensão/velocidade do movimento sistólico da porção lateral do anel tricúspide em direcção ao ápex. ^{(15) (16) (77)}

O objectivo principal deste trabalho consistiu em demonstrar a utilidade do *strain* bidimensional na avaliação precoce da disfunção ventricular direita num grupo de doentes com DSVE.

O grupo com DSVE encontrava-se na sua maioria em classe funcional II (53,1%) da NYHA e por avaliação ecocardiográfica 2D, todos os indivíduos apresentavam FE ventricular esquerda moderada ou gravemente diminuída (31,09±5,95%).

Quanto à etiologia da IC, a etiologia isquémica é a mais frequente (62,5%) neste estudo, pois a DAC é a causa de aproximadamente dois terços dos casos de IC sistólica, afectando sobretudo o sexo masculino (84,4% neste caso).

No que se refere aos diâmetros (basal e médio) do VD, estes foram superiores no grupo com DSVE do que no grupo de controlo, mas apenas o diâmetro basal foi significativamente diferente aquando da comparação entre grupos ($34,22 \pm 6,59$ mm vs $29,62 \pm 4,96$ mm).

Estes resultados podem ser explicados pelo facto de terem sido incluídos neste estudo indivíduos com regurgitação tricúspide predominantemente ligeira, sem hipertensão pulmonar significativa e/ou doença pulmonar.

O VD é constituído por uma parede fina e a sua reserva contráctil é limitada; contudo este adapta-se melhor a sobrecarga de volume (situação frequente em doentes com IC), o que contribui igualmente para a disfunção ventricular direita.^{(15) (46)}

O valor da PSAP foi significativamente superior no grupo de controlo quando comparado com o grupo com DSVE ($29,00 \pm 6,17$ mmHg vs $24,62 \pm 6,78$ mmHg); no entanto ambos os grupos apresentam na sua maioria valores de PSAP normais.

A TAPSE foi significativamente superior no grupo de controlo ($21,35 \pm 4,08$ mm) que no grupo com DSVE ($18,44 \pm 4,20$ mm), contudo este parâmetro ecocardiográfico não reflecte por si só o compromisso da função sistólica ventricular direita.

Vários estudos têm demonstrado que os parâmetros ecocardiográficos obtidos pela ecocardiografia convencional como seja a avaliação do fluxo tricúspide, fluxo da artéria pulmonar, deslocamento do plano do anel tricúspide lateral (TAPSE e onda S' pelo DT) apresentam limitações, sendo influenciados pela pré e pós carga ventricular.⁽¹⁷⁾

Estes parâmetros ecocardiográficos fornecem-nos informação acerca da função global do VD, mas a sua avaliação é restrita à função longitudinal do anel tricúspide lateral, não avaliando alterações de contractilidade regionais na parede livre e no SIV.⁽⁵⁸⁾

Além do mais, valores obtidos através da TAPSE e/ou velocidade da onda S' podem ser influenciados pela co-existência de alterações regionais na parede lateral do VD.⁽⁷⁸⁾

Assim os achados relevantes provenientes deste estudo foram:

- 1) Os indivíduos do grupo de controlo apresentaram valores de deformação (pico longitudinal de *strain* sistólico) longitudinal regional (segmentos basal e médio do SIV e parede lateral) e global significativamente superiores quando comparados com os indivíduos com DSVE,

- 2) Quando a TAPSE e a velocidade da onda S' foram utilizados como valores de referência, o valor médio do PLSS global de -9,54% identificou compromisso ventricular direito.

O *strain* 2D (técnica de ST) demonstrou ser uma técnica de valor acrescido quando comparado com outros parâmetros ecocardiográficos, pois permite a análise regional da contractilidade do VD, e tal como acontece para o VE, é essencial perceber se a redução da *performance* ventricular direita se deve a disfunção global ou a alterações regionais da contractilidade miocárdica.

Para além disto, o *strain* 2D identifica discretas alterações regionais de contractilidade miocárdica que são insuficientes para alterar a função sistólica global, no entanto têm implicação no diagnóstico e prognóstico.⁽⁵⁸⁾

Neste estudo os valores do PLSS obtidos para o SIV em ambos os grupos são inferiores aos obtidos para a parede lateral, o que está de acordo com os achados de Stefani et al. em que o PLSS é significativamente superior para a parede livre do VD, embora esta investigação tenha sido realizada numa população de atletas.⁽⁶³⁾

Uma possível explicação para tal deve-se ao facto da parede lateral apresentar uma espessura fina e contrai contra uma baixa resistência vascular, o que contribui para um *strain* longitudinal elevado.⁽⁵⁸⁾

Também Cameli et al. encontraram uma forte correlação entre o *strain* longitudinal da parede livre (técnica não invasiva) e o índice sistólico de trabalho do VD (RVSWI) – técnica invasiva de avaliação da função sistólica do VD.⁽⁷⁾

Por outro lado, o SIV reparte as mesmas fibras que formam o VE e a sua contractilidade é não só influenciada pelas condições de carga do VD, mas também pela pré-carga elevada do VE.

Deste modo, alguns autores publicaram estudos usando a técnica de ST para o estudo da deformação miocárdica ventricular direita e escolheram a análise do SIV como parte integrante do VD. O SIV não pode simplesmente fazer parte do VE, pois o seu encurtamento contribui para a fase de ejeção do VD e alguma alteração na sua contractilidade diminui a *performance* do VD.⁽⁷⁹⁾

Neste estudo, a média global do PLSS (SIV e parede livre do VD) dos indivíduos do grupo de controlo foi significativamente superior quando comparada com o grupo com DSVE (-20,54±5,51% vs -13,55±5,22%. De igual modo, Meris et al compararam 2 grupos (indivíduos saudáveis com indivíduos com disfunção ventricular direita) e

demonstraram que a média global do PLSS foi significativamente superior no grupo de indivíduos saudáveis que no grupo com disfunção ventricular direita. ⁽⁵⁸⁾

Apesar do grupo de controlo ser de pequena dimensão optou-se por definir um *cut-off* : com

($\geq -9,54\%$) e sem ($< -9,54\%$) compromisso ventricular direito, a partir deste, por ter características idênticas quanto ao sexo, idade e raça, no entanto ressalva-se a ideia que é um valor meramente indicativo.

Após a aplicação deste *cut-off* obtivemos 50% (4/8) dos indivíduos do sub-grupo com disfunção sistólica e 87,5% (21/24) dos indivíduos do sub-grupo sem disfunção pelos parâmetros ecocardiográficos convencionais que apresentavam compromisso ventricular direito, contudo esta diferença não foi estatisticamente significativa ($p=0,47$).

A análise da deformação do VD por 2D *ST* é uma técnica ecocardiográfica relativamente recente, no entanto bastante reproduzível e de fácil execução que permite a avaliação da deformação longitudinal regional e global do VD. Ao contrário da TAPSE, o *strain* 2D não depende do ângulo de incidência dos U.S. e é relativamente independente do *tethering* e translação cardíaca, sendo por isso uma técnica bastante promissora no que diz respeito à avaliação da função ventricular direita, contudo requer ainda uma rigorosa investigação.

Diferentemente do que acontece com os parâmetros ecocardiográficos convencionais, o 2D *ST* integra na sua avaliação não só a parede lateral mas também o contributo do SIV para a sístole ventricular direita.

5.1 Limitações

Este estudo apresenta várias limitações.

Primeiro, foram excluídos os segmentos apicais por dificuldade no *tracking* do endocárdio na região apical, optando-se por incluir neste estudo apenas os segmentos basais e médios, no entanto neste processo foi utilizado um *software* de speckle tracking do VE adaptado ao VD, e por isso talvez esta seja limitação do *software* e não do estudo.

Outra das limitações deste estudo prende-se com o facto da via apical de 4C representar apenas o TE e parte da parede livre do VD, sendo que a avaliação da função longitudinal não é extensível a todas as paredes do VD com este método.⁽⁸⁰⁾

Contudo, *Geva et al.* compararam a ecocardiografia com a RMC, demonstrando que o TE do VD realiza grande parte da função bomba desta câmara e que o TS serve praticamente como via de passagem do sangue do VD para a artéria pulmonar.⁽⁸¹⁾

A janela acústica apical de 4C, apesar de não abranger toda a parede livre do VD, avalia a sua porção lateral que é a que possui mais fracção de encurtamento, de acordo com estudos que utilizaram a RMC com o *tagging* miocárdico para avaliação da deformação regional, metodologia idêntica ao ST.⁽⁸¹⁾

O tamanho reduzido da amostra constitui outra das limitações deste estudo, que apesar de envolver indivíduos com diferentes etiologias de DSVE, não foram analisados os casos de disfunção ventricular direita de acordo com a etiologia (pelo seu número limitado) e tão pouco possível definir padrões específicos de alteração de *strain* 2D nesses grupos.

Outra das limitações deste estudo, á semelhança de outros estudos realizados, prende-se com o facto do *software* de análise do *strain* 2D que foi originalmente projectado para o VE foi igualmente aplicado ao VD.

Ainda de acrescentar, que neste trabalho somente foi analisado o strain longitudinal, por ser este o que melhor traduz a contracção ventricular direita e pelo facto de serem necessários mais estudos que validem a reprodutibilidade e exequibilidade de transferência do *software* aplicado ao VD.^{(15) (16)}

6. Considerações Finais

Durante muitas décadas, o VD foi considerado uma câmara passiva cuja importância fisiológica foi sub-estimada e a *performance* foi considerada hemodinamicamente sem importância. ^{(15) (16)}

O crescente reconhecimento da importância da disfunção do VD na patogénese e no prognóstico de múltiplas doenças cardiovasculares levou a um ressurgimento do interesse em avaliar a sua forma e função. ⁽¹⁶⁾

A função do VD pode ser afectada quer por doença cardíaca primária do coração direito quer por patologias do coração esquerdo ou por doença pulmonar. Desta forma, a disfunção do VD pode ser afectada pelo VE, não só limitando a pré carga, mas também por alterações sistólicas através do SIV e do pericárdico (interdependência ventricular). Além disto, a função do VD demonstrou ser um dos principais determinantes da evolução clínica e consequentemente deve ser considerada durante a avaliação e tratamento dos doentes. ⁽⁸²⁾

A avaliação precisa da função ventricular direita é essencial no estudo ecocardiográfico de rotina, sendo fundamental a sua avaliação na presença de alterações no coração esquerdo.

Devido á complexidade do VD e da marcada dependência das condições de carga na sua função e nos parâmetros hemodinâmicos do coração direito, o estudo da função ventricular direita continua a ser um desafio, integrando múltiplos parâmetros que podem ser obtidos com diferentes técnicas ecocardiográficas. ^{(15) (16)}

O estudo da deformação miocárdica com recurso ao 2D ST, apesar de ainda não recomendado por rotina, parece ter um valor acrescido em relação á estimativa grosseira da TAPSE e da velocidade da onda S' do anel tricúspide obtida por DT, pois permite a análise regional e global da contractilidade do VD. Além disso identifica alterações sub-clínicas e localizadas na contractilidade, ainda insuficientes para afectar a função sistólica global e portanto tem implicações de diagnóstico e prognóstico. ^{(15) (16)}

Segundo a revisão bibliográfica realizada, este é o primeiro estudo efectuado em Portugal que utilizou a deformação miocárdica longitudinal (técnica de *speckle tracking*) para detectar precocemente o compromisso ventricular direito em doentes com DSVE.

Assim, mais estudos de avaliação subclínica de disfunção ventricular direita na população com ICE deveriam ser realizados, atendendo não só ao aumento crescente desta síndrome em todo o mundo, mas também porque o estudo da deformação miocárdica parece ser uma poderosa ferramenta de avaliação da função regional e global do VD.

Sugere-se que estudos futuros tenham como base uma amostra de maior dimensão e se possível sejam estudadas a disfunção sistólica e diastólica do VD em diferentes etiologias da ICE, a fim de obter um padrão específico de *strain* 2D nesses grupos.

Por último era bastante pertinente um estudo prospectivo, utilizando a técnica de ST para estratificação de risco de disfunção ventricular direita nos doentes com ICE.

Deste modo, os parâmetros de deformação miocárdica e sobretudo do VD devem ser integrados no estudo ultrassonográfico cardíaco da população com DSVE, a fim de aumentar a sensibilidade e especificidade na avaliação da função ventricular direita, para que esta técnica se torne o *gold standard* de avaliação do VD. Para tal, avanços em ecocardiografia tridimensional e o *strain* tridimensional poderão levar a uma forma mais fácil e mais reprodutível de avaliação da função das cavidades cardíacas direitas.

Em conclusão, esta metodologia de diagnóstico (2D ST) permite detectar precocemente e de uma forma mais precisa a disfunção ventricular direita, sabendo que esta se associa a pior prognóstico dos doentes com DSVE, a utilização sistemática do *strain* 2D do VD poderá implicar estratégias terapêuticas mais agressivas e melhor estratificação de risco nesta população.

Bibliografia

1. McMurray JJV, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Böhm M, Dickstein K et al. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The task force for diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European Heart Journal*. 2012; 33:1787-1847.
2. Lafitte S. Do we need new echocardiographic prognosticators for the management heart failure patients? *Journal of the American College of Cardiology*. 2009; 54(7):625-7.
3. Heart Failure Society of America. HFSA 2010 comprehensive heart failure practice guideline. *Journal of Cardiac Failure*. 2010; 16(6):475-539.
4. Guendouz S, Rappeneau S, Nahum J, Dubois-Randé JL, Gueret P, Monin JL et al. Prognostic significance and normal values of 2D strain to assess right ventricular systolic function in chronic heart failure. *Circ J*. 2012; 76:127-136.
5. Damy T, Viallet C, Lairez O, Deswarte G, Paulino A, Maison P et al. Comparison of four right ventricular systolic echocardiographic parameters to predict adverse outcomes in chronic heart failure. *European Journal of Heart Failure*. 2009; 11:818-824.
6. Rubis P, Podolec P, Kopec G, Olszowska M, Tracz W. The dynamic assessment of right-ventricular function and its relation to exercise capacity in heart failure. *European Journal of Heart failure*. 2010; 12:260-267.
7. Camelli M, Lisi M, Righini FM, Tsioulpas C, Bernazzali S, Maccherini M et al, Right ventricular longitudinal strain correlates well with right ventricular stroke work index in patients with advanced heart failure referred for heart transplantation. *J Cardiac Fail*. 2012; 18:208-215.
8. Kevin LG, Barnard M. Right ventricular failure. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*. 2007; 7(3):89-94.
9. Voelkel NF, Quaife RA, Leinwand LA, Barst RJ, Mcgoon MD, Meldrum DR. Right ventricular function and failure: report of National Heart, Lung and Blood Institute Working Group on Cellular and Molecular Mechanisms of right heart failure. *Circulation*. 2006; 114:1883-1891.
10. Lindqvist P, Calcutteea A, Henein M. Echocardiography in the assessment of right heart function. *Eur J Echocardiogr*. 2008; 9:225-34.
11. Mancini D, Lietz K. Selection of cardiac transplantation candidates in 2010. *Circulation*. 2010; 122:173-83.

12. Maekawa E, Inomata T, Watanabe I, Yanagisawa T, Mizutani T, Shinagawa H et al. Prognostic significance of right ventricular dimension on acute decompensation in chronic left-sided heart failure. *Int Heart J.* 2011; 52:119-126.
13. Ghio S, Tavazzi L. Right ventricular dysfunction in advanced heart failure. *Ital Heart J.* 2005; 6:852-5.
14. Meyer P, Filippatos GS, Ahmed MI, Iskandrian AE, Bittner V, Perry GJ et al. Effects of right ventricular ejection fraction on outcomes in chronic systolic heart failure. *Circulation.* 2010; 121:252-258.
15. Jurcut R, Giusca S, La Gerche A, Vasile S, Gingham C, Viogt JU. The echocardiographic assessment of the right ventricle: what to do in 2010?. *European Journal of Echocardiography.* 2010; 11:81-96.
16. Rudski LG, Lai CWW, Afilalo J, Hua L, Solomon SD, Louie EK et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010; 23:685-713.
17. Felix AS, Alcantara ML, Siliciano APRV, Guimarães DP, Lacoste MO, Camillo BQ et al. Strain 2D como índice promissor para a avaliação da função sistólica do ventrículo direito. *Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc.* 2010; 23(1):18-25.
18. Sanz J, Fernández-Friera L, Moral S. Imaging techniques and the evaluation of the right heart and the pulmonar circulation. *Rev Esp Cardiol.* 2010; 63(2): 209-23.
19. Spinarova L, Meluzin J, Toman J, Hude P, Krejci J, Vitovec J. Right ventricular dysfunction in chronic heart failure patients. *European Journal of Heart failure.* 2005; 7:485-489.
20. Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P. Strain and strain rate deformations parameters: From tissue Doppler to 2D speckle tracking. *International Journal of Cardiovascular Imaging.* 2008; 24:479-91.
21. Price D, Wallbridge D, Stewart M. Tissue Doppler imaging: Current and potential clinical applications. *Heart.* 2000; 84:ii1-ii18.
22. Lai WW, Gauvreau K, Rivera ES, Saleeb S, Powell AJ, Geva T. Accuracy of guideline recommendations for two –dimensional quantification of right ventricle by echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2008; 24:691-698.
23. Zamorano J, Bax J, Rademakers F, Knuuti J. The ESC textbook of cardiovascular imaging. European Society of Cardiology: 2009.
24. Marwick T, Yu C, Sun J. Myocardial Imaging: Tissue Doppler and speckle tracking. Blackwell Publishing: 2007.
25. Hayabuchi Y, Sakata M, Ohnishi T, Kagami S. A novel bilayer approach to ventricular deformation analysis by speckle tracking imaging in children with right ventricular overload. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011; 24:1205-12.

26. Fukuda Y, Tanaka H, Sugiyama D, Ryo K, Onishi T, Fukuda H et al. Utility of right ventricular free wall speckle tracking strain for evaluation of right ventricular performance in patients with pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011; 24:1101-8.
27. Rother E, Braga M. O novo estilo de Vancouver: o que mudou nas referências. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia.* 2004;67(4):692-4.
28. Ciampi Q, Villari B. Role of echocardiography in diagnosis and risk stratification in heart failure with left ventricular systolic dysfunction. *Cardiovascular Ultrasound.* 2007; 5:34.
29. Dickstein K, Cohen-Solal A, Filippatos G, McMurray JJV, Ponikowski P, Poole-Wilson PA et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2008 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). *Eur Heart J.* 2008; 29: 2388–2442.
30. Zhang L, Dokainish H. Echocardiography in the assessment of heart failure. *Minerva Cardioangiol.* 2009; 57(4): 457-66.
31. Kirkpatrick JN, Vannan MA, Narula J, Lang RM. Echocardiography in heart failure: applications, utility and new horizons. *J Am Coll Cardiol.* 2007; 50(5): 381-96.
32. Cardim N. Ecocardiografia Transtorácica. *In Lidel (eds). Miocardiopatia Dilatada.* 2009; pp74-103.
33. Mahmud M, Champion HC. Right ventricular failure complicating heart failure: pathophysiology significance, and management strategies. *Current Cardiology reports.* 2007; 9:200-208.
34. Lang RM, et al. Recommendations for chamber quantification: A report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in Conjunction with the European Association Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography.* 2005, Vol.18 (12).
35. Anderson B. The normal examination and echocardiographic measurements. 1ªEd. Austrália: MGA graphics, 2000.
36. Galiuto L, Badano L, Fox K, Sicari R, Zamorano JL. The EAE Textbook of Echocardiography. Oxford. Assessement of systolic function. 2011; pp117-123.
37. Citro R, Bossone E, Kuersten B, Gregorio G, Salustri A. Tissue Doppler and strain imaging: anything left in the echo-lab? *Cardiovascular Ultrasound.* 2008; 6 (54).

38. DelCastillo J, Herszkowicz N, Ferreira C. Speckle tracking – A contractilidade miocárdica em sintonia fina. *Revista Brasileira de Ecocardiografia e Imagem Cardiovascular*. 2010;23(3):46-54.
39. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese society of echocardiography. *J Am Echocardiogr*. 2011; 24:277-313.
40. Selton-Suty C, Juillière Y. Non-invasive investigations of the right heart: how and why? *Archives of cardiovascular disease*. 2009; 102:219-232.
41. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, Part I – Anatomy, Physiology, Aging and functional assessment of the right ventricle. *Circulation*. 2008; 117:1436-1448.
42. Mehta SR, Eikelboom JW, Natarajan MK et al. Impact of right ventricular involvement on mortality and morbidity in patients with inferior myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 37: 37–43.
43. Ho SY, Nihoyannopoulos P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart*. 2006; 92:i2-i13.
44. Buckberg GD. The ventricular septum: the lion of right ventricular function, and its impact on right ventricular restoration. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006;29(1): 272-8.
45. Klima UP, Lee MY, Guerrero JL et al. Determinants of maximal right ventricular function: role of septal shift. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 123:72-80.
46. Barreto RBM, Guerra E. Strain 2D para a avaliação da função sistólica do ventrículo direito – a solução final? *Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc*. 2010; 23(1):12-13.
47. Miller D, Farah MG, Liner A, Fox K, Schuchter M, Hoit BD. The relation between quantitative right ventricular ejection and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004; 17:443-7.
48. Gupta S, Khan F, Weeks SG, Litwin SE, Michaels AD. The associations between tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), ventricular dyssynchrony, and ventricular interaction in heart failure patients. *European Journal of Echocardiography*. 2008; 9:766-771.
49. Ozdemir AO, Kaya CT, Ozdol C, Candemir B, Turhan S, Dincer I et al. Two – dimensional longitudinal strain and strain rate imaging for assessing the right ventricular function in patients with mitral stenosis. *Echocardiography*. 2010; 27:525-533.
50. Vitarelli A, Terzano C. Do you have two hearts? New insights in right ventricle function supported by myocardial imaging echocardiography. *Heart Fail Rev*. 2010; 15:39-61.

51. Kjaergaard J, Iversen KK, Akkan D, Möller JE, Køber LV, Torp-Pedersen C, Hassager C. Predictors of right ventricular function as measured by tricuspid annular plane systolic excursion in heart failure. *Falta acabar*
52. Teske AJ, De Boeck BWL, Melman PG, Sieswerda GT, Doevendans P, Cramer MJM. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue deformation imaging, a guide to image acquisition and analysis using tissue Doppler and speckle tracking. *Cardiovascular Ultrasound*. 2007; 5:27.
53. D'Andrea A, Salerno G, Scarafilo R, Riegler L, Gravino R, Castaldo F et al. Right ventricular myocardial function in patients with either idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy without clinical signs of right heart failure: effects of cardiac resynchronization therapy. *Pace*. 2009; 32:1017-1029.
54. López-Candales A, Rajagopalan N, Saxena N, Gulyasy B, Edelman K, Bazaz R. Right ventricular systolic function is not the sole determinant of tricuspid annular motion. *J Am Cardiol*. 2006; 98:973-977.
55. Mondillo SGM, Mele DM, Lomoriello VS, Zacà V et al. Speckle tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. *J Ultrasound Med*. 2011; 30: 71-83.
56. Cameli M, Lisi M, Mondillo S, Padeletti M, Ballo P, Bigio E et al. Prediction of stroke volume by global left ventricular longitudinal strain in patients undergoing assessment for cardiac transplantation. *J Crit Care*. 2011; 26:13-20.
57. Mondillo S, Cameli M, Caputo ML, Lisi M, Palmerini E, Padeletti M et al. Early detection of left atrial strain abnormalities by speckle tracking in hypertensive and diabetic patients with normal left atrial size. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011; 24:898-908.
58. Meris A, Faletra F, Conca C, Klersy C, Regoli F, Klimusina J et al. Timing and magnitude of regional right ventricular function: a speckle tracking-derived strain study of normal subjects and patients with right ventricular dysfunction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010; 23:823-31.
59. Miller D, Farah MG, Fox K, Schluchter M, Hoit BD. The relation between quantitative right ventricular ejection fraction and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance. *J Am Echocardiogr*. 2004; 17:443-7.
60. Friedberg MK, Mertens L. Tissue velocities, strain, and strain rate of echocardiographic assessment of ventricular function in congenital heart disease. *Eur J Echocardiogr*. 2009; 10:585-93.
61. Lee KS, Abbas AE, Khandheria BK, Lester SJ. Echocardiographic assessment of right hemodynamic parameters. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007; 6: 773-782.
62. Hoffmann R, Lethen H, Marwick T, Arnese M, Fioretti P, Pingitore A et al. Analysis interinstitutional observer agreement in interpretation of dobutamine stress

- echocardiograms. *Journal of the American College of Cardiology*. 1996; 27:330-336.
63. Stefani L, Toncelli L, Gianassi M, Manetti P, Tante VD, Vono M et al. Two-dimensional tracking and TDI are consistent methods for evaluating myocardial longitudinal peak strain in left and right ventricle basal segments in athletes. *Cardiovascular Ultrasound*. 2007; 7:1-17.
64. Jategaonkar SR, Scholtz W, Butz T, Bogunovic N, Faber L, Horstkotte D. Two-dimensional strain and strain rate imaging of the right ventricle in adult patients before and after percutaneous closure of atrial septal defects. *Eur J Echocardiogr*. 2009; 10:129-34.
65. Eyskens B, Ganame J, Claus P, Boshoff D, Gewillig M, Mertens L. Ultrasonic strain rate and strain imaging of the right ventricle in children before and after percutaneous closure of an atrial septal defect. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006; 19:994-1000.
66. Ling LF, Obuchowski NA, Rodriguez L, Popovic Z, Kwon D, Marwick TH. Accuracy and interobserver concordance of echocardiographic assessment of right ventricular size and systolic function: a quality control exercise. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012; 25:709-13.
67. Meluzin J, Spinarová L, Hude P, Krejčí J, Kincl V, Panovský R et al. Prognostic importance of various echocardiographic right ventricular functional parameters in patients with symptomatic heart failure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005; 18: 435-44.
68. Abraham J, Abraham TP. The role of echocardiography in hemodynamic assessment in heart failure. *Heart Fail Clin*. 2009; 5:191-208.
69. Moiduddin N, Texter KM, Zaidi AN, Hershenson JA, Stefaniak CA, Hayes J. Two-dimensional speckle strain and dyssynchrony in single right ventricles versus normal right ventricles. *J Am Echocardiogr*. 2010; 23:673-9.
70. Reis F, Ciconell R, Faloppa. Pesquisa científica: a importância da metodologia. www.rbo.org.br. [Online] Mar de 2002. [Citação: 10 de Agosto de 2012.] <http://www.rbo.org.br/materia.asp?mt=742&idIdioma=1>.
71. Fortin MF. O processo de investigação – da concepção à realização, 5ª Edição Lusociência, 2009.
72. Lancellotti P, Moura L, Pierard LA, Agricola E, Ppescu BA, Tribouilloy C et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr*. 2010; 11(4): 307-332.
73. Pestana M, Gagueiro J. Análise de dados para Ciências Sociais - A complementaridade do SPSS. Edições Sílabo: 2008.
74. Santos AL. A importância da ética na investigação. *Revista Portuguesa de Cardiologia*. 2004;23(4):627-644.

75. Campana C, Pasotti M, Monti L, Revera M, Serio A, Nespoli L et al. The evaluation of right ventricular performance in diferente clinical models of heart failure. *European Heart Journal*. 2004; 6:F61-F67.
76. Matthews JC, Dardas TF, Dorsch MP, Aaronson KD. Righ-sided heart failure: diagnosis and treatment strategies. *Curr Treat Options Cardiovasc Med*. 2008; 10:329-41.
77. Pinedo M, Villacorta E, Tapia C, Arnold R, López J, Revilla A. Inter-and intra-observer variability in the echocardiography evaluation of the right ventricular function. *Revista Española de Cardiologia (English Edition)*.2010; 63(7):802-809.
78. Chow PC, Liang XC, Cheung EW, Lam WW, Cheung YF. New two-dimensional global longitudinal strain and strain rate imaging for assessment of systemic right ventricular function. *Heart*. 2008; 94:855-9.
79. Buckberg GD; Restore Group. The ventricular septum: the lion of right ventricular function, and its impact on right restoration. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006; 29:S272-8.
80. Geva T, Powell AJ, Crawford EC, Chung T, Colan SD. Evaluation of regional differences in right ventricular systolic function by acoustic quantification echocardiography and cine magnetic resonance imaging. *Circulation*. 1998; 98:339-45.
81. Naito H, Arisawa J, Harada K, Yamagami H, Koluka T, Tamira S. Assessment of right ventricular regional contraction and comparison with the left venticle in normal humans: resonance study with presaturation myocardial tagging. *Br Heart J*. 1995;74:186-91.
82. Bleeker GB, Steendijk P, Holman ER, Yu C-M, Breithardt OA, Kaandorp TAM, Schalij MJ, Van der Wall EE, Nihoyannopoulos P, Bax JJ. Assessing right ventricular function: the role of echocardiography and complementary Technologies. *Heart* 2006; 92:i19-i26.

Anexos

Anexo 1 – Valores de referência do ventrículo direito

Anexo 2 - Fração de ejeção do ventrículo esquerdo

ANEXO 1

Valores de referência do ventrículo direito

GUIDELINES AND STANDARDS

Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography

Lawrence G. Rudski, MD, FASE, Chair, Wyman W. Lai, MD, MPH, FASE, Jonathan Afilalo, MD, Msc, Lanqi Hua, RDCS, FASE, Mark D. Handschumacher, BSc, Krishnaswamy Chandrasekaran, MD, FASE, Scott D. Solomon, MD, Eric K. Louie, MD, and Nelson B. Schiller, MD, Montreal, Quebec, Canada; New York, New York; Boston, Massachusetts; Phoenix, Arizona; London, United Kingdom; San Francisco, California
(J Am Soc Echocardiogr 2010;23:685-713.)

Journal of the American Society of Echocardiography
Volume 23 Number 7

Rudski et al 695

Table 2 Chamber dimensions

| Dimension | Studies | n | LRV (95% CI) | Mean (95% CI) | URV (95% CI) |
|---|---------|-----|--------------|---------------|--------------|
| RV mid cavity diameter (mm) (Figure 7, RVD2) | 12 | 400 | 20 (15-25) | 28 (23-33) | 35 (30-41) |
| RV basal diameter (mm) (Figure 7, RVD1) | 10 | 376 | 24 (21-27) | 33 (31-35) | 42 (39-45) |
| RV longitudinal diameter (mm) (Figure 7, RVD3) | 12 | 359 | 56 (50-61) | 71 (67-75) | 86 (80-91) |
| RV end-diastolic area (cm ²) (Figure 9) | 20 | 623 | 10 (8-12) | 18 (16-19) | 25 (24-27) |
| RV end-systolic area (cm ²) (Figure 9) | 16 | 508 | 4 (2-5) | 9 (8-10) | 14 (13-15) |
| RV end-diastolic volume indexed (mL/m ²) | 3 | 152 | 44 (32-55) | 62 (50-73) | 80 (68-91) |
| RV end-systolic volume indexed (mL/m ²) | 1 | 91 | 19 (17-21) | 33 (31-34) | 46 (44-49) |
| 3D RV end-diastolic volume indexed (mL/m ²) | 5 | 426 | 40 (28-52) | 65 (54-76) | 89 (77-101) |
| 3D RV end-systolic volume indexed (mL/m ²) | 4 | 394 | 12 (1-23) | 28 (18-38) | 45 (34-56) |
| RV subcostal wall thickness (mm) (Figure 5) | 4 | 180 | 4 (3-4) | 5 (4-5) | 5 (5-6) |
| RVOT PLAX wall thickness (mm) (not shown) | 9 | 302 | 2 (1-2) | 3 (3-4) | 5 (4-6) |
| RVOT PLAX diameter (mm) (Figure 8) | 12 | 405 | 18 (15-20) | 25 (23-27) | 33 (30-35) |
| RVOT proximal diameter (mm) (Figure 8, RVOT-Prox) | 5 | 193 | 21 (18-25) | 28 (27-30) | 35 (31-39) |
| RVOT distal diameter (mm) (Figure 8, RVOT-Distal) | 4 | 159 | 17 (12-22) | 22 (17-26) | 27 (22-32) |
| RA major dimension (mm) (Figure 3) | 8 | 287 | 34 (32-36) | 44 (43-45) | 53 (51-55) |
| RA minor dimension (mm) (Figure 3) | 16 | 715 | 26 (24-29) | 35 (33-37) | 44 (41-46) |
| RA end-systolic area (cm ²) (Figure 3) | 8 | 293 | 10 (8-12) | 14 (14-15) | 18 (17-20) |

CI, Confidence interval; LRV, lower reference value; PLAX, parasternal long-axis; RA, right atrial; RV, right ventricular; RVD, right ventricular diameter; RVOT, right ventricular outflow tract; 3D, three-dimensional; URV, upper reference value.

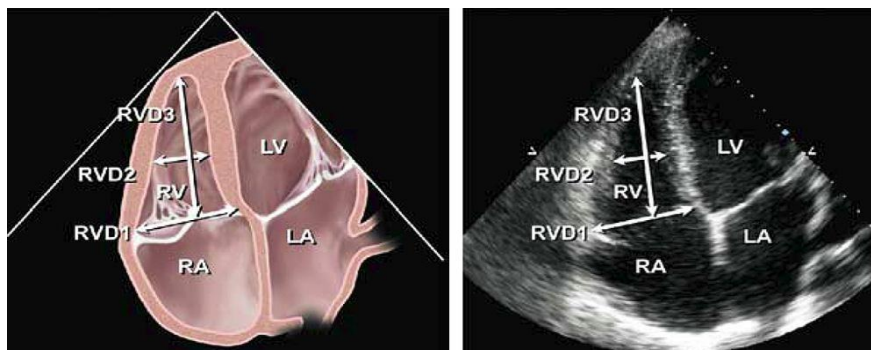


Figure 7 Diagram (left) and corresponding echocardiographic apical 4-chamber image (right) showing the right ventricular (RV) basal (RVD1) and mid cavity (RVD2) RV minor dimensions and the RV longitudinal dimension (RVD3). The transducer is adjusted to focus on the RV chamber, with the goal of maximizing RV chamber size. The RV free wall is better seen in this view, also facilitating measurements for fractional area change. Reproduced from J Am Soc Echocardiogr.

ANEXO 2

ASE COMMITTEE RECOMMENDATIONS
Recommendations for Chamber Quantification: A Report
from the American Society of Echocardiography's
Guidelines and
Standards Committee and the Chamber Quantification
Writing Group, Developed in Conjunction with the
European Association of Echocardiography, a Branch of
the
European Society of Cardiology

Members of the Chamber Quantification Writing Group are: Roberto M. Lang, MD, FASE, Michelle Bierig, MPH, RDCS, FASE, Richard B. Devereux, MD, Frank A. Flachskampf, MD, Elyse Foster, MD, Patricia A. Pellikka, MD, Michael H. Picard, MD, Mary J. Roman, MD, James Seward, MD, Jack S. Shanewise, MD, FASE, Scott D. Solomon, MD, Kirk T. Spencer, MD, FASE, Martin St John Sutton, MD, FASE, and William J. Stewart, MD (J Am Soc Echocardiogr 2005;18:1440-1463).

Fracção de ejeção do ventrículo esquerdo

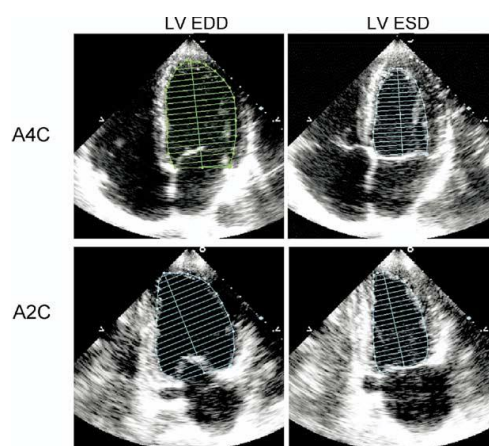


Figure 7: Two-dimensional measurements for volume calculations using biplane method of disks (modified Simpson's rule) in apical 4-chamber (A4C) and apical 2-chamber (A2C) views at end diastole (LV EDD) and at end systole (LV ESD). Papillary muscles should be excluded from the cavity in the

APÊNDICES

Apêndice I - Protocolo de aquisição ecocardiográfica

Apêndice II - Formulário – Recolha de dados ecocardiográficos

Apêndice III - Declaração de cedência de dados

Apêndice IV - Consentimento informado

Apêndice V - Outputs decorrentes da análise estatística

APÊNDICE I

Protocolo de Aquisição Ecocardiográfica – IC/ 2DStrain do VD

| IDENTIFICAÇÃO |
|--|
| Patient ID: Apelido, Nome, Data de nascimento, Sexo, Peso, Altura. |
| Confirmar ECG – eléctrodos preferencialmente nas costas |
| PARAESTERNAL CURTO EIXO – PLANO DA VÁLVULA AÓRTICA E PULMONAR |
| D Contínuo – V Tricúspide. Ajustar para fluxo retrógrado – Medir e Adquirir |
| APICAL 4-CÂMARAS |
| 2D grande profundidade. Ajustar profundidade para as 4-câmaras.- Cineloop |
| Freeze 2D com foco no VE. Avaliar Fracção Ejeção VE – Medir e Adquirir |
| D Pulsado – amostra na extremidade dos folhetos. Medir E, A e tempo desaceleração - Medir e Adquirir |
| 2D reduzida profundidade angulado para o VD. Reduzir profundidade apenas para o VD Loop 2D Garantir frame rate de 40-80f/s - Cineloop |
| TDI pulsado – anel tricúspide lateral – Medir e Adquirir |
| Modo M do anel tricúspide lateral (TAPSE) – Medir e Adquirir |
| Diâmetros basal e médio do VD – Medir e Adquirir |
| D Contínuo – regurgitação tricúspide – Medir e Adquirir |
| Vena contracta da regurgitação tricúspide – Medir e adquirir |
| APICAL 5-CÂMARAS |
| D Contínuo – V aórtica Fluxo anterógrado - Freeze e Adquirir |
| APICAL 2-CÂMARAS |
| 2D reduzida profundidade, centrado no VE – Cineloop |
| Avaliar Fracção Ejeção VE em 2C – Medir e Adquirir |
| SUBCOSTAL |
| 2D grande profundidade - Cineloop |
| 2D angulado para a veia cava inferior - Cineloop |
| Modo M da veia cava inferior no ciclo respiratório – Medir e Adquirir |

APÊNDICE II

Formulário – Avaliação ecocardiográfica

1.Nº: _____ Data do exame: ___/___/___

2. Idade: _____ 3. Sexo: _____ Peso: _____ Altura: _____
S.C.: _____ m²

Consulta : _____

4. Motivo do exame: _____

Qualidade do estudo: Boa Razoável Má

Medições em Modo –M / Bidimensional (indexadas á S.C.)/Doppler

Ventrículo direito

5. Basal (N≤42mm) _____

6. Médio (N≤35mm) _____

7. TAPSE (N≤16mm) _____

8. S' TDI (N> 10Cm/S) _____

9. RT: Ligeira _____

Moderada _____

PSAP _____

Ventrículo esquerdo

Volume diastólico corrigido _____
(N:36-75ml/m2)

Volume sistólico corrigido _____
(N: 12-30ml/m2)

10. FE (> 55%) _____

11. Doppler Pulsado

E _____

A _____

E/A _____

TD _____

Estudo da deformação miocárdica longitudinal do VD

12..SLLbasal 4C _____

13.SLLmédio 4C _____

14.SLSbasal 4C _____

15.SLSmédio 4C _____

16.Global strain (GLS % em 4C)

Comentários:

APÊNDICE III

Declaração de Cedência de Dados

Declaração de Cedência de Dados

Autoriza-se a Mestranda Maria Helena Lopes de Almeida, a utilizar os dados ecocardiográficos referentes a indivíduos seguidos na Consulta de insuficiência cardíaca, no âmbito do projecto desenvolvido no Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção Cardiovascular II Edição – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa/ Faculdade de Medicina, com o título: “Avaliação ecocardiográfica da função sistólica ventricular direita em doentes com disfunção ventricular esquerda: parâmetros convencionais versus strain bidimensional”



Director do Serviço de Cardiologia

Director de Serviço de Cardiologia
Dr. João Tavares

Barreiro, 2 de Maio de 2012

APÊNDICE IV

Consentimento livre e esclarecido para participação em projecto de investigação

Declaro que me foi explicado de forma adequada e inteligível a minha participação no projecto de investigação: “Avaliação ecocardiográfica da função sistólica ventricular direita em doentes com disfunção ventricular esquerda: parâmetros ecocardiográficos convencionais versus *strain* bidimensional”.

Foi-me também garantido total anonimato e confidencialidade dos dados e posteriores resultados.

Assinatura legível do participante: _____

Data: _____

APÊNDICE V

Outputs decorrentes da análise estatística

Idade

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 25-35 anos | 1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 |
| | 36-45 anos | 2 | 6,3 | 6,3 | 9,4 |
| | 46-55 anos | 13 | 40,6 | 40,6 | 50,0 |
| | 56-65 anos | 12 | 37,5 | 37,5 | 87,5 |
| | 66-75 anos | 4 | 12,5 | 12,5 | 100,0 |
| | Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Sexo

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | Feminino | 5 | 15,6 | 15,6 | 15,6 |
| | Masculino | 27 | 84,4 | 84,4 | 100,0 |
| | Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Raça

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | Caucasiana | 28 | 87,5 | 87,5 | 87,5 |
| | Negra | 4 | 12,5 | 12,5 | 100,0 |
| | Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Etiologia

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|---------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | Isquémica | 20 | 62,5 | 62,5 | 62,5 |
| | Idiopática | 6 | 18,8 | 18,8 | 81,3 |
| | Toxinas | 1 | 3,1 | 3,1 | 84,4 |
| | Hipertensiva | 2 | 6,3 | 6,3 | 90,6 |
| | Etanólica | 2 | 6,3 | 6,3 | 96,9 |
| | Taquimiopatia | 1 | 3,1 | 3,1 | 100,0 |
| | Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Classe NYHA

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Classe I | 7 | 21,9 | 21,9 | 21,9 |
| Classe II | 17 | 53,1 | 53,1 | 75,0 |
| Classe III | 6 | 18,8 | 18,8 | 93,8 |
| Classe IV | 2 | 6,3 | 6,3 | 100,0 |
| Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Regurgitação Tricúspide

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|--|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Insuficiência tricúspide ligeira | 30 | 93,8 | 93,8 | 93,8 |
| Insuficiência tricúspide moderada | 2 | 6,3 | 6,3 | 100,0 |
| Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Pressão sistólica da artéria Pulmonar

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------------------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid PSAP inferior ou igual a 35mmHg | 29 | 90,6 | 90,6 | 90,6 |
| PSAP superior a 35mmHg | 3 | 9,4 | 9,4 | 100,0 |
| Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Padrão Restritivo do ventrículo esquerdo

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Não | 23 | 71,9 | 71,9 | 71,9 |
| Sim | 9 | 28,1 | 28,1 | 100,0 |
| Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Alteração de Relaxamento do ventrículo esquerdo

| | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Não | 13 | 40,6 | 40,6 | 40,6 |
| Sim | 19 | 59,4 | 59,4 | 100,0 |
| Total | 32 | 100,0 | 100,0 | |

Idade

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 25-35 anos | 3 | 11,5 | 11,5 | 11,5 |
| | 36-45 anos | 4 | 15,4 | 15,4 | 26,9 |
| | 46-55 anos | 9 | 34,6 | 34,6 | 61,5 |
| | 56-65 anos | 6 | 23,1 | 23,1 | 84,6 |
| | 66-75 anos | 3 | 11,5 | 11,5 | 96,2 |
| | 76-85 anos | 1 | 3,8 | 3,8 | 100,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 100,0 | |

Sexo

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | Feminino | 16 | 61,5 | 61,5 | 61,5 |
| | Masculino | 10 | 38,5 | 38,5 | 100,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 100,0 | |

Raça

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | Caucasiana | 20 | 76,9 | 76,9 | 76,9 |
| | Negra | 6 | 23,1 | 23,1 | 100,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 100,0 | |

Pressão sistólica da artéria Pulmonar

| | | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|---------------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | PSAP inferior ou igual a 35mmHg | 22 | 84,6 | 84,6 | 84,6 |
| | PSAP superior a 35mmHg | 4 | 15,4 | 15,4 | 100,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 100,0 | |

Descriptive Statistics

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|---------------------------------------|----|---------|---------|----------|----------------|
| Idade | 32 | 27 | 71 | 55,63 | 9,449 |
| Pressão sistólica da artéria Pulmonar | 32 | 12,00 | 39,00 | 24,6250 | 6,77638 |
| Excursão sistólica do anel tricúspide | 32 | 11 | 26 | 18,44 | 4,204 |
| Strain longitudinal lateral basal | 32 | 1,53 | -34,08 | -15,5513 | 9,63549 |
| Strain longitudinal lateral médio | 32 | 3,77 | -33,05 | -15,1613 | 8,57120 |
| Strain longitudinal septal basal | 32 | ,83 | -23,08 | -9,5459 | 6,64596 |
| Strain longitudinal septal médio | 32 | ,79 | -22,41 | -10,6041 | 6,46170 |
| Strain longitudinal global | 32 | 3,20 | -23,30 | -13,5594 | 5,22438 |
| Diâmetro basal do ventrículo direito | 32 | 19 | 52 | 34,22 | 6,593 |
| Diâmetro médio do ventrículo direito | 32 | 17 | 46 | 28,28 | 7,118 |
| Onda S por Doppler Tecidual | 32 | 9,00 | 16,00 | 11,8125 | 2,16180 |
| Fracção de ejeção | 32 | 18 | 40 | 31,09 | 5,953 |
| Valid N (listwise) | 32 | | | | |

Descriptive Statistics

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|---------------------------------------|----|---------|---------|----------|----------------|
| Idade | 26 | 28 | 77 | 51,85 | 12,099 |
| Pressão sistólica da artéria Pulmonar | 26 | 18,00 | 42,00 | 29,0000 | 6,17090 |
| Excursão sistólica do anel tricúspide | 26 | 16 | 29 | 21,35 | 4,079 |
| Strain longitudinal lateral basal | 26 | 7,64 | -34,08 | -21,9342 | 7,03857 |
| Strain longitudinal lateral médio | 26 | 7,66 | -31,90 | -21,3100 | 6,61215 |
| Strain longitudinal septal basal | 26 | 4,32 | -29,34 | -16,4865 | 5,93935 |
| Strain longitudinal septal médio | 26 | 5,36 | -34,12 | -16,9208 | 6,30909 |
| Strain longitudinal global | 26 | 10,00 | -30,80 | -20,5488 | 5,51415 |
| Diâmetro basal do ventrículo direito | 26 | 22 | 41 | 29,62 | 4,964 |
| Diâmetro médio do ventrículo direito | 26 | 15 | 38 | 27,04 | 6,238 |
| Valid N (listwise) | 26 | | | | |

Descriptives

| | | Statistic | Std. Error |
|---|---|-----------|------------|
| Idade | Mean | 55,63 | 1,670 |
| | 95% Confidence Interval for Lower Bound | 52,22 | |
| | Mean Upper Bound | 59,03 | |
| | 5% Trimmed Mean | 56,11 | |
| | Median | 55,50 | |
| | Variance | 89,274 | |
| | Std. Deviation | 9,449 | |
| | Minimum | 27 | |
| | Maximum | 71 | |
| | Range | 44 | |
| | Interquartile Range | 12 | |
| | Skewness | -,767 | ,414 |
| | Kurtosis | 1,784 | ,809 |
| | Mean | 24,6250 | 1,19791 |
| 95% Confidence Interval for Lower Bound | 22,1819 | | |
| Mean Upper Bound | 27,0681 | | |
| 5% Trimmed Mean | 24,4444 | | |
| Median | 23,5000 | | |
| Pressão sistólica da artéria Pulmonar | Variance | 45,919 | |
| | Std. Deviation | 6,77638 | |
| | Minimum | 12,00 | |
| | Maximum | 39,00 | |
| | Range | 27,00 | |
| | Interquartile Range | 10,50 | |
| | Skewness | ,578 | ,414 |
| | Kurtosis | -,323 | ,809 |
| | Mean | 18,44 | ,743 |
| | 95% Confidence Interval for Lower Bound | 16,92 | |
| | Mean Upper Bound | 19,95 | |
| | 5% Trimmed Mean | 18,45 | |
| | Median | 18,00 | |
| | Variance | 17,673 | |
| Std. Deviation | 4,204 | | |
| Minimum | 11 | | |
| Maximum | 26 | | |
| Range | 15 | | |
| Interquartile Range | 7 | | |

| | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------|----------|
| Strain longitudinal lateral basal | Skewness | | -0,086 | ,414 |
| | Kurtosis | | -,913 | ,809 |
| | Mean | | -15,5513 | 1,70333 |
| | 95% Confidence Interval for | Lower Bound | -19,0252 | |
| | Mean | Upper Bound | -12,0773 | |
| | 5% Trimmed Mean | | -15,3146 | |
| | Median | | -13,2250 | |
| | Variance | | 92,843 | |
| | Std. Deviation | | 9,63549 | |
| | Minimum | | -34,08 | |
| | Maximum | | -1,53 | |
| | Range | | 32,55 | |
| | Interquartile Range | | 17,64 | |
| | Skewness | | -,464 | ,414 |
| | Kurtosis | | -,984 | ,809 |
| Strain longitudinal lateral médio | Mean | | -15,1612 | 1,51519 |
| | 95% Confidence Interval for | Lower Bound | -18,2515 | |
| | Mean | Upper Bound | -12,0710 | |
| | 5% Trimmed Mean | | -14,8415 | |
| | Median | | -14,2650 | |
| | Variance | | 73,466 | |
| | Std. Deviation | | 8,57120 | |
| | Minimum | | -33,05 | |
| | Maximum | | -3,77 | |
| | Range | | 29,28 | |
| | Interquartile Range | | 14,49 | |
| | Skewness | | -,482 | ,414 |
| | Kurtosis | | -,863 | ,809 |
| | Mean | | -7,8522 | 1,52671 |
| | Strain longitudinal septal basal | 95% Confidence Interval for | Lower Bound | -10,9659 |
| Mean | | Upper Bound | -4,7384 | |
| 5% Trimmed Mean | | | -8,2990 | |
| Median | | | -6,7300 | |
| Variance | | | 74,587 | |
| Std. Deviation | | | 8,63640 | |
| Minimum | | | -23,08 | |
| Maximum | | | 21,02 | |
| Range | | | 44,10 | |
| Interquartile Range | | | 9,29 | |
| Skewness | | | ,869 | ,414 |
| Kurtosis | | | 3,005 | ,809 |

| | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------|----------|---------|
| Strain longitudinal septal médio | Mean | | -10,6041 | 1,14228 |
| | 95% Confidence Interval for | Lower Bound | -12,9338 | |
| | Mean | Upper Bound | -8,2744 | |
| | 5% Trimmed Mean | | -10,4940 | |
| | Median | | -9,0000 | |
| | Variance | | 41,754 | |
| | Std. Deviation | | 6,46170 | |
| | Minimum | | -22,41 | |
| | Maximum | | -,79 | |
| | Range | | 21,62 | |
| | Interquartile Range | | 10,20 | |
| | Skewness | | -,432 | ,414 |
| | Kurtosis | | -1,070 | ,809 |
| | Mean | | -13,5594 | ,92355 |
| | 95% Confidence Interval for | Lower Bound | -15,4430 | |
| Mean | Upper Bound | -11,6758 | | |
| 5% Trimmed Mean | | -13,5854 | | |
| Median | | -13,6500 | | |
| Variance | | 27,294 | | |
| Std. Deviation | | 5,22438 | | |
| Minimum | | -23,30 | | |
| Maximum | | -3,20 | | |
| Range | | 20,10 | | |
| Interquartile Range | | 7,55 | | |
| Skewness | | ,064 | ,414 | |
| Kurtosis | | -,783 | ,809 | |
| Strain longitudinal global | | | | |

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| Idade | ,151 | 32 | ,062 | ,934 | 32 | ,051 |
| Pressão sistólica da artéria Pulmonar | ,134 | 32 | ,152 | ,945 | 32 | ,105 |
| Excursão sistólica do anel tricúspide | ,114 | 32 | ,200 [*] | ,965 | 32 | ,378 |
| Strain longitudinal lateral basal | ,136 | 32 | ,138 | ,931 | 32 | ,043 |
| Strain longitudinal lateral médio | ,139 | 32 | ,122 | ,939 | 32 | ,068 |
| Strain longitudinal septal basal | ,187 | 32 | ,006 | ,917 | 32 | ,018 |
| Strain longitudinal septal médio | ,160 | 32 | ,037 | ,930 | 32 | ,039 |
| Onda S por Doppler Tecidualar | ,205 | 32 | ,001 | ,896 | 32 | ,005 |
| Strain longitudinal global | ,077 | 32 | ,200 [*] | ,983 | 32 | ,887 |
| Padrão Restritivo do ventrículo esquerdo | ,450 | 32 | ,000 | ,565 | 32 | ,000 |
| Alteração de Relaxamento do ventrículo esquerdo | ,386 | 32 | ,000 | ,625 | 32 | ,000 |
| Fracção de ejeção | ,126 | 32 | ,200 [*] | ,958 | 32 | ,238 |
| Diâmetro basal do ventrículo direito | ,112 | 32 | ,200 [*] | ,962 | 32 | ,315 |
| Diâmetro médio do ventrículo direito | ,113 | 32 | ,200 [*] | ,963 | 32 | ,334 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| Idade | ,078 | 26 | ,200 [*] | ,982 | 26 | ,905 |
| Pressão sistólica da artéria Pulmonar | ,166 | 26 | ,065 | ,961 | 26 | ,416 |
| Excursão sistólica do anel tricúspide | ,140 | 26 | ,200 [*] | ,935 | 26 | ,100 |
| Strain longitudinal lateral basal | ,069 | 26 | ,200 [*] | ,979 | 26 | ,860 |
| Strain longitudinal lateral médio | ,096 | 26 | ,200 [*] | ,967 | 26 | ,547 |
| Strain longitudinal septal basal | ,096 | 26 | ,200 [*] | ,974 | 26 | ,731 |
| Strain longitudinal septal médio | ,097 | 26 | ,200 [*] | ,969 | 26 | ,587 |
| Strain longitudinal global | ,082 | 26 | ,200 [*] | ,980 | 26 | ,874 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Group Statistics

| | Grupo | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---------------------------------------|----------|----|----------|----------------|-----------------|
| Idade | Caso | 32 | 55,63 | 9,449 | 1,670 |
| | Controlo | 26 | 51,85 | 12,099 | 2,373 |
| Pressão sistólica da artéria Pulmonar | Caso | 32 | 24,6250 | 6,77638 | 1,19791 |
| | Controlo | 26 | 29,0000 | 6,17090 | 1,21021 |
| Excursão sistólica do anel tricúspide | Caso | 32 | 18,44 | 4,204 | ,743 |
| | Controlo | 26 | 21,35 | 4,079 | ,800 |
| Strain longitudinal lateral basal | Caso | 32 | -15,5512 | 9,63549 | 1,70333 |
| | Controlo | 26 | -21,9342 | 7,03857 | 1,38038 |
| Strain longitudinal lateral médio | Caso | 32 | -15,1613 | 8,57120 | 1,51519 |
| | Controlo | 26 | -21,3100 | 6,61215 | 1,29675 |
| Strain longitudinal septal basal | Caso | 32 | -7,8522 | 8,63640 | 1,52671 |
| | Controlo | 26 | -16,4865 | 5,93935 | 1,16480 |
| Strain longitudinal septal médio | Caso | 32 | -10,6041 | 6,46170 | 1,14228 |
| | Controlo | 26 | -16,9208 | 6,30909 | 1,23731 |
| Strain longitudinal global | Caso | 32 | -13,5594 | 5,22438 | ,92355 |
| | Controlo | 26 | -20,5488 | 5,51415 | 1,08141 |
| Diâmetro basal do ventrículo direito | Caso | 32 | 34,22 | 6,593 | 1,165 |
| | Controlo | 26 | 29,62 | 4,964 | ,974 |
| Diâmetro médio do ventrículo direito | Caso | 32 | 28,28 | 7,118 | 1,258 |
| | Controlo | 26 | 27,04 | 6,238 | 1,223 |

Descriptive Statistics

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|----------------------------|---|---------|---------|--------|----------------|
| Strain longitudinal global | 8 | 5,10 | 17,10 | 8,9875 | 3,79264 |
| Valid N (listwise) | 8 | | | | |

Descriptive Statistics

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|----------------------------|----|---------|---------|---------|----------------|
| Strain longitudinal global | 26 | 10,00 | 30,80 | 20,5488 | 5,51415 |
| Valid N (listwise) | 26 | | | | |

Disfunção Ventriculo Direito ^ Strain longitudinal global

| | | | Strain longitudinal global | | Total |
|------------------------------|-----|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------|
| | | | SLG inferior a -9.54 | SLG igual ou superior a -9.54 | |
| Disfunção Ventriculo Direito | Não | n | 3 | 21 | 24 |
| | | % Disfunção Ventriculo Direito | 12,5% | 87,5% | 100,0% |
| | Sim | n | 4 | 4 | 8 |
| | | % Disfunção Ventriculo Direito | 50,0% | 50,0% | 100,0% |
| Total | | n | 7 | 25 | 32 |
| | | % Disfunção Ventriculo Direito | 21,9% | 78,1% | 100,0% |

Chi-Square Tests

| | Value | df | Asymp. Sig. (2-sided) | Exact Sig. (2-sided) | Exact Sig. (1-sided) |
|------------------------------------|--------------------|----|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Pearson Chi-Square | 4,937 ^a | 1 | ,026 | | |
| Continuity Correction ^b | 2,987 | 1 | ,084 | | |
| Likelihood Ratio | 4,445 | 1 | ,035 | | |
| Fisher's Exact Test | | | | ,047 | ,047 |
| Linear-by-Linear Association | 4,783 | 1 | ,029 | | |
| N of Valid Cases | 32 | | | | |

a. 1 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,75.

b. Computed only for a 2x2 table

Parte II

Relatório de Estágio



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
- ULTRASSONOGRAFIA CARDIOVASCULAR -

Maria Helena Lopes de Almeida

Lisboa, 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Ultrassonografia cardíaca de Adultos -

Maria Helena Lopes de Almeida

Orientadores de estágio:

Dr.^a Susana Martins
Centro Hospitalar Lisboa Norte, EPE

Dr. Luís Santos
Centro Hospitalar Barreiro-Montijo, EPE

Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção
Cardiovascular

Lisboa, 2012

Agradecimentos

À Dr^a Susana Martins e ao Dr. Luís Santos pela disponibilidade e paciência que demonstraram na orientação deste estágio.

Ao Dr. João Tavares, Director do Serviço de Cardiologia do Centro Hospitalar Barreiro-Montijo, pela liberdade que me concedeu para realização do estágio.

Ao Dr. Nunes Diogo, Director da UTIC do Centro Hospitalar Lisboa Norte pela generosidade e carinho com que me acolheu para a realização do estágio.

À Técnica de Cardiopneumologia Sara Prata pelo carinho e gentileza com que me apoiou na realização do estágio no laboratório da UTIC do Centro Hospitalar Lisboa Norte.

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Enquadramento científico do estágio | 3 |
| Ecocardiografia transtorácica | 3 |
| Ecocardiografia transesofágica | 4 |
| Ecocardiografia de sobrecarga..... | 4 |
| Avaliação da função miocárdica | 5 |
| 2. Relatório de estágio em ultrassonografia cardíaca | 9 |
| 2.1 Relatório de estágio em ultrassonografia cardíaca - 1ª fase | 9 |
| 2.1.1 Recursos humanos..... | 9 |
| 2.1.2 Espaço físico e equipamentos..... | 9 |
| 2.1.3 Espaço físico e equipamentos..... | 9 |
| 2.1.4 Actividade desenvolvida durante o estágio..... | 10 |
| 2.2 Relatório de estágio em ultrassonografia cardíaca - 2ª fase | 11 |
| 2.2.1 Recursos humanos..... | 11 |
| 2.2.2 Espaço físico e equipamento..... | 11 |
| 2.2.3 Actividade desenvolvida durante o estágio..... | 12 |
| 2.2.3.1 Recolha de dados e análise em pós processamento | 16 |
| 3. Considerações finais | 20 |
| Bibliografia..... | 21 |

Índice de gráficos e figuras

| | |
|--|----|
| Gráfico 2.1: Distribuição das indicações clínicas dos exames realizados durante o período de estágio | 10 |
| Gráfico 2.2: Distribuição do número de exames realizados em função do estudo ecocardiográfico | 12 |
| Gráfico 2.3: Distribuição das indicações clínicas para realização de ecocardiogramas transtorácicos | 13 |
| Gráfico 2.4: Distribuição das indicações clínicas para realização de ecocardiograma transesofágico | 14 |
| Gráfico 2.5: Distribuição das indicações clínicas para a realização de ecocardiograma de sobrecarga..... | 15 |
| Gráfico 2.6: Distribuição das patologias onde foi efectuado estudo da deformação do ventrículo | 16 |
| | |
| Figura 1.1: Representação esquemática dos eixos ortogonais (longitudinal, radial e circunferencial) e dos planos tangenciais da deformação miocárdica | 6 |
| Figura 1.2: A e B – Curvas de <i>strain</i> longitudinal e transversal (via apical); C e D – Curvas de <i>strain</i> | 7 |
| Figura 1.3: Representação esquemática do princípio do <i>speckle tracking</i> | 8 |
| Figura 2.1: Validação da qualidade do tracking miocárdico | 19 |
| Figura 2.2: Deformação longitudinal do ventrículo direito em apical de 4C | 19 |

Introdução

A ecocardiografia é uma técnica não invasiva, portátil, de fácil acesso e isenta de riscos; condições essenciais que proporcionam a sua escolha como primeira modalidade de imagem utilizada na prática clínica em cardiologia. ⁽¹⁾

Durante os últimos anos, a ecocardiografia acompanhou o avanço do desenvolvimento tecnológico, sendo possível obter uma vasta quantidade de informação a partir de diferentes técnicas/abordagens ou aplicações ecocardiográficas. ⁽²⁾

Várias modalidades ecocardiográficas têm surgido, cada uma com aplicações específicas que exigem os seus próprios conhecimentos e treino, sendo por isso de todo o interesse a realização de um estágio no âmbito deste mestrado. ⁽²⁾

O presente relatório é referente ao estágio profissional integrado no Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção Cardiovascular com duração total de 240 horas.

O estágio foi realizado no Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN), EPE na Unidade de cuidados coronários (UTIC) e no Serviço de cardiologia do Centro Hospitalar Barreiro-Montijo (CHBM), EPE, na área da ultrassonografia cardíaca de adultos.

O motivo pelo qual escolhi o CHLN para a realização da primeira parte do estágio deveu-se ao facto de se tratar de um hospital central e universitário que dispõe de equipamentos actuais e tecnologia altamente sofisticada, permitindo a realização de técnicas inovadoras e o acesso aos mais recentes desenvolvimentos técnico-científicos na área da ultrassonografia cardíaca.

No entanto, e por impossibilidade da instituição onde exerço funções me disponibilizar tempo para um estágio mais tardio e questões relacionadas com a organização de estágios na unidade de ultrassonografia cardíaca do CHLN, onde inicialmente iria decorrer o meu estágio, tive de optar pelo laboratório de ecocardiografia da UTIC. Contudo, foi uma experiência bastante gratificante, pois visualizei e contactei com uma realidade diferente da do meu quotidiano.

Assim, o estágio de ultrassonografia cardíaca de adultos decorreu na UTIC (sob orientação da Dr^a Susana Martins) e teve a duração total de 80 horas e foi realizado de 7 a 18 de Maio de 2012 com frequência diária pela mestrandia de 2^a a 6^aF (horário: 8h30 às 15h30).

As restantes horas de estágio foram realizadas no laboratório de ecocardiografia do CHBM, sob orientação do Dr. Luís Santos, de 1 de Junho a 31 de Agosto e teve a duração total de 180 horas (2^a a 5^a feira das 16h às 19h e 6^a feira das 15h às 17h).

Os objectivos que me propus alcançar com a realização deste estágio na área da ultrassonografia cardíaca são:

1. Desenvolver e aprofundar competências nas diversas áreas da ecocardiografia (transtorácica, sobrecarga e transesofágica), mas sobretudo otimizar a curva de aprendizagem na análise da deformação miocárdica por speckle tracking,
2. Recolha e análise em pós-processamento de dados ecocardiográficos para a realização do projecto de investigação com o tema “ Avaliação ecocardiográfica da função sistólica ventricular direita em doentes com disfunção ventricular esquerda: parâmetros ecocardiográficos convencionais versus strain bidimensional” desenvolvido no âmbito do Curso de Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção Cardiovascular”.

Este documento além da introdução é constituído por 3 capítulos: o enquadramento teórico, descrição individual de cada local de estágio e actividades desenvolvidas e considerações finais.

1. Enquadramento científico do estágio

Ecocardiografia transtorácica

Um ecocardiograma transtorácico completo inclui: Modo-M, ecocardiografia bidimensional, bem como técnicas de *Doppler* (espectral, contínuo e cor).

O Modo-M permite a visualização das estruturas valvulares e das paredes do coração em movimento. É útil para a quantificação das dimensões das câmaras cardíacas e paredes, quando se verifica alinhamento correcto com a estrutura a estudar. A sua principal vantagem é a alta resolução temporal, no entanto apresenta limitações como seja o desalinhamento ou assunções geométricas erradas.⁽³⁾

Na tentativa de ultrapassar estas limitações, as medições das cavidades são muitas vezes realizadas a partir da imagem bidimensional ou com recurso ao Modo-M anatómico (aplicação disponível nos *softwares* mais recentes).⁽³⁾

A ecocardiografia bidimensional fornece informações mais detalhadas sobre a anatomia do coração. É útil no estudo do volume das cavidades esquerdas, espessamento e motilidade das paredes e anomalias estruturais como tumores intracardíacos, vegetações endocárdicas e derrames pericárdicos. Além disso fornece parâmetros úteis sobre a função cardíaca.^{(3) (4)}

A modalidade *Doppler* avalia de forma não invasiva a hemodinâmica do fluxo intracardíaco, incluindo a medição de velocidades sanguíneas, a avaliação da gravidade de lesões valvulares, a localização e gravidade de fluxos anormais (shunts) complementando a ecocardiografia bidimensional.^{(3) (4)}

O *Doppler* pulsado mede a velocidade do fluxo num ponto específico (volume da amostra) mas é limitado pelo fenómeno de *aliasing* que o impede de medir velocidades para além de um determinado limite (limite de *Nyquist*). Já o *Doppler* contínuo é útil para medir com precisão as velocidades de fluxos e estimar os gradientes através das válvulas ou defeitos interventriculares, mas não se consegue determinar a sua origem anatómica.^{(3) (4)}

O fluxo com *Doppler* cor exhibe as informações como código de cores e é útil para a detecção de regurgitações valvulares e para a detecção da presença de shunts intracardíacos. O *Doppler* cor permite a visualização directa do fenómeno de *aliasing*, ultrapassando desta forma a limitação do *Doppler* pulsado.^{(3) (4)}

Ecocardiografia transesofágica

A ecocardiografia transesofágica abriu uma nova janela ultrassonográfica para o estudo do coração e para a aorta torácica. É um exame que normalmente é realizado quando o ecocardiograma transtorácico já não pode fornecer mais informação ou então não permite visualizar estruturas cardíacas de localização mais posterior. ^{(5) (6)}

Dada a alta resolução da imagem obtida através da ecocardiografia transesofágica é possível visualizar estruturas tais como: a aurícula esquerda, o apêndice auricular esquerdo, veias pulmonares, septo inter-auricular e aorta ascendente. Estas estruturas nem sempre são fáceis de visualizar ou são mesmo inacessíveis por ecocardiografia transtorácica. ^{(7) (8)}

Com esta técnica é possível utilizar ultra-sons de alta frequência (mas com menor penetração nos tecidos) e obter imagens de alta resolução. ^{(7) (8)}

A ecocardiografia transesofágica, apesar de segura, requer uma estrita monitorização hemodinâmica, sedação do doente por vezes, e um ambiente adequado a uma eventual terapia intensiva.

Ecocardiografia de sobrecarga

A ecocardiografia de sobrecarga é a combinação da ecocardiografia bidimensional com o stress farmacológico cujo principal objectivo é detectar isquémia do miocárdio.

A ecocardiografia de sobrecarga é um importante meio de diagnóstico, através do qual se acede indirectamente á perfusão miocárdica, através da contractilidade segmentar, apresentando 80% de sensibilidade e 90% de especificidade. ^{(5) (9)}

É realizada segundo protocolos farmacológicos específicos (Dobutamina, Dipyridamol e Adenosina) com monitorização electrocardiográfica de 12 derivações. ^{(5) (9)}

Apesar de dependente do operador, para alguns autores a ecocardiografia de sobrecarga é hoje o melhor exame para o diagnóstico não invasivo de doença coronária (melhor custo-benefício e melhor risco-benefício). ⁽⁹⁾

Avaliação da função miocárdica

A quantificação da função miocárdica global e regional continua a ser um dos grandes desafios da ecocardiografia, no entanto a imagem ecocardiográfica é ideal para a avaliação da mecânica cardíaca. ^{(10) (11)}

Os métodos ecocardiográficos convencionais de avaliação da função miocárdica para além de serem parcialmente quantitativos, são dependentes de operadores experientes e por isso subjectivos. Desta forma, apresentam baixa sensibilidade para a avaliação da contractilidade, estudando maioritariamente a função miocárdica radial. No entanto, o coração tem um padrão de movimento bastante complexo, em que a deformação miocárdica ocorre em três dimensões (longitudinal, circunferencial e radial), o que é importante para a caracterização detalhada da mecânica cardíaca. ⁽¹²⁾
^{(13) (14)}

Torren-Guasp, descreveu na década de 80 que o músculo cardíaco é formado por um feixe único enrolado em si mesmo e termina nas suas extremidades (anel pulmonar e aórtico) e apresenta mudança de direcção ao nível do septo interventricular. ⁽¹⁵⁾

Neste feixe é possível diferenciar três componentes: componente basal que envolve a base ventricular, rica em fibras de direcção circular; componente descendente e a componente ascendente – estes últimos dois componentes são constituídos predominantemente por fibras oblíquas e longitudinais. ^{(16) (17)}

A disposição em espiral da banda miocárdica associada à mudança de direcção das fibras na espessura da parede ventricular e à distribuição laminar das mesmas, faz com

que a deformação provocada pela contracção seja realizada de forma helicoidal, combinando o encurtamento entre a base e o ápex, o espessamento das paredes, a variação da circunferência da cavidade e o deslizamento entre as diversas camadas do músculo. ^{(16) (18)}

A despolarização sequencial e harmónica destas regiões do músculo cardíaco provoca a contracção isovolumétrica (componente basal), ejeção ventricular (componente descendente) e enchimento ventricular rápido (componente ascendente), ou seja, as diferentes fases do ciclo cardíaco. ⁽¹⁹⁾

O estudo da deformação miocárdica é um processo complexo, devendo ser decomposto em vários eixos ortogonais e planos tangenciais (figura 1.1).

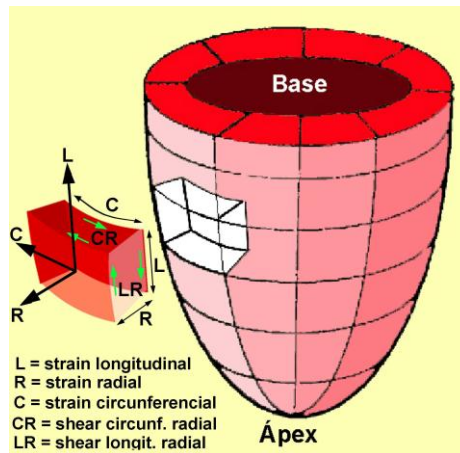


Figura 1.1: Representação esquemática dos eixos ortogonais (longitudinal, radial e circunferencial) e dos planos tangenciais da deformação miocárdica (adaptado de Del Castillo JM et al. ⁽²⁰⁾).

Por convenção, na análise da deformação ventricular esquerda estabeleceram-se três planos ortogonais e dois planos tangenciais. ^{(12) (16)}

O primeiro plano ortogonal analisa a deformação nas vias apicais do coração em três, quatro e duas câmaras. Neste plano mede-se a deformação no sentido base-ápex, ou seja o encurtamento da cavidade e denomina-se *strain* longitudinal, sendo que o valor absoluto da deformação é negativo, dado que o comprimento final do ventrículo esquerdo (sístole) é menor do que o comprimento inicial (diástole), este parâmetro é expresso em percentagem. ^{(12) (16)}

O segundo plano ortogonal analisa o espessamento das paredes nas vias de curto eixo do ventrículo esquerdo e denomina-se *strain* radial. Como a espessura final (sistólica) é maior que a inicial (diastólica), a percentagem de deformação é positiva. ^{(12) (16)}

O terceiro plano ortogonal, também obtido por curto eixo, mede a variação da circunferência e denomina-se *strain* circunferencial. Como a circunferência é menor em sístole que em diástole, a percentagem de deformação é negativa (figura 1.2). ^{(12) (16)}

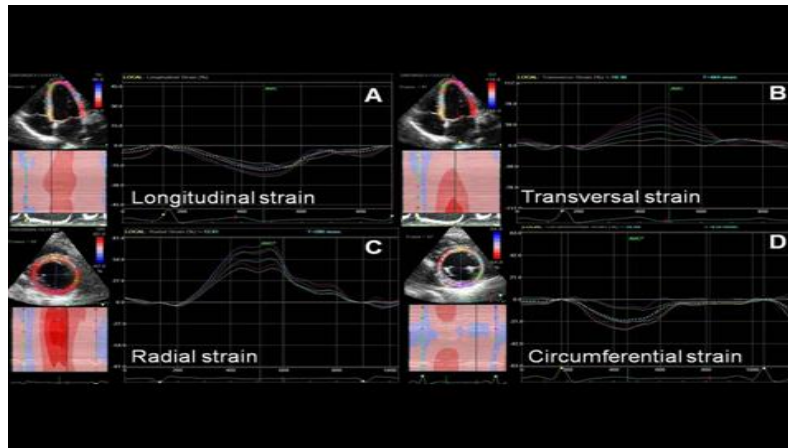


Figura 1.2: A e B – Curvas de *strain* longitudinal e transversal (via apical); C e D – Curvas de *strain* radial e circunferencial (via eixo curto) (adaptado de Zamorano J et al. ⁽²¹⁾).

A diferença entre a rotação em eixo curto, ao nível da válvula mitral e ao nível do ápex resulta a torção apical ou *twisting*, este fenómeno ocorre porque a região basal gira em sentido horário e a região apical em sentido anti-horário, durante a sístole. ⁽²²⁾

Importa destacar que todas as medidas são regionais, sendo a análise do conjunto que permite ter uma visão global da contractilidade.

A análise complexa da deformação miocárdica, reflecte a distribuição das fibras musculares. ⁽¹⁶⁾

Por este motivo, o *strain* longitudinal aumenta gradualmente em direcção ao ápex, provavelmente, pelo predomínio de fibras longitudinais e oblíquas nessa região necessárias para promover o esvaziamento da cavidade, ocorrendo o mesmo com o *strain* circunferencial. ⁽¹⁶⁾

O *strain* radial diminui gradualmente em direcção ao ápex, possivelmente porque as fibras com direcção circular, necessárias para o aumento rápido da pressão intracavitária antes da abertura da válvula aórtica, encontram-se preferencialmente localizadas na região basal. ⁽²³⁾

O *Doppler* tecidual (baseado na velocidade do tecido) e o acompanhamento do delineamento do movimento de um conjunto de pontos cinzas, designado por *speckle tracking*, constituem as duas formas actualmente disponíveis para a análise quantitativa da função ventricular regional e global. ⁽²⁴⁾

A utilização do *Doppler* tecidual para medida do gradiente de velocidade intramiocárdica, introduzido na década de 90, permitiu obter a velocidade, o deslocamento, a taxa de deformação e a sua percentagem (*strain* e *strain rate* respectivamente) e abriu largas possibilidades para o estudo e compreensão da mecânica da contracção cardíaca. ⁽²⁵⁾

Contudo o *Doppler* tecidual apresenta limitações tais como: o sinal *Doppler* é dependente do ângulo de incidência do feixe de ultra-sons que varia constantemente durante o ciclo cardíaco e pelo mesmo motivo as regiões apicais do ventrículo esquerdo, não podem ser correctamente avaliadas. ⁽²⁵⁾

Recentemente surgiu o *speckle tracking*, que promove a medição quantitativa da contractilidade miocárdica, sem depender do ângulo de incidência dos ultra-sons e translação cardíaca. O *speckle tracking* utiliza uma metodologia baseada no seguimento do movimento dos *speckles* (marcas acústicas do tecido miocárdico) que formam a imagem bidimensional e permite obter as diferentes direcções da deformação regional miocárdica. ^{(26) (27)}

Cada marcador é formado por um pequeno conjunto de imagens em escala cinza, cuja disposição e orientação é única e caracteriza uma parte específica do miocárdio, denominada de padrão de rastreamento (*speckle pattern*). Este padrão pode funcionar como uma impressão digital do segmento miocárdico dentro da imagem ecocardiográfica (Figura 1.3). ⁽¹⁶⁾

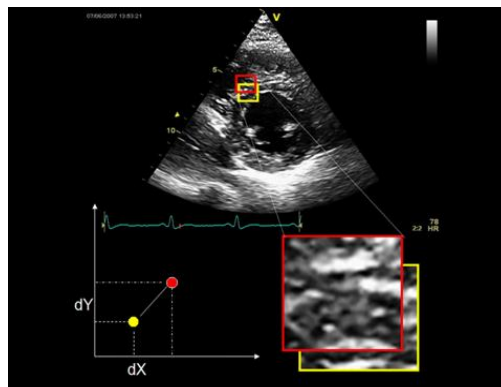


Figura 1.3: Representação esquemática do princípio do *speckle tracking* (adaptado de Zamorano J et al. ⁽²¹⁾).

Os marcadores acústicos são capturados pelo sistema de análise, a partir da imagem bidimensional, quer seja individualmente ou em grupo, e são seguidos *frame a frame* ao longo do ciclo cardíaco. ⁽²⁸⁾

Como este tipo de análise não é dependente do ângulo de incidência, permite-nos avaliar a deformação em todos os seus planos.

O *speckle tracking* parece oferecer vantagens significativas sobre técnicas ecocardiográficas convencionais, uma vez que avalia parâmetros de função miocárdica com o objectivo de quantificar a contractilidade e relaxamento miocárdico intrínseco. ^{(13) (29)}

2. Relatório de estágio em ultrassonografia cardíaca

2.1 Relatório de estágio em ultrassonografia cardíaca - 1ª fase

O estágio decorreu em duas fases:

1ª fase do estágio – CHLN na UTIC, sob orientação da Dr^a Susana Martins, teve a duração total de 80 horas e foi realizado de 7 a 18 de Maio de 2012 com frequência diária semanal (2^a a 6^a feira das 8h30 às 15h30).

Passo a descrever sumariamente o laboratório de ecocardiografia inserido na UTIC bem como as actividades realizadas durante o estágio.

Neste laboratório de ecocardiografia são realizados ecocardiogramas transtorácicos a doentes internados no serviço bem como a utentes provenientes do exterior, essencialmente da consulta de hipertensão pulmonar realizada pela Dr.^a Susana Martins, ecocardiogramas transesofágicos e ecocardiogramas de sobrecarga.

2.1.2 Recursos humanos

Trata-se de uma equipa multidisciplinar constituída por 6 médicos cardiologistas, 1 cardiopneumologista e 1 enfermeiro, sendo directora do laboratório a Professora Maria José Correia.

2.1.3 Espaço físico e equipamentos

Este laboratório possui um ecocardiógrafo marca Philips, modelo EnVisor com sonda multifrequência (2,5-3,5MHz) e uma sonda multiplanar transesofágica, um computador com ligação á rede e um carro de emergência com equipamento para suporte avançado de vida.

2.1.4 Actividade desenvolvida durante o estágio

Durante o período de estágio, a mestranda teve oportunidade de assistir a vários ecocardiogramas transtorácicos e 2 ecocardiogramas transesofágicos (diagnósticos de dissecação da aorta e re-avaliação de cardiopatia congénita).

A mestranda assistiu a a 48 exames na totalidade, apresentando-se uma pequena casuística de acordo com a indicação clínica dos ecocardiogramas transtorácicos realizados (gráfico 2.1).

A média de idades foi de 64 ± 10 anos, sendo que a idade mínima foi 49anos e a idade máxima 88anos; 23 (47%) indivíduos eram do sexo masculino e 25 (53%) do sexo feminino.

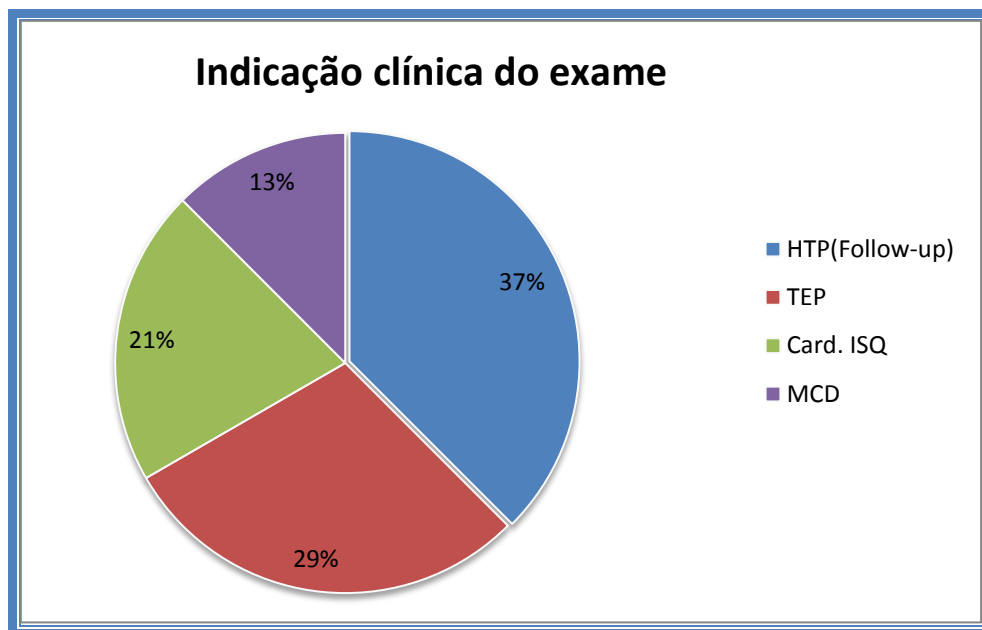


Gráfico 2.1: Distribuição das indicações clínicas dos exames realizados durante o período de estágio – HTP- hipertensão pulmonar; TEP- tromboembolismo pulmonar; Card.ISQ- cardiopatia isquémica; MCD- miocardiopatia dilatada.

2.2 Relatório de estágio em ultrassonografia cardíaca - 2ª fase

2ª Fase do estágio: laboratório de ecocardiografia do CHBM, instituição onde a aluna exerce funções em rotatividade pelas diferentes técnicas de diagnóstico não invasivo e também implantação e follow-up de pacemaker's.

Nesta instituição, o laboratório de ecocardiografia encontra-se junto ao serviço de cardiologia bem como todos os restantes meios complementares de diagnóstico cardíaco (electrocardiogramas, provas de esforço, Holter e MAPA).

Esta fase do estágio decorreu de 1 de Junho a 31 de Agosto de 2012, sob a orientação do Dr. Luís Santos e teve a duração total de 160 horas (2ª a 5ª feira das 16h às 19h e 6ª feira das 15h às 17h).

2.2.1 Recursos humanos

O laboratório possui uma equipa multidisciplinar constituída por 2 técnicas cardiopneumologistas, 4 médicos cardiologistas e 1 enfermeiro. A responsável do laboratório de ecocardiografia do CHBM é a Drª Filomena Caetano.

2.2.2 Espaço físico e equipamento

Este laboratório é constituído por duas salas:

- Sala Eco 1- Ecocardiógrafo marca GE Vivid 4 com uma sonda 3S multifrequência (1,5-3,5MHz) e uma sonda multiplanar transesofágica, uma estação de trabalho Echopac ligada em rede, um computador ligado também em rede e um carro de emergência com equipamento para suporte avançado de vida.
- Sala Eco 2 – Ecocardiógrafo portátil marca GE, modelo Vivid i com sonda 3R-RS multifrequência (1,5-3,5MHz) e uma sonda multiplanar transesofágica.

2.2.3 Actividade desenvolvida durante o estágio

Durante o estágio a aluna teve oportunidade de assistir, realizar e colaborar em 210 exames no total, apresentando de seguida uma casuística sumária de acordo com o estudo ecocardiográfico realizado.

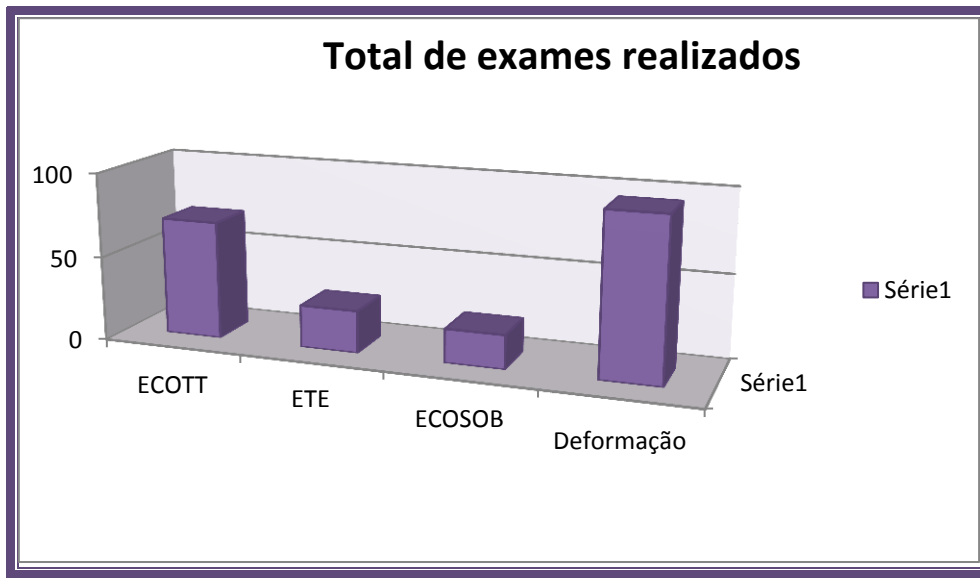


Gráfico 2.2: Distribuição do número de exames realizados em função do estudo ecocardiográfico

No que se refere aos ecocardiogramas transtorácicos, a média de idades foi de 59 ± 17 anos, sendo que a idade mínima foi 18anos e a idade máxima 96anos; 43 (60%) indivíduos eram do sexo masculino e 28 (40%) do sexo feminino.

No gráfico 2.3 encontra-se a distribuição das indicações clínicas mais frequentes dos ecocardiogramas transtorácicos.

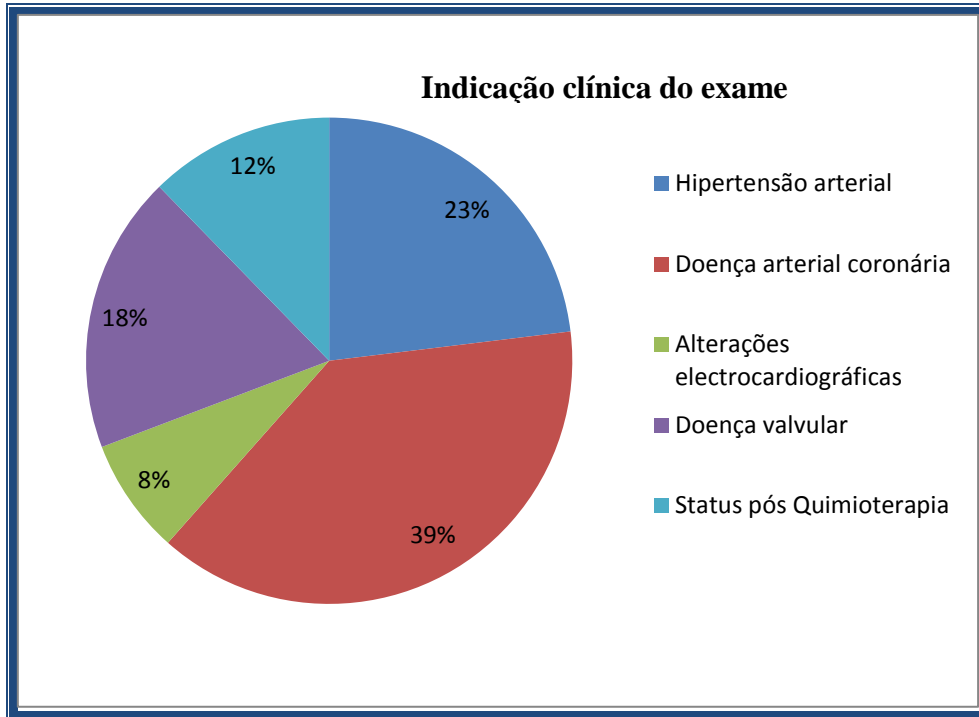


Gráfico 2.3: Distribuição das indicações clínicas para realização de ecocardiogramas transtorácicos

Quanto aos ecocardiogramas transesofágicos em que a mestranda colaborou, a idade mínima foi de 30anos e a idade máxima de 59anos, sendo que 10 (40%) indivíduos eram do sexo feminino e 15 (60%) do sexo masculino. No gráfico 2.4 apresenta-se a casuística das indicações clínicas para realização dos ecocardiogramas transtorácicos.

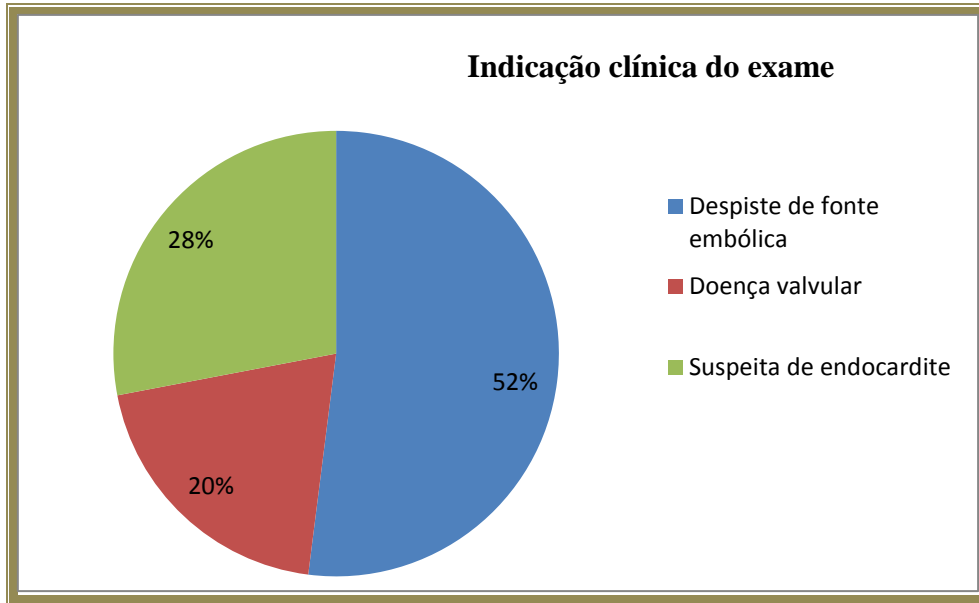


Gráfico 2.4: Distribuição das indicações clínicas para realização de ecocardiograma transesofágico

A idade mínima nos ecocardiogramas de sobrecarga foi de 49anos e a idade máxima foi de 64anos, sendo que 13 (65%) indivíduos eram do sexo feminino e 7 (35%) do sexo masculino.

A seguir apresenta-se as indicações mais frequentes para realização de ecocardiograma de sobrecarga (fármacos usados – dobutamina e dipiridamol) (gráfico 2.5).

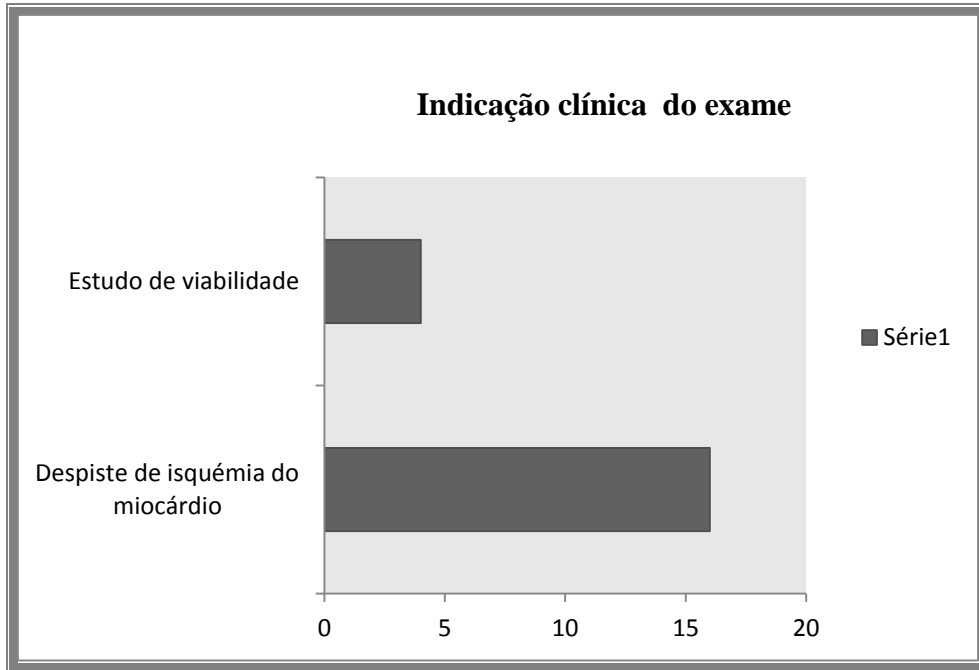


Gráfico 2.5: Distribuição das indicações clínicas para a realização de ecocardiograma de sobrecarga

A mestranda assistiu e realizou também vários exames de análise de deformação miocárdica com speckle tracking, em particular a deformação miocárdica (radial, longitudinal e circunferencial) do ventrículo esquerdo em pós processamento.

Foram estudados 37 indivíduos adultos com a média de idades de 49 ± 15 anos, sendo que a idade mínima foi de 18 anos e a idade máxima de 69 anos; 16 (43%) indivíduos do sexo feminino e 21 (57%) do sexo masculino.

O gráfico 2.6 mostra as diversas patologias onde foi efectuado o estudo da deformação miocárdica do ventrículo esquerdo pela técnica de *speckle tracking*.

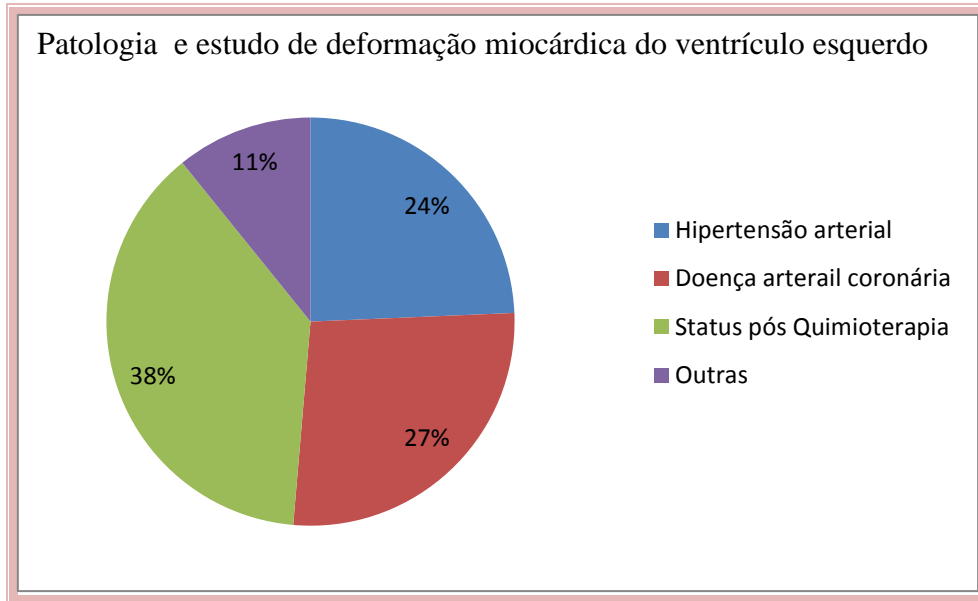


Gráfico 2.6: Distribuição das patologias onde foi efectuado estudo da deformação do ventrículo esquerdo.

Estes estudos são realizados faseadamente, primeiro com o processo de aquisição de imagens em bidimensional e segundo com a sua análise em pós processamento.

Durante o estágio, a mestranda também participou activamente na aquisição e pós processamento de 58 exames (32 indivíduos com disfunção ventricular esquerda e 26 saudáveis, sem doença cardiovascular), segundo protocolo pré-estabelecido, que utilizou para a realização do projecto de investigação.

O equipamento utilizado foi o Vivid i da GE e as imagens foram armazenadas em *Raw data*, na estação de trabalho.

2.2.3.1 Recolha de dados e análise em pós processamento

Um dos objectivos do estágio foi a recolha de dados ecocardiográficos e análise dos mesmos em pós processamento para a realização do projecto de investigação com o tema: "Avaliação ecocardiográfica da função sistólica ventricular direita em doentes com disfunção ventricular esquerda: parâmetros ecocardiográficos convencionais

versus *strain* bidimensional” desenvolvido no âmbito do Curso de Mestrado em Tecnologia de Diagnóstico e Intervenção Cardiovascular”.

Para tal foram inseridos no estudo indivíduos que realizaram ecocardiograma transtorácico no laboratório de ecocardiografia do CHBM durante o período de estágio e foram inseridos no estudo indivíduos que cumprissem os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

Após a selecção dos indivíduos, foi realizada a avaliação ecocardiográfica dos parâmetros ecocardiográficos na estação de trabalho Echopac GE®, onde foram analisados os estudos e recolhidos os dados.

Durante a realização do estágio foi seleccionado um grupo de controlo (indivíduos saudáveis com FE > 55%).

Análise em pós processamento

A recolha de dados dos parâmetros ecocardiográficos para esta investigação implicou que todos os estudos ultrassonográficos tenham sido realizados no equipamento Vivid i (GE® Medical Systems) utilizando uma sonda 3S-RS (1,5 - 3,5MH), com o doente em decúbito lateral esquerdo, segundo um protocolo de aquisição ecocardiográfico que inclui a aquisição de *cineloops* de 3 ciclos cardíacos em modo bidimensional na via apical de 4C adaptada ao ventrículo direito e com frame rate entre 40- 80f/s. E com armazenamento da imagem digital em formato *Raw data* que permitisse á posteriori a análise *offline* (software Echopac GE®).

Todas as medições ecocardiográficas do ventrículo direito foram obtidas de acordo com o recomendado pelos últimos consensos (ano 2010) da Associação Americana de Ecocardiografia aprovados pela Associação Europeia de Ecocardiografia e Sociedade Canadiana de Ecocardiografia.

Com o cursor em Modo-M na parede lateral do anel tricúspide foi medido a excursão sistólica do plano do anel tricúspide (TAPSE).

Com amostra de Doppler Pulsado ao nível do anel tricúspide lateral foi medido o pico sistólico máximo (S').

No que se refere á fracção de ejeção, volumes telediastólico e telessistólico foram medidos pelo método de Simpson Biplano.

O fluxo de enchimento ventricular esquerdo foi avaliado por Doppler Pulsado com o cursor alinhado perpendicularmente ao anel mitral e amostra posicionada na

extremidade dos folhetos da válvula mitral e foi medido a onda E, onda A, tempo desaceleração e relação E/A.

A pressão sistólica na artéria pulmonar foi obtida através da onda de Doppler contínuo da regurgitação tricúspide usando a equação de Bernoulli modificada ($4 \times (\text{pico da regurgitação tricúspide})^2$), adicionando uma constante consoante o diâmetro e colapso inspiratório da veia cava inferior. Para a quantificação da regurgitação tricúspide foi utilizado um método semi-quantitativo: a vena contracta. A vena contracta do fluxo de regurgitação tricúspide é obtida em apical de 4 C, para tal é necessário diminuir a escala da cor de modo a conseguir identificar 3 zonas distintas no jacto regurgitante: zona do fluxo de convergência, vena contracta e jacto turbulento. Segundo as últimas recomendações da Associação Europeia de Ecocardiografia, venas contracta superior a 7mm são a favor de regurgitações tricúspides severas, diâmetros inferiores a 6mm correspondem a regurgitações ligeiras ou moderadas, apenas estas foram inseridas neste estudo.⁽³⁰⁾

A análise por speckle tracking da deformação longitudinal foi analisada em pós processamento, a partir da aquisição na via apical de 4C, com o programa de análise Echopac (GE®) da seguinte forma:

1. A partir do registo de Doppler pulsado do fluxo aórtico foram marcados os momentos de abertura e encerramento da válvula aórtica,
2. Nos *cineloops* em modo bidimensional da via apical de 4C foi avaliado e seleccionado em cada *cineloop* o ciclo cardiaco com melhor qualidade de imagem,
3. Foi utilizado um sistema semi-automático de *tracking* do miocárdio, marcação manual do bordo endocárdico da parede livres e do septo interventricular e ajustamento da região de interesse. Só foram considerados na avaliação da deformação miocárdica os segmentos cuja qualidade do *tracking* miocárdico foi considerado adequado simultaneamente pelo sistema de análise automático e pelo operador (avaliação visual) (figura 2.1).

Foram analisados 6 segmentos (3 da parede lateral e 3 da parede septal) em cada individuo na via apical de 4 câmaras, obtendo-se valores globais de *strain* longitudinal (GLS %) e valores do pico de *strain* sistólico longitudinal dos segmentos basal e médio do septo interventricular e da parede livre do VD (figura 2.2).



Figura 2.1: Validação da qualidade do tracking miocárdico (adaptado de D'Andrea et al. ⁽³¹⁾).

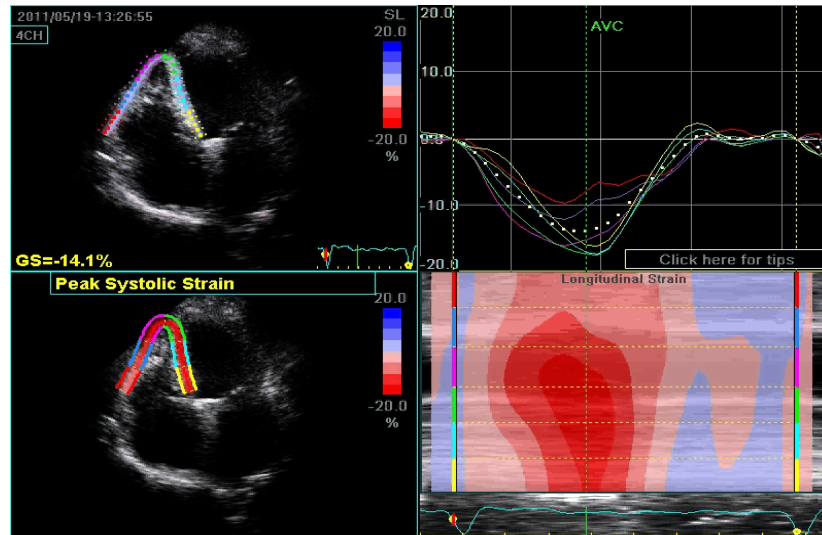


Figura 2.2: Deformação longitudinal do ventrículo direito em apical de 4C (adaptado de D'Andrea et al. ⁽³¹⁾).

Durante o estágio foram analisados em pós processamento 58 estudos (32 com disfunção ventricular esquerda e 26 normais), não só os parâmetros ecocardiográficos convencionais, mas também os parâmetros de deformação miocárdica longitudinal regional e global do ventrículo direito.

3. Considerações finais

A ecocardiografia desempenha actualmente um papel fundamental como exame complementar de diagnóstico não invasivo, sendo um exame de primeira linha na abordagem de doentes cardíacos. Trata-se de uma técnica acessível, de baixo custo e isenta de riscos que permite obter informações diagnósticas morfológicas e funcionais precisas essenciais na selecção da terapêutica e determinação do prognóstico.

Na última década, temos assistido a um grande avanço tecnológico que se reflecte também nos equipamentos clínicos (ecocardiógrafos) fazendo com que haja uma melhor e mais profunda compreensão das informações obtidas pela ecocardiografia e sua inserção no contexto clínico.

Apesar da mestranda já exercer funções em ecocardiografia de adultos antes deste estágio, existem sempre novas competências a adquirir e aperfeiçoar numa técnica tão vasta como a ecocardiografia.

A realização deste estágio profissional proporcionou á mestranda o melhoramento da curva de aprendizagem nomeadamente na análise da deformação miocárdica (recente modalidade ecocardiográfica) e no estudo ecocardiográfico do ventrículo direito.

Este estágio foi sem dúvida uma mais valia na actualização e desenvolvimento de saberes e conhecimentos.

Bibliografia

1. Cardim N. Ecocardiografia Transtorácica. Lisboa: Lidel; 2009.
2. Popescu BA, Andrade MJ, Badano LP, Fox KF, Flachskampf FA, Lancellotti P, Varga A, Sicari R, Evangelista A, Nihoyannopoulos P, Zamorano JL. European Association of Echocardiography recommendations for training, competence, and quality improvement in echocardiography. *European Journal of Echocardiography* 2009; 10:893–905.
3. Evangelista A, Flachskampf F, Lancellotti P, Badano L, Aguilar R, Monaghan M, Zamorano J, Nihoyannopoulos P. European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies. *European Journal of Echocardiography*. 2008; 9:438–448.
4. Quiñones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA. Recommendations for Quantification of Doppler Echocardiography: A Report From the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2002; 15:167-84.
5. Gottdiener JS, Bednarz J, Devereux R, Gardin J, Klein A, Manning WJ, Morehead A, Kitzman D, Oh J, Quinones M, Schiller NB, Stein JH, Weissman NJ. American Society of Echocardiography Recommendations for Use of Echocardiography in Clinical Trials – A Report from the American Society of Echocardiography’s Guidelines and Standards Committee and The Task Force on Echocardiography in Clinical Trials. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2004;17:1086-1119.
6. Hanrath P. Transoesophageal Echo-Doppler in cardiology. *Heart*. 2001; 86:586-592.
7. Flachskampf FA, Badano L, Daniel WG, Feneck RO, Fox KF, Fraser AG, Pasquet A, Pepi M, Perez de Isla L, Zamorano JL. Recommendations for transoesophageal echocardiography: update 2010. *European Journal of Echocardiography*. 2010;11:557-576.
8. Manning WJ, Kannam JP. Transesophageal echocardiography: Indications, complications and normal views. *UpToDate* 19,2 2011.
9. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Polderman D, Voigt JU, Zamorano JL. Stress echocardiography expert consensus statement. *European Journal of Echocardiography*. 2008;9(4):415-437.
10. Stefani L, De Luca A, Maffulli N, Mercuri R, Innocenti G, Suliman I, Toncelli L, Vono MC, Cappelli B, Pedri S, Pedrizzetti G, Galanti G. Speckle tracking for left ventricle performance in young athletes with bicuspid aortic valve and mild aortic regurgitation. *European Journal of Echocardiography*. 2009;10(4):527-531.
11. Popovic ZB, Thomas JD. Echocardiography and a quest of the promised land of the accurate assessment of cardiac mechanics. *European Journal of Echocardiography* 2009;10(5):583-584.

12. Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P. Strain and strain rate deformations parameters: From tissue Doppler to 2D speckle tracking. *International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2008;24:479-91.
13. Marwick TH, Yu CM, Sun JP. *Myocardial Imaging: Tissue Doppler and Speckle Tracking*. USA: Blackwell Publishing; 2007.
14. Teske A, Boeck B, Melman P, Sieswerda G, Doevendans P, Cramer M. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue deformation imaging - A guide to image acquisition and analysis using tissue Doppler and speckle tracking. *Cardiovascular Ultrasound*. 2007;5(27):1-19.
15. Torrent-Guasp F. Estructura y función del corazón. *Revista Española de Cardiología*. 1998;51(2):91-102.
16. DelCastillo J, Herszkowicz N, Ferreira C. Speckle Tracking - A Contratilidade Miocárdica em Sintonia Fina. *Revista Brasileira de Ecocardiografia e Imagem Cardiovascular*. 2010;23(3):46-54.
17. DelCastillo J, Herszkowicz N. O que sabemos sobre deformação miocárdica (strain e strain rate)? 2010; Available from: <http://www.escolauniceo.com.br/conteudo/esquinacientifica1.asp>.
18. Mor-Avi V, Lang R, Badano L, Belohlavek L, Cardim N, Derumeaux G, *et al*. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *European Journal of Echocardiography*. 2011;12:167-205.
19. Streeter DD, Spotnitz HM, Patel DP, Ross J, Sonnenblick EH. Fiber orientation in the canine left ventricle during diastole and systole. *Circ Res*. 1969, Vol. 24, pp. 339-47.
20. Del Castillo JM, Herszkowicz N, Boschilia T, Capuano RL, Cortese MDS. Deformação miocárdica tangencial (shear strain) em indivíduos normais: o seu significado. *Rev Bras ecocardiogr imagem cardiovasc. Rev Bras ecocardiogr imagem cardiovasc*. 2009, Vol. 22, pp. 20-6.
21. Zamorano, J *et al*. The ESC Textbook of Cardiovascular Imaging. New York; JAMA, 2010. p. 2181. Vol. 304(19).
22. Kim, HK, Sohn DW, Lee SE, Choi SY, Park JS, Kim YJ, *et al*. Assessment of left ventricular rotation and torsion with two-dimensional speckle tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007, Vol. 20, pp. 45-53.
23. Del Castillo JM, Herszkowicz N. Strain bidimensional (X-strain): utilização do método para avaliação de cardiopatias. *Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc*. 2008, Vol. 21, pp. 29-35.
24. Alcantara ML, Felix AS, Siciliano AP *et al*. 2D strain como método de avaliação da contractilidade ventricular esquerda. Análise da sua reprodutibilidade na prática diária. *Rev Bras ecocardiogr imagens cardiovasc*. 2010; 23(1):31-39.

25. Citro R, Bossone E, Kuersten B et al. Tissue Doppler and strain imaging: anything left in the echo-lab?. *Cardiovascular Ultrasound*.2008; 6:54.
- 26.Galiuto L, Badano L, Fox K, Sicari R, Zamorano JL. The EAE Textbook of Echocardiography. Oxford. Quantification of left ventricular function and synchrony using tissue Doppler, strain imaging and speckle tracking (pp. 87-89);2011.
- 27.Edwardsen T, Helle-Valle T, Smiseth OA. Systolic dysfunction in heart failure with normal ejection fraction: speckle-tracking echocardiography. *Prog Cardiovascular Dis*. 2066;49(3):207-14.
28. Helle-Valle T, Crosby J, Edwardsen T, Lyseggen E, AmundsenBH, Smith HJ, et al. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. *Circulation*. 2005,Vol. 112, pp.3149-56.
29. Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P. Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. Ó Springer Science+Business Media B. V.; 2007.
30. Lancellotti P, Moura L, Pierard LA, Agricola E, Ppescu BA, Tribouilloy C et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr*. 2010; 11(4): 307-332.
31. D'Andrea A, Salerno G, Scarafile R, Riegler L, Gravino R, Castaldo F et al. Right ventricular myocardial function in patients with either idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy without clinical sign of right heart failure: effects of cardiac resynchronization therapy. *Pace*. 2009; 32:1017-1029.