



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**

Politécnico de Coimbra

Liliana Maria Dias Resende

RELATÓRIO DE ESTÁGIO EM ULTRASSONOGRAFIA CARDÍACA

VOLUME 1

Relatório de Estágio no âmbito do Mestrado em Fisiologia Clínica no ramo da Ultrassonografia Cardíaca e Função Vascular orientado pelo Professor Doutor Joaquim Castanheira, coorientado pelo Engenheiro Nuno Pires e apresentado à Escola Superior de Tecnologia e Saúde de Coimbra.

Março de 2025



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**

Politécnico de Coimbra

RELATÓRIO DE ESTÁGIO EM ULTRASSONOGRAFIA CARDÍACA

Liliana Maria Dias Resende

Relatório de Estágio no âmbito do Mestrado em Fisiologia Clínica no ramo da Ultrassonografia Cardíaca e Função Vascular orientado pelo Professor Doutor Joaquim Castanheira, coorientado pelo Engenheiro Nuno Pires e apresentado à Escola Superior de Tecnologia e Saúde de Coimbra.

Março de 2025

“THE IMPORTANT THING IS NOT TO STOP QUESTIONING.
CURIOSITY HAS ITS OWN REASON FOR EXISTING.”

Albert Einstein

Prémio Nobel da Física em 1921

RESUMO

Introdução

Este relatório de estágio aborda a aplicabilidade da ultrassonografia cardíaca no diagnóstico e controlo de diversas patologias cardiovasculares, com ênfase nas técnicas de imagem e sua evolução ao longo dos anos. Contextualiza-se a relevância da ultrassonografia no cenário médico atual, especialmente à luz dos recentes avanços tecnológicos.

Objetivo

No âmbito do Mestrado em Fisiologia Clínica, a realização do estágio de ultrassonografia cardíaca tem como objetivo analisar variáveis demográficas e ecocardiográficas, bem como a apresentação e discussão de 2 casos clínicos de relevância clínica, entre os exames realizados no Hospital Distrital da Figueira da Foz.

Resultados

Relativamente à casuística do estágio a amostra é constituída por 218 doentes e foram recolhidos os dados referentes aos achados ecocardiográficos de 217 ecocardiogramas transtorácicos e 1 ecocardiograma transesofágico. Foram também analisados 2 casos clínicos com utilização da ecocardiografia como meio complementar de diagnóstico, relativo a um doente de 86 anos com quadro clínico compatível com tamponamento cardíaco e um doente de 62 anos com suspeita de foramen oval patente.

Discussão

A análise da casuística mostrou que as alterações ecocardiográficas patológicas encontradas com maior frequência se referem género masculino com idades superior a 60 anos. Os 2 estudos de caso apresentados ilustram a aplicabilidade prática das técnicas abordadas, demonstrando a sua utilidade em contextos clínicos reais.

Conclusão

Destaca-se a relevância da ecocardiografia como ferramenta essencial no diagnóstico e controlo de doenças cardíacas, bem como a sua contribuição para o avanço da cardiologia e da medicina em geral.

Palavras-chave: ecocardiograma transtorácico; ecocardiograma transesofágico; diagnóstico cardiovascular; técnicas ecocardiográficas avançadas; patologia cardíaca.

ABSTRACT

Introduction

This internship report addresses the applicability of cardiac ultrasound in the diagnosis and management of various cardiovascular conditions, with an emphasis on imaging techniques and their evolution over the years. It contextualizes the relevance of ultrasound in current medicine, especially in light of recent technological advancements.

Objective

As part of the Master's in Clinical Physiology, the cardiac ultrasound internship aims to analyze demographic and echocardiographic variables, as well as to present and discuss 2 clinically relevant case studies from examinations performed at the Hospital Distrital da Figueira da Foz.

Results

Regarding the study population, the sample consisted of 218 patients, and data were collected from 217 transthoracic echocardiograms and 1 transesophageal echocardiogram. Additionally, 2 case studies were analyzed, using echocardiography as a complementary diagnostic tool: an 86-year-old man with clinical consistent with cardiac tamponade and a 62-year-old woman with suspected patent foramen ovale.

Discussion

The analysis of the sample showed that the most frequently found pathological echocardiographic alterations refer to male gender over 60 years of age. The 2 case studies presented illustrate the practical applicability of the techniques covered, demonstrating their usefulness in real clinical contexts.

Conclusion

This study highlights the relevance of echocardiography as an essential tool for the diagnosis and monitoring of cardiac diseases, as well as its contribution to the advancement of cardiology and medicine in general.

Keywords: *transthoracic echocardiogram; transesophageal echocardiogram; cardiovascular diagnosis; advanced echocardiographic techniques; cardiac pathology.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

® – Marca Registada

2C – Duas câmaras

3C – Três câmaras

4C – Quatro câmaras

5C – Cinco câmaras

2D – Imagem Bidimensional

3D – Imagem Tridimensional

AAE – Apêndice Auricular Esquerdo

AngioTC – Angiotomografia

ASA – Aneurisma do Septo Auricular

AVC – Acidente Vascular Cerebral

CIA – Comunicação Interauricular

CPL – Cardiopneumologia

CSVE – Obstrução na câmara de saída do VE

CW (*Continuous Wave*) – Doppler Contínuo

DTI (*Doppler Tissue Imaging*) – Doppler Tecidual

EAM – Enfarte Agudo do Miocárdio

ECG – Eletrocardiograma

ETE – Ecocardiografia Transesofágica

ETT – Ecocardiografia Transtorácica

FA – Fibrilhação Auricular

FEVE – Fração Ejeção Ventrículo Esquerdo

FOP – Foramen Oval Patente

GDPR (*General Data Protection Regulation*) – Regulamento Proteção Dados

GLS (*Global Longitudinal Strain*) – Strain Longitudinal Global

HTA – Hipertensão Arterial

HTP – Hipertensão Pulmonar

IA – Inteligência Artificial

IC – Insuficiência Cardíaca

ICE (*Intracardiac Echocardiography*) – Ecografia Intracardíaca

IM – Índice Mecânico

ITU – Infecção do Trato Urinário

IVI (*Intravascular Image*) – Imagem Intravascular

IVUS (*Intravascular Ultrasound*) – Ultrassonografia Intravascular

LVOT (*Left Ventricular Outflow Tract*) – Trato de Saída do Ventrículo Esquerdo

MAPA – Monitorização Ambulatória da Pressão Arterial

Modo B – Ecocardiograma Bidimensional

Modo M – Ecocardiografia Unidimensional

MV – Manobra Valsalva

OCT (*Optical Coherence Tomography*) - Tomografia de Coerência Ótica

PA – Pressão Arterial

PE – Prova de Esforço

PRF - Repetição de Pulso Frequência

PSAP - Pressão Sistólica na Artéria Pulmonar

PW (*Pulse Wave*) – Doppler Pulsado

Rx (Raio-X) – Radiografia

SIA – Septo Interauricular

SIV – Septo Interventricular

spO2 – Saturação de oxigénio

SPSS® (*Statistical Package for the Social Science*) – Programa de tratamento de dados estatísticos

SU – Serviço de Urgência

TAPSE (*Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion*) – Excursão Sistólica do Plano Anular da Válvula Tricúspide

UID – Unidade de Internamento Diferenciado

ULS BM – Unidade Local de Saúde do Baixo Mondego

VAI – Vias Aéreas Inferiores

VCI – Veia Cava Inferior

VD – Ventrículo Direito

VE – Ventrículo Esquerdo

WMSI (*Wall Motion Score Index*) – Pontuação de Movimento de Parede Indexado

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1 – Representação da amostra baseada no género.

Gráfico 2 – Distribuição da amostra por idades inferior ou igual a 20 anos, 21-30, 31-40, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90 e superior a 90 anos.

Gráfico 3 – Proveniência dos pedidos dos ecocardiogramas.

Gráfico 4 – Valvulopatia significativa.

Tabela 1 – Informação clínica dos pedidos dos ecocardiogramas da amostra.

Tabela 2 – Distribuição da informação clínica por género.

Tabela 3 – Distribuição da informação clínica por faixa etária.

Tabela 4 – Distribuição da informação clínica por género e faixa etária.

Tabela 5 – Estudo ecocardiográfico do ventrículo esquerdo.

Tabela 6 – Estudo ecocardiográfico da aurícula esquerda.

Tabela 7 – Estudo da doença isquémica.

Tabela 8 – Estudo ecocardiográfico do ventrículo direito.

Tabela 9 – Estudo ecocardiográfico da aurícula direita.

Tabela 10 – Estudo da doença pulmonar.

Tabela 11 – Estudo da valvulopatia aórtica.

Tabela 12 – Estudo da valvulopatia mitral.

Tabela 13 – Estudo ecocardiográfico de próteses valvulares.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotografia do Hospital Distrital da Figueira da Foz, E.P.E (Adaptado de: Município da Figueira da Foz_Facebook).

Figura 2 – O médico sueco Inge Edler e o físico Hellmuth e a primeira ecocardiografia em modo M (adaptado de Inge Edler and Carl Hertz, history of ultrasonography).

Figura 3 – Cronograma dos avanços na ecocardiografia de acordo com a introdução na prática clínica (adaptado de Gillam & Marcoff, 2024).

Figura 4 – Onda de Ultrassom (adaptado de Houghton, 2013).

Figura 5 – Velocidades de propagação nos vários tecidos do corpo adaptado de Houghton, 2013).

Figura 6 – Reflexão especular e retroespalhamento (adaptado de Houghton, 2013).

Figura 7 – Estrutura do transdutor de ultrassom (adaptado de Houghton, 2013).

Figura 8 – Modo A do ultrassom (adaptado de Física do Ultrassom – *NYSORA*).

Figura 9 – Imagem 2D do coração (adaptado de Houghton, 2013).

Figura 10 – Imagem em Modo M do VE (adaptado de Física do Ultrassom – *NYSORA*).

Figura 11 – Imagem em modo M com Doppler cor a mostrar regurgitação aórtica (adaptado de Houghton, 2013).

Figura 12 – Ecocardiografia Tridimensional (adaptado de Ecocardiograma: indicações, tipos e mais – *Sanarmed*, 2023).

Figura 13 – Strain Miocárdico com vista bullseye (adaptado de *ACUSON Origin Ultrasound System*, 2024).

Figura 14 – Janelas ecocardiográficas (adaptado de *NephroPOCUS*).

Figura 15 – Nomenclatura dos planos e cortes no ETE (adaptado de Silva et al., 2004).

Figura 16 – Pontuações relativas ao movimento da parede no ecocardiograma de stress (adaptado de Houghton, 2013).

Figura 17 – Ecocardiograma com contraste de sono salino agitado com opacificação das cavidades direitas (adaptado de Houghton, 2013).

Figura 18 – ICE com vista para as cavidades direitas do coração, válvula tricúspide e SIV (adaptado de Bartel et al., 2014).

Figura 19 – Imagem por angiografia, por OCT e IVUS, respetivamente (adaptado de Optical Coherence Tomography (OCT) – CathLab.com).

Figura 20 – Imagens da angioTC torácica em corte coronal (A), sagital (B) e axial (C).

Figura 21 – Imagens de ETT no plano paraesternal eixo longo (A) e análise espectral da VAo (B).

Figura 22 – Imagens de ETT nos planos subcostal (A) e paraesternal eixo curto (B).

Figura 23 – Imagens de ETE 2D e com cor.

Figura 24 – Imagens de ETE biplanares.

Figura 25 – Imagens de ETE 3D.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	II
ABSTRACT	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	VI
LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
ÍNDICE GERAL	XII
INTRODUÇÃO	1
ENQUADRAMENTO TEÓRICO	2
- Ultrassonografia Cardíaca	2
• História e Desenvolvimento	2
• Futuro: Questões éticas e deontológicas	6
PRINCÍPIOS FÍSICOS	8
• Modos de imagem.....	11
• Doppler.....	13
• Ecocardiografia Tridimensional	16
• <i>Strain</i> Miocárdico	17
TÉCNICAS ECOCARDIOGRÁFICAS.....	19
• Ecocardiograma Transtorácico	19
• Ecocardiograma Transesofágico.....	21
• Ecocardiograma de Stress	22
• Ecocardiograma de Contraste	24
• Ecografia Intracardíaca.....	25
• Ecografia Intravascular	27

CASUÍSTICA DO ESTÁGIO.....	29
• Casuística da informação clínica.....	32
• Casuística dos exames realizados.....	36
ESTUDOS DE CASO	44
• Estudo de caso nº1 – Tamponamento Cardíaco	44
Introdução	44
Caso clínico	45
Discussão	47
• Estudo de caso nº2 – Foramen Oval Patente	48
Introdução	48
Caso clínico	49
Discussão	51
DISCUSSÃO	52
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

INTRODUÇÃO

No âmbito do 2º ano do Mestrado em Fisiologia Clínica, ramo de especialização em ultrassonografia cardíaca e função vascular, realizei um estágio curricular com a duração de 300h no Laboratório de Ecocardiografia do Serviço de Cardiologia no Hospital Distrital da Figueira da Foz, E.P.E., sob a orientação da Técnica Superior de Diagnóstico e Terapêutica de Cardiopneumologia (CPL) Cristina Santos, com o objetivo de aprofundar conhecimento na área da ultrassonografia cardíaca.

Integrado na rede de prestadores de cuidados de saúde do Serviço Nacional de Saúde, o Hospital Distrital da Figueira da Foz, E.P.E., presta cuidados de saúde primários, continuados e diferenciados à população em geral. No Serviço de Cardiologia integram-se os laboratórios de Eletrocardiografia e Ultrassonografia Cardíaca e a equipa é constituída por 5 técnicos de CPL: Cristina Santos, Cristiano Silva, Isabel Almeida, Isabel Luís, Paula Vidas e Susana Fonseca; 3 médicos cardiologistas: Diana Campos, Joana Guardado e Luís Semedo; bem como uma administrativa, assistentes operacionais e enfermeiros. O laboratório de Ultrassonografia Cardíaca tem 2 gabinetes reservados para a realização dos exames, bem como os seus relatórios.

No presente relatório será apresentado um breve enquadramento teórico com uma perspetiva futura da ultrassonografia cardíaca, descrição das técnicas ecocardiográficas e da patologia, a casuística das atividades do estágio e considerações finais com análise e apreciação crítica em relação com o objetivo.



Figura 1 – Fotografia do Hospital Distrital da Figueira da Foz, E.P.E (Adaptado de: Município da Figueira da Foz - Facebook).

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

- Ultrassonografia Cardíaca

- **História e Desenvolvimento**

O conceito básico da ecocardiografia foi demonstrado pela primeira vez por Lazzaro Spallanzani no século XVIII, quando ele descreveu os ecos refletidos de sons inaudíveis. Essa descoberta conduziu ao reconhecimento de Spallanzani como o “Pai do Ultrassom” (Triana et al., 2025).

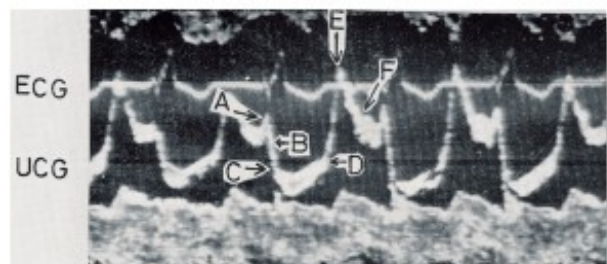
A primeira aplicação do ultrassom diagnóstico na medicina ocorreu no final da década de 1930, quando o psiquiatra e neurologista austríaco Karl Dussik explorou o seu potencial para a obtenção de imagens cerebrais. Na época, o ultrassom já era utilizado por marinheiros na obtenção de imagens subaquáticas e por engenheiros na deteção de falhas em metais. O princípio do efeito piezoelétrico, essencial para a emissão e receção de ondas ultrassónicas por meio de cristais piezoelétricos, já era conhecido, pois foi descoberto mais de meio século antes e descrito em 1917. No entanto, a técnica de Dussik, denominada Hiperfonografia, diferia do ultrassom moderno, pois baseava-se na transmissão de ondas ultrassónicas através de um objeto, em vez da deteção das ondas refletidas. Para isso, ele posicionava um transmissor de um lado da cabeça e um recetor do outro, conseguindo assim produzir imagens dos ventrículos cerebrais. Posteriormente, o princípio da ecotransmissão foi aplicado na obtenção das primeiras imagens cardíacas pelo fisiologista alemão Wolf-Dieter Keidel, que utilizou a técnica para realizar medições do coração e do tórax (Houghton, 2013).

Mais tarde em 1950, inspirados pelas tecnologias de sonar desenvolvidas durante a Segunda Guerra Mundial, surge a ideia de usar ondas sonoras para examinar o coração. O médico sueco Inge Edler e o físico Hellmuth Hertz em 1953 foram pioneiros na utilização do ultrassom para visualizar o coração, criando a primeira ecocardiografia unidimensional (modo M) (Ahmed & Sasikumar, 2022).

Inge Edler, cardiologista do Hospital Universitário de Lund, na Suécia, era responsável pelo diagnóstico pré-operatório de doenças cardíacas. Na época, os métodos disponíveis,

como o cateterismo cardíaco e as radiografias contrastadas do coração, não forneciam informações suficientemente precisas para uma avaliação adequada do estado da válvula mitral. Dada a importância de um diagnóstico correto antes de avançar para a cirurgia, Edler percebeu a limitação dos métodos existentes e procurou uma alternativa não invasiva. Paralelamente, Carl Hellmuth Hertz, aluno de pós-graduação no departamento de física nuclear da Universidade de Lund e filho de Gustav Hertz, premiado com o Prémio Nobel, também se dedicou a estudar o ultrassom. Para isso, um reflectoscópio ultrassónico foi emprestado da empresa Tekniska Röntgencentralen, especializada em testes não destrutivos. Com esse equipamento, Edler e Hertz conseguiram obter ecos bem definidos na tela CRT, que se moviam de forma sincronizada com os batimentos cardíacos, permitindo uma visualização dinâmica do coração.

Dado o envolvimento prévio de Gustav Hertz com a Siemens, onde atuou como diretor do Laboratório de Pesquisa, Edler e Hertz estabeleceram contato com Wolfgang Gellinek, diretor do Laboratório de pesquisa da *Siemens* em Erlangen, Alemanha, para pedir emprestado um reflectoscópio da marca. Em outubro de 1953, receberam um reflectoscópio Siemens e iniciaram de imediato os trabalhos, que resultaram nos primeiros registos ultrassónicos do movimento das válvulas cardíacas, marcando o início da ecocardiografia clínica (Triana et al., 2025).



Edler and Hertz's echocardiographic trace of the anterior mitral valve leaflet in the late 1950s

Figura 2 – O médico sueco Inge Edler e o físico Hellmuth Hertz e a primeira ecocardiografia em modo M (adaptado de *Inge Edler and Carl Hertz, history of ultrasonography*).

Mais tarde, entre 1960-1970, com o desenvolvimento do ecocardiograma bidimensional foi possível a visualização em tempo real das estruturas cardíacas em duas dimensões, o que representou um grande avanço, pois proporcionou uma visão detalhada das válvulas e das cavidades cardíacas.

Na década de 1970, desenvolveram-se as técnicas doppler, que possibilitaram a avaliação do fluxo sanguíneo através das válvulas cardíacas e dos grandes vasos. Já na década de 1980 surgiu a imagem com doppler a cores. Holen e Hatle demonstraram que, utilizando a equação de Bernoulli, era possível detetar gradientes de pressão, fornecendo informações cruciais sobre a hemodinâmica cardíaca. A combinação de todas essas tecnologias, que aumentaram significativamente a capacidade de diagnóstico da técnica, fazem parte da ecocardiografia usada nos dias de hoje (Omerovic & Jain, 2024).

A década de 1990 assistiu a uma mudança gradual nos métodos de arquivo, com um salto tecnológico da gravação dos estudos cardíacos em fita de vídeo para um arquivo digital mais versátil. O doppler tecidual (DTI) entrou na prática clínica no final dessa década e veio acrescentar uma nova modalidade que se revelou particularmente valiosa na avaliação da função diastólica. Posteriormente, a ecocardiografia passou por uma evolução tecnológica significativa com o aparecimento da ecocardiografia transesofágica (ETE), tridimensional (3D), *strain* e a ecocardiografia com contraste. O novo milénio assistiu à crescente adoção da ecografia 3D/4D, tanto em estudos transtorácicos como transesofágicos (Houghton, 2013).

Assim, a sensibilidade da ecocardiografia melhorou significativamente e tornou-se uma parte importante dos procedimentos cirúrgicos cardíacos que envolvem a reconstrução valvular (Ahmed & Sasikumar, 2022).

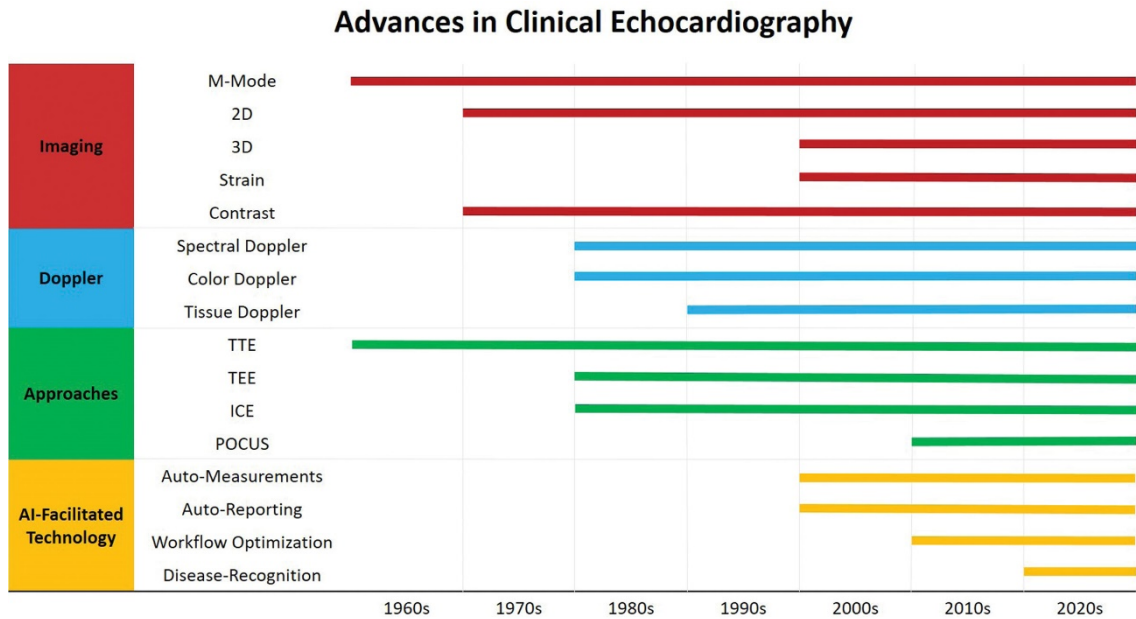


Figura 3 – Cronograma dos avanços na ecocardiografia de acordo com a introdução na prática clínica (adaptado de Gillam & Marcoff, 2024).

Enquanto isso, os ecocardiógrafos têm gradualmente diminuído de tamanho, inicialmente para o tamanho de computadores portáteis e, posteriormente, para o tamanho de dispositivos “de bolso”, aumentando consideravelmente a portabilidade e a disponibilidade da técnica. O crescente recurso à ecocardiografia reforçou a necessidade de implementar regulamentação relativa aos profissionais de saúde, e assistimos também nos últimos anos à publicação de muitos dos principais documentos nacionais e internacionais que funcionam como diretrizes que estabelecem padrões claros de qualidade para o desempenho da ecocardiografia.

- **Futuro: Questões éticas e deontológicas**

O futuro da ecocardiografia centra-se no aperfeiçoamento das técnicas já existentes e na integração de novas tecnologias com o desenvolvimento de softwares de análise automática como a inteligência artificial (IA) que promete aumentar a precisão diagnóstica e a eficiência clínica pela capacidade de análise de grandes volumes de dados de imagem. Estando a ecocardiografia em constante evolução, nesse sentido tem-se aplicado cada vez mais IA para agilizar avaliações diagnósticas e prognósticas e para dar suporte a decisões de tratamento, sendo por isso promissora na área da cardiologia (Nabi et al., 2021).

Por outro lado, a integração da IA na medicina traz consigo uma série de questões éticas e deontológicas uma vez que se trata de saúde, nomeadamente a importância das decisões clínicas baseadas em exames de imagem. A ecocardiografia gera grandes volumes de dados com imagens detalhadas do coração dos doentes, e com a introdução da IA, esses dados são frequentemente armazenados, analisados e compartilhados em plataformas digitais, aumentando o risco de violações de privacidade e uso indevido de dados. Assim, é crucial acautelar medidas rigorosas de segurança cibernética em conformidade com os regulamentos de proteção de dados, como o General Data Protection Regulation (GDPR) na Europa. Também para treinar os algoritmos de IA é necessário utilizar grandes conjuntos de dados, e por isso a anonimização rigorosa dos dados dos pacientes para proteger a sua privacidade é um ponto de relevo. Além de que os doentes devem ser informados sobre como seus dados serão usados e dar consentimento explícito para o seu uso em pesquisas e desenvolvimento de IA.

Garantindo todos os pressupostos anteriores, também é importante realçar que se os dados usados para treinar os algoritmos de IA não forem representativos de toda a população existe o risco de viés. Garantir a diversidade de dados e auditar os sistemas de IA regularmente é uma questão ética crucial. A distribuição equitativa destas tecnologias deve ser uma prioridade para evitar o aumento das disparidades em saúde, evitando a exacerbção das desigualdades no acesso a essas tecnologias, caso seja limitado a centros de saúde mais ricos. A introdução da IA na ecocardiografia pode, inadvertidamente, reduzir o papel dos operadores na interpretação dos exames e na comunicação com os doentes. Isso pode levar a uma sensação de desumanização do cuidado, onde os doentes podem

sentir que estão a ser tratados por máquinas, e não por seres humanos. É importante que a IA seja vista como uma ferramenta para apoiar, e não substituir, o julgamento clínico humano. É importante zelar pela confiança dos doentes na tecnologia e nos profissionais de saúde de forma a não comprometer a introdução da IA. Se os pacientes não compreenderem ou não confiarem nas decisões automatizadas, pode haver um impacto negativo na aceitação do tratamento. A comunicação clara e a transparência sobre o uso da IA são essenciais para manter a confiança. Sendo a capacidade de analisar grandes volumes de dados de imagem rapidamente e com alta precisão, um dos principais benefícios da IA na ecocardiografia, a confiabilidade desses sistemas depende da qualidade dos dados nos quais foram desenvolvidos, havendo o risco da IA produzir resultados falsos positivos ou negativos, o que pode levar a diagnósticos incorretos e tratamentos inadequados. Com a IA a desempenhar um papel relevante no diagnóstico, surge a questão de quem é responsável por decisões baseadas em recomendações de IA. Assim, a responsabilidade clínica final deve permanecer com o médico, que deve validar as análises feitas pela IA e tomar decisões informadas. Mas, levanta-se a necessidade de garantir que os médicos estão adequadamente treinados para interpretar os resultados fornecidos por sistemas de IA. Caso contrário, levanta preocupações éticas, desde a confiança do corpo clínico nos resultados, à comunicação com os doentes sobre os achados e implicações, e à consequente dificuldade na contestação de decisões erradas e a garantia de uma prática médica transparente (Yasmin et al., 2021).

PRINCÍPIOS FÍSICOS

O som propaga-se como uma onda mecânica longitudinal, podendo ser conceptualizado como um conjunto de partículas que vibram ao longo de uma mesma direção. Ao contrário das ondas eletromagnéticas, como as ondas de luz e de rádio, as ondas sonoras precisam de um meio material para se transmitirem, uma vez que o som não se propaga no vácuo. Para que ocorra a transmissão do som, é imprescindível a presença de um meio, seja ele gasoso, líquido ou sólido e pode ser representado como uma onda sinusoidal.

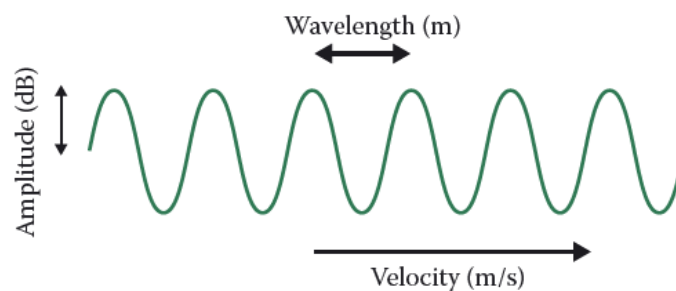


Figura 4 – Onda de Ultrassom (adaptado de Houghton, 2013).

No coração, a velocidade de propagação das ondas sonoras é de aproximadamente 1540 m/s, um parâmetro que não pode ser modificado pelo ecocardiografista. No entanto, é possível ajustar a frequência das ondas sonoras transmitidas em direção ao coração, o que influencia o comprimento de onda à medida que estas se propagam pelos tecidos cardíacos e estruturas adjacentes. Frequências mais altas proporcionam melhor resolução de imagem, porém resultam em menor penetração do ultrassom nos tecidos (Houghton, 2013).

Medium	Speed (m/s)
Air	330
Fat	1450
Soft tissue (average)	1540
Blood	1570
Muscle	1580
Bone	3500

Figura 5 – Velocidades de propagação nos vários tecidos do corpo (adaptado de Houghton, 2013).

Quando um impulso de ultrassom é transmitido do transdutor para o corpo, ele atravessa diferentes tecidos, com impedâncias acústicas diferentes, o que gera uma “resistência” à propagação das ondas. Ao superar essa resistência, uma parte significativa da energia é refletida de volta ao transdutor. Esse fenómeno também ocorre entre a sonda e a pele, onde quase toda a energia do ultrassom seria refletida, permitindo que apenas cerca de 1% se propagasse. No entanto, essa limitação é contornada com o uso de gel condutor, que reduz a reflexão e facilita a transmissão das ondas. À medida que um impulso de ultrassom percorre os tecidos, ocorre uma perda gradual de energia, um processo conhecido como “atenuação”. Essa atenuação resulta da reflexão e retroespalhamento das ondas, bem como da absorção de energia pelos tecidos, que a convertem em calor. A perda de energia pode ser quantificada em decibéis, e, em estruturas como o coração, uma redução de -3 dB corresponde a uma diminuição de aproximadamente 50% na intensidade do sinal, o que impacta diretamente a formação e a qualidade da imagem ecográfica (Houghton, 2013).

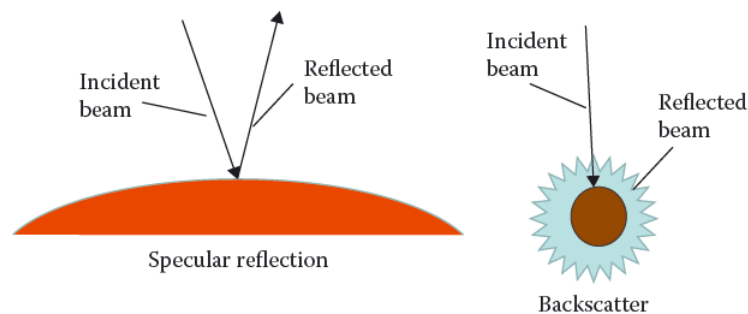


Figura 6 – Reflexão especular e retroespalhamento (adaptado de Houghton, 2013).

No ecocardiograma transtorácico (ETT), o ultrassom é gerado por um transdutor, também denominado sonda, que é posicionado sobre o tórax do doente. A sonda atua simultaneamente como transmissor e recetor, emitindo ultrassons em direção ao coração e captando os ecos refletidos pelos tecidos. O funcionamento das sondas baseia-se no efeito piezoelétrico, um fenómeno no qual os cristais piezoelétricos mudam de forma quando submetidos a uma tensão elétrica, oscilando rapidamente e geram um sinal. As sondas utilizadas em ecocardiografia são do tipo *phased array*, ou seja, compostas por múltiplos elementos piezoelétricos (por norma, cerca de 128 em sondas 2D e milhares em

sondas 3D) organizados em camadas para otimizar a transmissão e recepção do sinal. Para minimizar reverberações indesejadas, essas sondas possuem uma camada de amortecimento com alta impedância acústica, projetada para absorver o excesso de energia. Além disso, há uma camada adicional à frente dos elementos piezoelétricos que melhora a adaptação da impedância entre a sonda e o corpo, facilitando a transmissão eficiente do ultrassom.

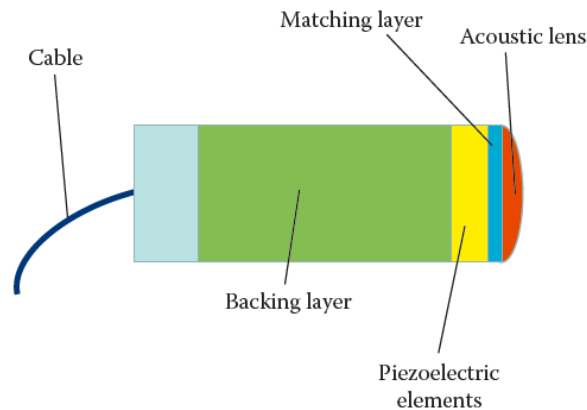


Figura 7 – Estrutura do transdutor de ultrassom (adaptado de Houghton, 2013).

O sinal refletido que retorna ao transdutor contém não só o ultrassom com a frequência original do sinal transmitido, conhecida como frequência fundamental, mas também sinais harmônicos, que são múltiplos dessa frequência original.

Esses sinais harmônicos são gerados principalmente pela porção central do feixe de ultrassom, bem como por estruturas mais profundas. A imagem de segunda harmônica filtra o sinal refletido, removendo a frequência fundamental e criando uma imagem com base nos componentes da segunda harmônica. Este processo resulta numa melhoria da resolução da imagem, especialmente para estruturas mais profundas, devido à maior frequência envolvida. No entanto, existem algumas desvantagens associadas, como alterações na aparência da textura miocárdica e da espessura aparente dos folhetos valvulares em comparação com imagens fundamentais.

O fornecimento de energia externa que o ultrassom transmite aos tecidos do corpo pode ter efeitos biológicos adversos que precisam ser considerados. A intensidade da exposição ao ultrassom é expressa como a potência por unidade de área (watts/cm^2), e é

calculada com base na intensidade máxima do feixe de ultrassom ao longo da duração da exposição. Existem dois efeitos biológicos principais associados à exposição à energia do ultrassom: efeito térmico (aquecimento) e o efeito mecânico (por exemplo, cavitação). Os efeitos térmicos resultam da conversão da energia mecânica do ultrassom em energia térmica à medida que atravessa os tecidos. A quantidade de aquecimento gerada é difícil de prever, pois depende de vários fatores, incluindo a frequência do transdutor, a potência, a transmissão, o foco e a profundidade. Os efeitos térmicos são particularmente relevantes no ETE, onde a sonda pode permanecer estacionada no esôfago por longos períodos, como em procedimentos intraoperatórios. O calor pode ser gerado não apenas pelo ultrassom, mas também diretamente pela sonda, o que pode aumentar o risco de aquecimento nos tecidos. Assim, é prudente minimizar o tempo de aquisição de imagens transesofágicas, reposicionar regularmente a sonda e controlar a temperatura da mesma durante os exames. Já os efeitos mecânicos envolvem a cavitação, um processo no qual se formam bolhas de gás nos tecidos devido à passagem do ultrassom. Não é considerado um problema durante o ETT, mas torna-se relevante na performance de agentes de contraste. Para controlar esses efeitos mecânicos manipula-se o índice mecânico (IM), que é a razão entre a pressão negativa de pico (rarefação) e a raiz quadrada da frequência do transdutor. Um valor de IM inferior a 1 é considerado seguro e não apresenta riscos significativos nos tecidos (O'Brien, 2007).

- **Modos de imagem**

O modo A é a modalidade de imagem mais antiga em que o transdutor envia um único impulso de ultrassom para o meio, gerando uma imagem unidimensional simples. Através deste processo, é criada uma série de picos verticais que representam os limites dos diferentes tecidos encontrados pelos feixes de ultrassom. A distância entre os picos pode ser calculada dividindo a velocidade do ultrassom no tecido (1540 m/s) pela metade do tempo decorrido para o sinal ir e voltar. Embora este modo seja útil para determinar a profundidade dos limites dos tecidos, oferece informações limitadas sobre a relação espacial entre as estruturas (Lawrence, 2007).

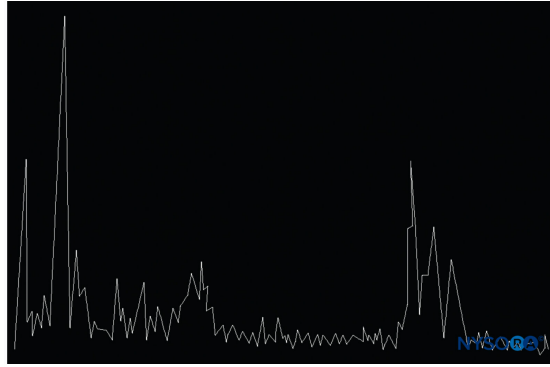


Figura 8 – Modo A do ultrassom (adaptado de *Física do Ultrassom* - NYSORA).

O modo B gera uma imagem bidimensional (2D) da área examinada, utilizando uma matriz linear composta por 100 a 300 elementos piezoelétricos, ao contrário do modo A, que utiliza apenas um único elemento. Neste modo, a amplitude do eco refletido é convertida em pontos de diferentes níveis de brilho na imagem, com a intensidade da escala de cinza a representar a força do eco refletido e as direções horizontal e vertical da imagem correspondem às distâncias reais nos tecidos (Lawrence, 2007). A imagem ecocardiográfica 2D fornece vistas tomográficas de vários planos das estruturas cardíacas, funcionando também como uma ferramenta essencial para orientar o uso do modo M e do doppler (Triana et al., 2025). Enquanto o modo B é o princípio fundamental para a formação das imagens, a ecocardiografia 2D é o resultado prático da captura e visualização dinâmica da anatomia cardíaca em movimento, o que permite uma análise detalhada do coração em movimento.

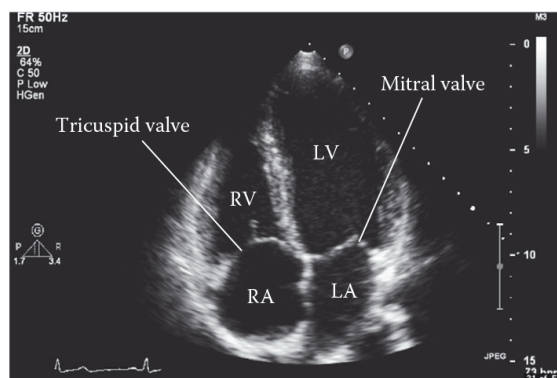


Figura 9 – Imagem 2D do coração (adaptado de Houghton, 2013).

A imagem em modo M, ou modo de “movimento”, regista o movimento ao longo de uma única linha de visão, selecionado pelo cuidadoso posicionamento do cursor numa região de interesse. Após o posicionamento do cursor, a ativação desta função resulta na exibição do movimento (ao longo do eixo y) em função do tempo (eixo x). O campo de visão muito estreito da imagem em modo M significa uma repetição de pulso de muito alta frequência, que fornece uma taxa de amostragem de cerca de 1800 vezes por segundo. Isso torna o modo M particularmente útil para a visualização de movimentos rápidos, como os dos folhetos da válvula, facilitando a contagem dos eventos cardíacos, bem como a medição da frequência cardíaca e das dimensões das cavidades cardíacas (Houghton, 2013).

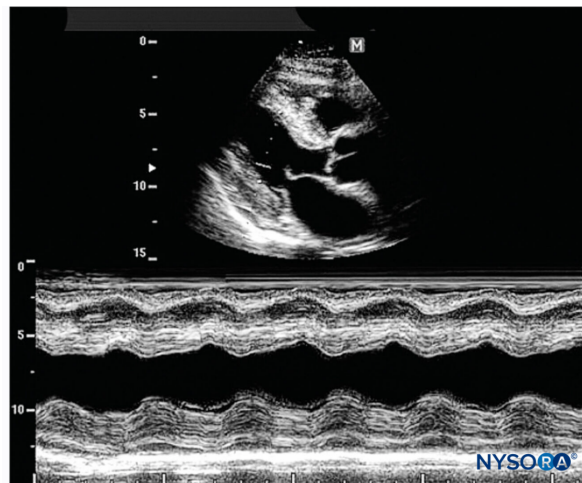


Figura 10 – Imagem em Modo M do VE (adaptado de *Física do Ultrassom* – NYSORA).

- **Doppler**

A ecografia não se limita a avaliar apenas a estrutura anatômica do coração, mas também permite a análise do fluxo sanguíneo e a sua dinâmica, graças ao princípio do doppler. Também pode ser aplicado ao estudo da função do miocárdio e é o chamado doppler tecidual. O efeito doppler, baseado no trabalho do físico Austríaco Johann Christian Doppler, descreve a mudança na frequência ou no comprimento de onda de uma onda sonora devido ao movimento relativo entre a fonte sonora e o recetor do som

(Lawrence, 2007). Aplicando à ecocardiografia, a frequência do ultrassom refletido aumenta quando os glóbulos vermelhos se movem em direção ao transdutor, e diminui quando se afastam. Essa variação na frequência entre a transmissão e o retorno do sinal de ultrassom é o desvio doppler, a partir do qual a velocidade do sangue pode ser calculada. Um grande ângulo entre a direção do fluxo sanguíneo e o feixe de ultrassom levará a uma subestimação da velocidade do fluxo, especialmente para ângulos superiores a 20°. Por essa razão, é fundamental alinhar o feixe de ultrassom o mais próximo possível da direção do fluxo sanguíneo ao realizar um ecocardiograma (Houghton, 2013). Além disso, os “ganhos” doppler, isto é, o brilho, também pode ser ajustado pelo ultrassonografista. Essas exibições espectrais formam a base da onda contínua (CW) e da onda pulsada (PW).

O doppler contínuo usa transmissão e recepção contínua de ultrassom, contrariamente aos pulsos intermitentes usados em imagens 2D. Para isso, o transdutor conta com dois cristais: um para transmitir o sinal de ultrassom e outro para receber o sinal refletido. No Doppler contínuo, o ecógrafo obtém sinais ao longo de todo o comprimento do feixe de ultrassom (ou linha do cursor), o que significa que o traço espectral reflete a direção e a velocidade do movimento dos glóbulos vermelhos em todos os pontos ao longo do feixe. Assim, o Doppler contínuo não avalia o fluxo em um ponto específico do coração. A exibição espectral reflete a velocidade de todos os glóbulos vermelhos detetados ao longo do feixe de ultrassom, variando do zero até ao pico de velocidade marcado pelo traço espectral. Embora a incapacidade de discriminar a velocidade do fluxo em qualquer ponto específico coloque o doppler contínuo em desvantagem relação ao doppler pulsado, que permite uma amostragem pontual, ele possui a vantagem de ser capaz de medir velocidades mais altas sem o fenómeno de *aliasing* (Houghton, 2013).

O doppler pulsado mede a velocidade do fluxo sanguíneo num local específico, que o ultrassonografista seleciona e coloca o volume de amostra no ponto de interesse. Para medir o deslocamento doppler, ou seja, a velocidade do fluxo dentro dos limites do volume da amostra, o transdutor emite um pulso de ultrassom e é calculado o tempo que o sinal demora para fazer a viagem de volta entre o transdutor e o volume da amostra. Ao fazer isso, o ecógrafo “ignora” o retorno do ultrassom de todos os pontos ao longo do cursor. O facto do ecógrafo ter que transmitir um pulso e depois esperar que ele retorne coloca um

limite na rapidez com que se pode enviar pulsos consecutivos – a repetição de pulso frequência (PRF). Quanto maior a distância entre o volume da amostra e o transdutor, maior será o “tempo de ida e volta” do ultrassom e, portanto, menor será o PRF. Esse dá origem ao fenómeno de *aliasing*, que é uma das principais limitações à utilidade do doppler pulsado, pois excede o limite *Nyquist*. Uma vez excedido esse limite, a definição do traçado espectral correspondente à velocidade máxima é uma limitação significativa na avaliação por doppler pulsado (Houghton, 2013).

O doppler a cores é baseado no princípio do doppler pulsado mas codifica o fluxo sanguíneo de acordo com sua direção e a velocidade média dentro de uma área pré-selecionada. O tamanho e a posição da caixa de cor podem ser ajustados de forma a cobrir a região de interesse. O fluxo para longe do transdutor é tradicionalmente azul, e em direção ao transdutor é codificado a vermelho. Já o fluxo turbulento, no qual ocorrem mudanças rápidas na velocidade do fluxo numa determinada região, é codificado pela cor verde.

O modo M com cor usa os mesmos princípios do doppler cor, sobrepondo os dados sobre uma imagem em modo M. Pode ser útil para precisar a ocorrência de jatos através da cor e é muitas vezes utilizado para medir a largura de um jato de regurgitação aórtica em relação ao diâmetro da câmara de saída do ventrículo esquerdo (LVOT).

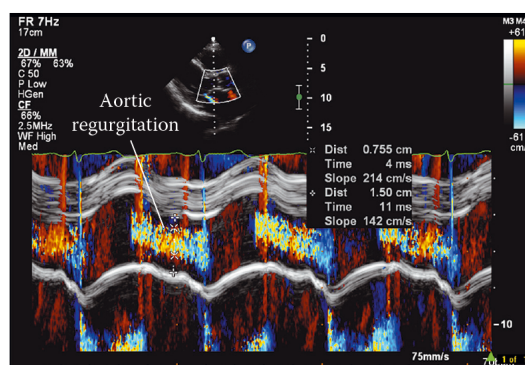


Figura 11 – Imagem em modo M com Doppler cor a mostrar regurgitação aórtica (adaptado de Houghton, 2013).

• Ecocardiografia Tridimensional

O objetivo final de qualquer técnica de imagem para a investigação da anatomia do coração e o seu funcionamento é a imagem 3D da morfologia cardíaca ao longo de um ciclo cardíaco completo. Foi no século XIX, em 1838, que o físico e inventor britânico Charles Wheatstone criou o estereoscópio - dispositivo baseado numa combinação de prismas e espelhos que permitia ver imagens em 3D a partir de imagens 2D, mostrando que duas imagens visualmente combinadas podem criar a ilusão de profundidade e três dimensões (Terra, 2011). Mas apenas no início dos anos 2000 é que a ecocardiografia 3D foi introduzida na cardiologia oferecendo uma visualização volumétrica do coração.

A razão para o interesse na ecografia 3D prende-se com o potencial para uma melhor compreensão da morfologia em condições normais e patológicas, sobretudo se houver necessidade de decisões terapêuticas. Na prática clínica, o ecocardiografista tenta obter uma informação espacial com base em imagens 2D obtidas de diferentes planos de imagem, no entanto, é muito subjetivo e altamente suscetível a erros. Para superar essas limitações, desenvolveu-se a ecocardiografia 3D que substitui esse processo mental por uma reconstrução computadorizada "objetiva" e reproduzível. O pré-requisito para uma reconstrução de superfície 3D é um conjunto de dados digitais cúbicos e isotrópicos com volumes de dados cúbicos, os chamados "voxels". O termo "isotrópico" significa que a resolução é idêntica em todas as direções e que a densidade de dados dentro do cubo é homogênea. Esses cubos preenchidos com informações de eco 2D são a base matemática para qualquer reconstrução 3D, pois o processo é uma sequência de etapas repetidas de processamento de imagem (Wollschläger, 1995).

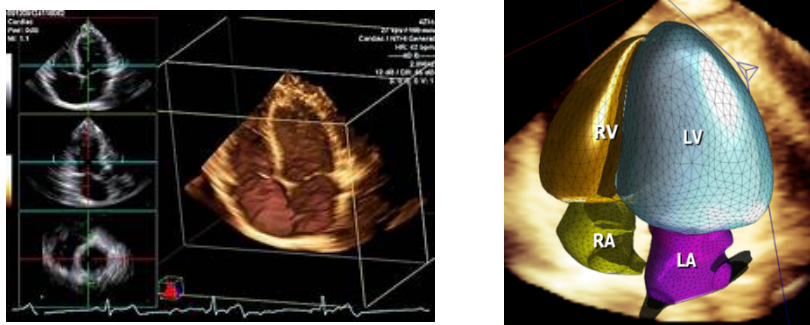


Figura 12 – Ecocardiografia Tridimensional 3D (adaptado de *Ecocardiograma: indicações, tipos e mais* – Sanarmed, 2023).

Estudos recentes demonstraram claramente a viabilidade de realizar imagens 3D em inúmeras doenças cardíacas, no entanto o tempo de aquisição prolongado é o principal fator limitante que restringe o uso da ecocardiografia 3D na rotina da prática clínica. O desenvolvimento de computadores mais rápidos encurtará o tempo necessário para a aquisição de imagens, pós-processamento e análise de dados, contribuindo para o fácil acesso e uso rotineiro. Assim, a ecocardiografia 3D poderá fornecer uma visão dinâmica da anatomia cirúrgica do coração, aumentando o seu potencial de diagnóstico (Pinto et al., 1997).

- ***Strain* Miocárdico**

O *strain* miocárdico consiste numa modalidade ecocardiográfica que estuda a mecânica/deformação cardíaca e foi desenvolvido com o objetivo de melhorar a avaliação da função ventricular. Este é um dado importante na prática clínica e é obtido principalmente pelo cálculo da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE). Para essa abordagem, utiliza-se sobretudo a técnica de *speckle tracking*, baseada no rastreamento (“*tracking*”) de marcadores acústicos naturais (“*speckles*”), presentes na imagem 2D durante todo o ciclo cardíaco. A função sistólica cardíaca constitui um fenómeno complexo, pois depende tanto do arranjo estrutural das fibras miocárdicas quanto da contração dessas fibras, que ocorre nos sentidos longitudinal, circunferencial e radial. O *strain* pode ser avaliado nessas três direções, mas o *global longitudinal strain* (GLS) foi o mais estudado e, por isso, o mais validado na prática clínica segundo as *guidelines* (D’hooge et al., 2002). As medições de tensão não são intercambiáveis, por isso é recomendável utilizar ferramentas de avaliação de tensão validadas, a fim de obter informações precisas e baseadas em evidências (Amzulescu et al., 2019).

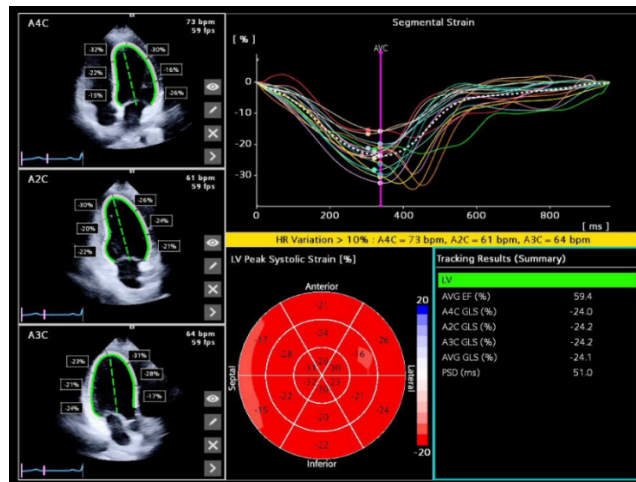


Figura 13 – Strain Miocárdico com vista bullseye (adaptado de ACUSON Origin Ultrasound System, 2024).

Desta forma, é possível demonstrar alterações da função contrátil do ventrículo esquerdo (VE), mesmo com FEVE preservada, em diversas situações clínicas, como por exemplo em casos de hipertensão arterial (HTA), doença coronária, insuficiência cardíaca (IC) com FEVE preservada, doença valvular, quimioterapia com agentes cardiotoxicos, diabetes e distrofia muscular de Duchenne. O *strain* também tem valor prognóstico em miocardiopatias e na doença isquêmica, sendo aplicável também ao estudo do ventrículo direito (VD). Em doentes com hipertensão pulmonar (HTP), o *strain* do VD apresenta-se reduzido, mesmo quando a avaliação da sua função é normal pelos parâmetros ecocardiográficos clássicos. Isso indica que o método também é útil na deteção precoce de disfunção ventricular direita (D’Hooge et al., 2000).

TÉCNICAS ECOCARDIOGRÁFICAS

• Ecocardiograma Transtorácico

O ETT é um exame complementar de diagnóstico não invasivo e indolor que permite a obtenção de imagens cardíacas de forma a avaliar e estudar a morfologia e função do coração. Desta forma, realizam-se os seguintes planos ecocardiográficos em 2D:

- Janela Paraesternal:

Paraesternal eixo longo;

Paraesternal eixo curto ao nível dos grandes vasos;

Paraesternal eixo curto ao nível da válvula mitral;

Paraesternal eixo curto ao nível dos músculos papilares;

Paraesternal direita;

- Janela Apical:

Apical cinco câmaras (5C);

Apical quatro câmaras (4C);

Apical três câmaras (3C);

Apical duas câmaras (2C);

- Janela Subcostal:

Subcostal 4C para avaliação do septo interauricular (SIA);

Subcostal ao nível da veia cava inferior (VCI);

- Janela Supraesternal:

Supraesternal eixo longo ao nível do arco aórtico.

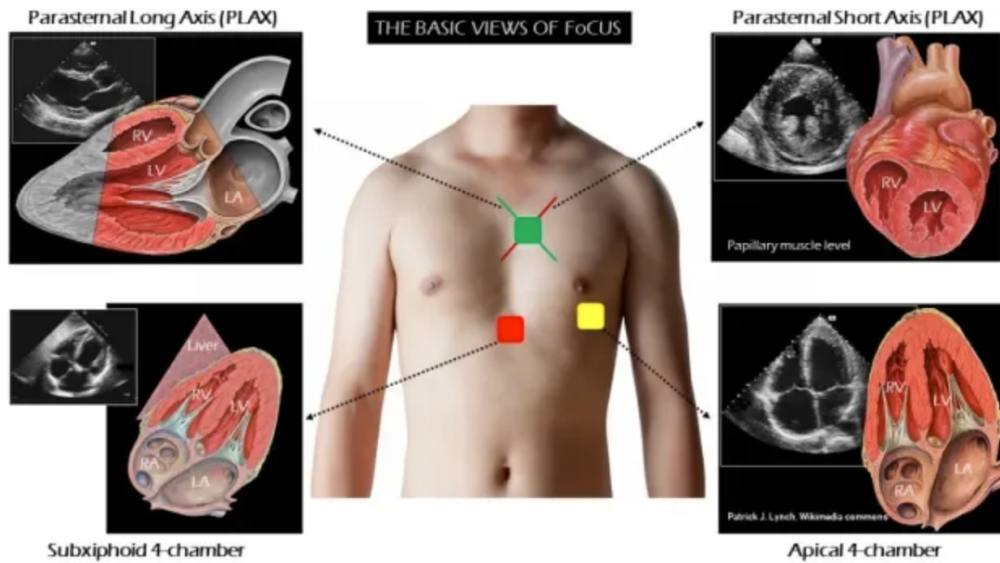


Figura 14 – Janelas ecocardiográficas (adaptado de *NephroPOCUS*).

O ETT permite efetuar cálculos lineares, volumes e avaliar a função cardíaca usando o método de Simpson biplano para calcular a fração de ejeção (FE). Por doppler pulsado e contínuo é possível estudar e caracterizar a velocidade e a direção do fluxo, identificar padrões de fluxo normais e patológicos, bem como detetar gradientes de pressão em válvulas cardíacas. Essa avaliação detalhada auxilia no diagnóstico e tratamento de doenças cardíacas.

Os principais pontos fortes do ETT são a segurança, sem necessidade de exposição à radiação, a portabilidade, excelente resolução espacial e temporal, processamento e exibição de imagens em tempo real e custo relativamente baixo. Por outro lado, a principal limitação é o alto grau de dependência do operador (Gillam & Marcoff, 2024).

• Ecocardiograma Transesofágico

O ETE é uma técnica semi-invasiva que consiste na introdução da sonda pelo esófago, permitindo o estudo ecocardiográfico do coração por via posterior, com imagens mais detalhadas. Confere vantagem comparativamente ao ETT, sobretudo quando o estudo transtorácico é inconclusivo ou incompleto, na pesquisa de fonte embólica, na avaliação de doença aórtica, valvular ou próteses, na suspeita de endocardite e em casos de anomalias do septo interauricular (CIA). Também é uma técnica de monitorização e diagnóstico usada no contexto intraoperatório de doentes submetidos a cirurgia cardíaca e hemodinamicamente instáveis.

Contudo, embora seja um método de imagem de confiança, seguro e económico, necessita de um operador experiente na aquisição dos planos ecocardiográficos (figura 15) e que tenha em linha de conta as indicações e as potenciais complicações do procedimento. O conhecimento adequado da física do ultrassom, do controlo da sonda e do ecógrafo é fundamental para otimizar a qualidade da imagem, reduzir artefactos e evitar interpretações erradas que culminam em diagnósticos enviesados. Neste tipo de exame adquirem-se imagens 2D para obter informações anatómicas, imagens com doppler a cores para informações sobre o fluxo sanguíneo e a tecnologia 3D que permite visualizar as estruturas cardíacas de diferentes perspetivas. Apesar dos recentes avanços do 3D no ETE, uma imagem 2D nítida e otimizada é a base para a sua reconstrução (Prabhu et al., 2012).

Plano e distância da arcada dentária	Cortes	Ângulo (em graus)	Estruturas
Esofágico superior (20-25 cm)	Eixo longo arco Ao	0	Arco Ao, v braq E
Esofago médio (30-40 cm)	Eixo curto arco Ao	90	Arco Ao, AP, TP, VP, v braq E
	4-câmaras	0-20	VE, AE, VD, AD, VM, VT, SIA, VVPPDD, SC
	Comissura mitral	60-70	VM, VE, AE
	2-câmaras	80-100	VE, AE, AAE, VM, VPSE
	Eixo longo	120-160	VE, AE, Vao, VSVE, VM, Ao Asc
	VSVD	60-90	VD, AD, VT, VSVD, VP, AP
	Eixo curto Vao	30-60	Vao, SIA, óstio cor, VSVD, VP, TP
	Eixo longo	120-160	Vao, VSVE, Ao asc, RDAP
	Veias cavas	80-110	AD, AAD, VCS, VCI, SIA, AE
	Eixo curto Ao asc	0-60	Aorta Asc, VCS, AP, RDAP
	Eixo longo Ao Asc	100-150	Ao Asc, RDAP
Transgástrico	Eixo curto Ao desc	0	Ao tor desc, espaço pleural E
	Eixo longo Ao desc	90-110	Ao tor desc, espaço pleural E
	Eixo curto basal	0-20	VE, VM, VD, VT
	Eixo curto médio	0-20	VE, VD, MMPP
	2-câmaras	80-100	VE, VM, cordas, MMPP, SC, AE
	Eixo longo	90-120	VSVE, Vao, VM
Transgástrico Profundo	Via entrada VD	100-120	VD, VT, AD, cordas, MMPP
	Eixo longo	0-20 (anteflexão)	VSVE, Vao, Ao asc

AD - átrio direito; AE - átrio esquerdo; AAE - apêndice atrial esquerdo; Ao - aorta; Ao asc - aorta ascendente; Ao desc - aorta descendente; arco - arco aórtico; AP - artéria pulmonar; E - esquerdo; SIA - septo interatrial; VD - ventrículo direito; VE - ventrículo esquerdo; VM - valva mitral; VT - valva tricúspide; MMPP - músculos papilares; VSVD - via de saída do ventrículo direito; VSVE - via de saída do ventrículo esquerdo; Vao - valva aórtica; VP - valva pulmonar; VVPPDD - veias pulmonares direitas; VPSE - veia pulmonar superior esquerda; SC - seio venoso coronariano; TP - tronco pulmonar; RDAP - ramo direito da artéria pulmonar.

Figura 15 – Nomenclatura dos planos e cortes no ETE (adaptado de Silva et al., 2004).

• Ecocardiograma de Stress

A ecocardiografia de stress é a combinação da ecografia 2D num contexto de stress que pode ser físico, farmacológico ou elétrico e tem como objetivo a avaliação da anormal perfusão miocárdica que condiciona uma alteração na função do miocárdio. Optando pelo exercício, o método mais comum é realizado em semi-supino. No caso do stress farmacológico o dipiridamol é considerado mais seguro, simples e o mais adequado para a avaliação combinada do movimento da parede vs reserva de fluxo coronário (Picano et al., 2005) e a dobutamina, administrada em diferentes dosagens, permite avaliar o movimento da parede em diferentes níveis de stress, sendo útil na avaliação da viabilidade miocárdica (figura 16). Assim, esta técnica de imagem desempenha um papel valioso na avaliação da doença arterial coronária.

Os segmentos do miocárdio são perfundidos pelas artérias coronárias e um desequilíbrio entre a oferta e a necessidade metabólica condicionará isquémia. O VE é subdividido em 16 ou 17 segmentos e a função de cada segmento é avaliada em repouso e sob stress, podendo obter-se:

- Resposta **normal** indicada por contratilidade normal (normocinética) em repouso, com contratilidade normal ou aumentada (hipercinética) sob stress, no caso de ausência de doença coronária;

- Resposta **isquémica** no caso de apresentar miocárdio normocinético em repouso, com depressão da função sob stress, podendo apresentar redução (hipocinese), ausência (acinese) ou contratilidade paradoxal (discinese) na presença de estenose arterial coronária.

- Resposta **necrótica** indicada por contratilidade anormal (acinética, hipocinética) em repouso que permanece inalterado com o stress, podendo tratar-se de uma área do miocárdio enfartada, com cicatriz de enfarte, que resultou de uma oclusão coronária responsável pela irrigação dessa zona cardíaca (Houghton, 2013).

O movimento da parede é avaliado de acordo com o grau de recrutamento do endocárdio, nomeadamente, o grau de espessamento da parede, sendo que os segmentos normais têm uma excursão >5 mm e engrossam >50% durante a sístole (Houghton, 2013).

A ecocardiografia de stress fornece precisão diagnóstica e prognóstica semelhante à cintigrafia miocárdica de perfusão, mas com um custo substancialmente menor, sem impacto ambiental e sem riscos biológicos para o doente.

	LAX	SAX	4C	2C
<p>I</p> <p>WMSI 1.56</p> <p>% Normal 69</p>				
<p>II</p> <p>WMSI 1.44</p> <p>% Normal 69</p>				
<p>III</p> <p>WMSI 1.79</p> <p>% Normal 57</p>				
<p>IV</p> <p>WMSI 1.63</p> <p>% Normal 69</p>				
<p>x - Cannot interpret</p> <p>5 - Aneurysmal</p>	1 - Normal	2 - Hypokinetic	3 - Akinetic	4 - Dyskinetic

Figura 16 – Pontuações relativas ao movimento da parede no ecocardiograma de stress (adaptado de Houghton, 2013).

• Ecocardiograma de Contraste

A ecocardiografia com recurso a contraste é um procedimento baseado no ultrassom com agentes de realce acústico, que são administrados por via endovenosa e detetados para melhorar o desempenho diagnóstico (Lindner, 2021). Para uso clínico, há duas classes de agentes de contraste disponíveis: a administração de soro salino agitado ou de um agente de contraste constituído por microbolhas de um gás inerte (Becher, 2002).

O soro salino agitado (figura 17) é usado sobretudo para detetar shunts intracardíacos e em procedimentos de pericardiocentese, para orientação da agulha de punção (Houghton, 2013).

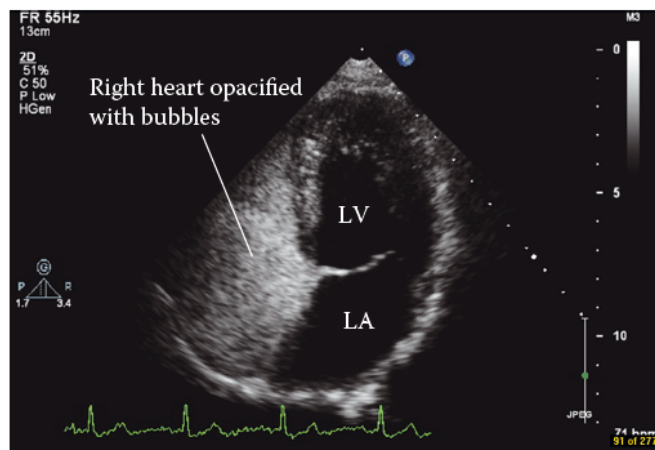


Figura 17 – Ecocardiograma com contraste de soro salino agitado com opacificação das cavidades direitas (adaptado de Houghton, 2013).

Contrariamente às bolhas salinas agitadas, as microbolhas dos agentes de contraste são projetadas para passar a barreira pulmonar e contribuir para a opacificação do VE (Becher, 2002; Houghton, 2013). Estes agentes melhoram a definição dos contornos endocárdicos e, conseqüentemente, têm uma maior capacidade diagnóstica na avaliação da função do VE, inclusive durante a ecocardiografia de stress. Também ajudam a identificar massas presentes no VE bem como anormalidades morfológicas.

- **Ecografia Intracardíaca**

Nos últimos anos, as intervenções percutâneas por cateter evoluíram de forma constante, tendo-se estabelecido como uma estratégia essencial para o diagnóstico intervencionista e tratamento de muitas cardiopatias estruturais e arritmias cardíacas. Com o aumento da complexidade das intervenções cardíacas, a obtenção de imagens intraoperatórias tornou-se cada vez mais desafiante. A ecocardiografia intracardíaca (ICE) atende a esses requisitos fornecendo imagens em tempo real, com a possibilidade de monitorizar de imediato o sucesso do procedimento e a detecção de eventuais complicações (Jingquan et al., 2022).

Os cateteres de ICE têm na sua extremidade uma sonda de ultrassom orientável que entra nas cavidades cardíacas direitas e permite obter imagens estruturais intracardíacas (figura 18). A manipulação do transdutor é variável e de acordo com a vista pretendida. Assim, pode posicionar-se na veia cava inferior para visualizar a aorta abdominal; na aurícula direita (AD) para visualizar o septo interauricular (SIA), válvulas aórtica, mitral e tricúspide e veias pulmonares; ou no VD para avaliar a função ventricular esquerda, trato de saída ou a artéria pulmonar (Tops et al., 2014).

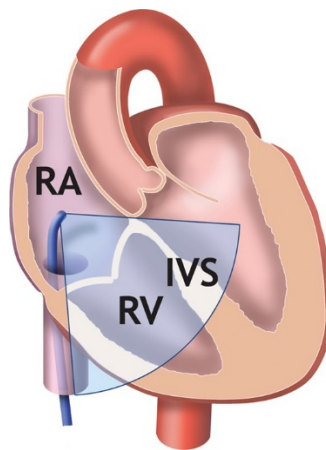


Figura 18 – ICE com vista para as cavidades direitas do coração, válvula tricúspide e SIV (adaptado de Bartel et al., 2014).

No laboratório de hemodinâmica, o ICE é usado de forma rotineira para o encerramento de forâmen ovar patente (FOP), CIA e defeito do septo interventricular (SIV), permitindo a colocação percutânea adequada de oclusores septais. Também é utilizado por rotina para punções transeptais durante a valvuloplastia mitral e nos dispositivos de encerramento do apêndice auricular esquerdo (AAE). A pertinência desta técnica no implante percutâneo da válvula aórtica é alvo de discussão, pois necessita de abordagens de imagem aprimoradas para uma colocação precisa (Tops et al., 2014). Sendo alta a prevalência de regurgitação tricúspide grave em doentes mais velhos e o reconhecimento nos últimos anos da sua relevância clínica, o ICE é um complemento de imagem útil para a reparação da válvula tricúspide. O sucesso do procedimento depende principalmente da obtenção de imagens de qualidade durante a intervenção. Devido à posição anatômica da válvula tricúspide em relação ao esôfago, a utilização do ETE apresenta desafios técnicos, tornando a reconstrução multiplanar 3D uma ferramenta essencial para a orientação e precisão do procedimento (Aman & Atsina, 2024; Hagemeyer et al., 2022).

A orientação puramente fluoroscópica em intervenções percutâneas complexas tem limitações significativas. As complicações associadas a esta técnica podem resultar da manipulação do cateter ou do desempenho subótimo, da formação de trombo não detetado, de sangramento ou rutura da parede, bem como de tempos de procedimento excessivamente prolongados. O ICE é indicado exclusivamente para orientação do procedimento (Bartel et al., 2014) e entre as principais vantagens desta técnica destacam-se a capacidade de obter imagens intracardíacas com maior resolução, devido à menor distância até ao alvo – o coração. Além disso, pode ser realizada sem necessidade de sedação, evitando tanto a intubação esofágica, exigida no ETE, quanto a anestesia geral. Adicionalmente, contribui para a redução do tempo de internamento hospitalar e da exposição à radiação (Basman et al., n.d.). Por outro lado, as limitações do ICE incluem a necessidade de acesso venoso adicional com possibilidade de complicações vasculares, custos potencialmente mais altos e uma curva de aprendizagem para novos operadores. Também o custo adicional do cateter é apontado como principal desvantagem, embora este ponto possa ser compensado por melhores tempos de resposta e redução de custos com a equipa uma vez que não necessita de médico anestesista na sala (Asrress & Mitchell, 2009).

- **Ecografia Intravascular**

A angiografia, o principal método de imagem para avaliação da doença arterial coronariana, tem limitações bem estabelecidas, nomeadamente no fornecimento de projeções biplanares da árvore coronária tridimensional, apresentando um lumenograma em vez da parede do vaso onde a aterosclerose está localizada (figura 19). Assim, a imagem intravascular (IVI), como a ultrassonografia intravascular (IVUS) e a tomografia de coerência óptica (OCT), permite a imagem tomográfica transversal da artéria coronária, oferecendo informações complementares à angiografia (Ruberti et al., 2024).

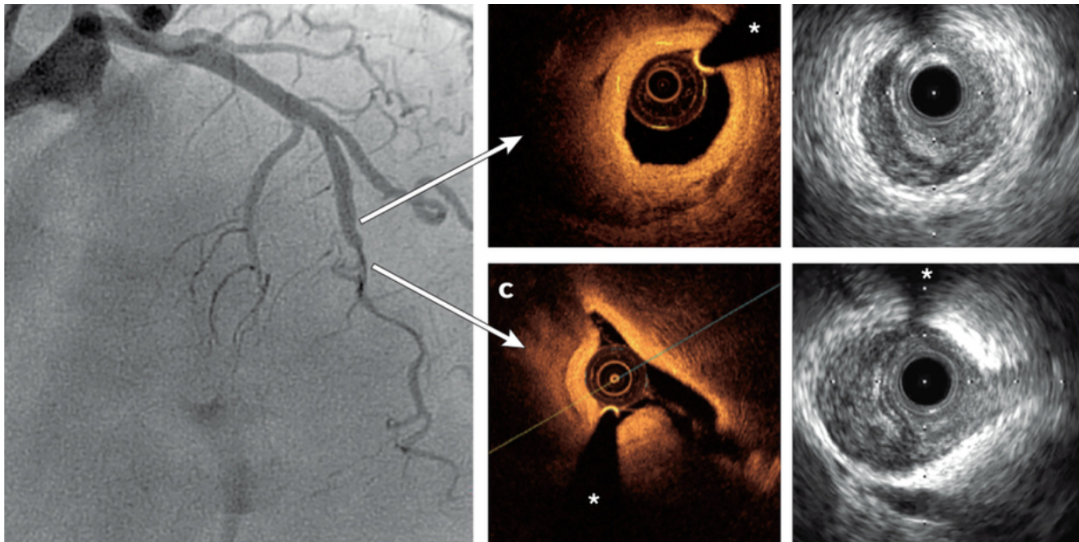


Figura 19 – Imagem por angiografia, por OCT e IVUS, respetivamente (adaptado de *Optical Coherence Tomography* (OCT) – CathLab.com).

A IVUS, em particular, foi desenvolvida na década de 1980 e aprimorada para detetar aterosclerose, sobretudo placas vulneráveis. À medida que a placa aterosclerótica se forma na parede vascular, ocorre o estreitamento do lúmen arterial, o que pode levar à estenose ou à formação de trombos. Como esse processo se desenvolve gradualmente ao longo dos anos, muitas vezes a aterosclerose não causa sintomas até atingir um estágio avançado e potencialmente grave (Sung & Chang, 2021). O diagnóstico de placas vulneráveis numa fase inicial é de extrema importância porque mais de 70% dos eventos coronários agudos, como o enfarte agudo do miocárdio (EAM) ou o acidente vascular cerebral (AVC) agudo, são causados pela rutura de placas vulneráveis. Nesse sentido, foram estudados vários indicadores de diagnóstico e a maioria estavam relacionados com

as características morfológicas, mas também as características patológicas, como os valores de stress ou rigidez na capa fibrosa, com o auxílio de análise computacional. A IVUS, pela sua capacidade de resolução e sensibilidade avançadas, é capaz de detetar esses indicadores de diagnóstico. Na prática, há essencialmente 2 tipos: IVUS mecânico com 360° de rotação dentro do vaso e IVUS de estado sólido que permite tirar uma imagem do vaso sem rotação. Por uma questão de custos e processo de fabricação, os IVUS mecânicos são os mais comuns (Reiber et al., 2011).

CASUÍSTICA DO ESTÁGIO

O estágio decorreu entre 15 de julho e 30 agosto de 2024, perfazendo um total de 300 horas. Decorreu no Hospital Distrital da Figueira da Foz, que pertence à Unidade Local de Saúde do Baixo Mondego (ULS BM), no Serviço de Cardiologia, coordenado pela Dr^a Joana Guardado e está organizado em diferentes áreas: eletrocardiografia, Monitorização Ambulatória da Pressão arterial (MAPA), Holter, prova de esforço (PE) e ecocardiografia. Esta última é composta por duas salas equipadas, à época, com três ecógrafos:

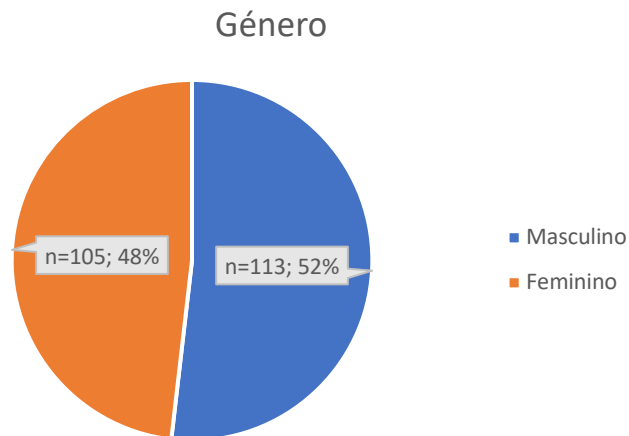
- General Electric, modelo P9
- Siemens, modelo SC2000 (2018)
- Siemens, modelo ACUSON Origin (2024)

Além disso, o serviço conta com uma estação de trabalho Dynamics Station para análise e processamento dos exames.

Os dados relativos aos ecocardiogramas realizados durante o estágio foram inseridos, analisados e tratados com recurso ao programa de análise estatística IBM® SPSS® (Statistical Package for the Social Science) Statistics, versão 29.0.1.0. Procedeu-se a uma análise descritiva simples para a caracterização da amostra e distribuição das variáveis. Para as variáveis qualitativas, foram calculadas a frequência absoluta (n) e relativa (%). No caso das variáveis quantitativas, foram determinados a média, desvio padrão, valores mínimos e máximos.

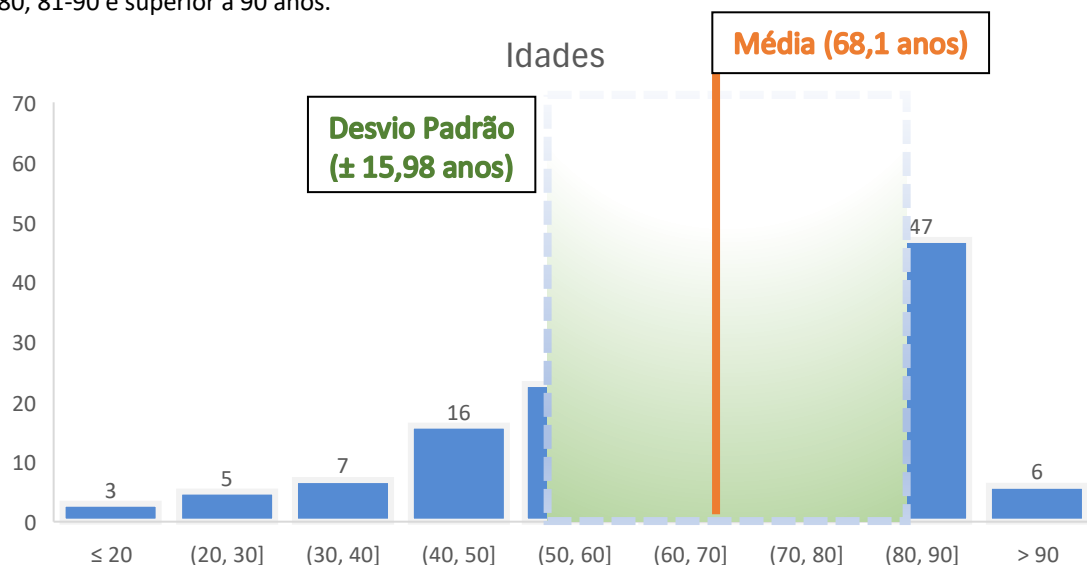
Ao longo do período de estágio foram recolhidos dados dos ecocardiogramas realizados, completando uma amostra constituída por 218 indivíduos, sendo 217 ETT (99,54%) e 1 ETE (0,46%). Todos os exames foram realizados sob a supervisão da Técnica Cristina Santos. A amostra foi composta por 113 (52%) doentes do género masculino e 105 (48%) do género feminino, conforme representado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Representação da amostra baseada no género.



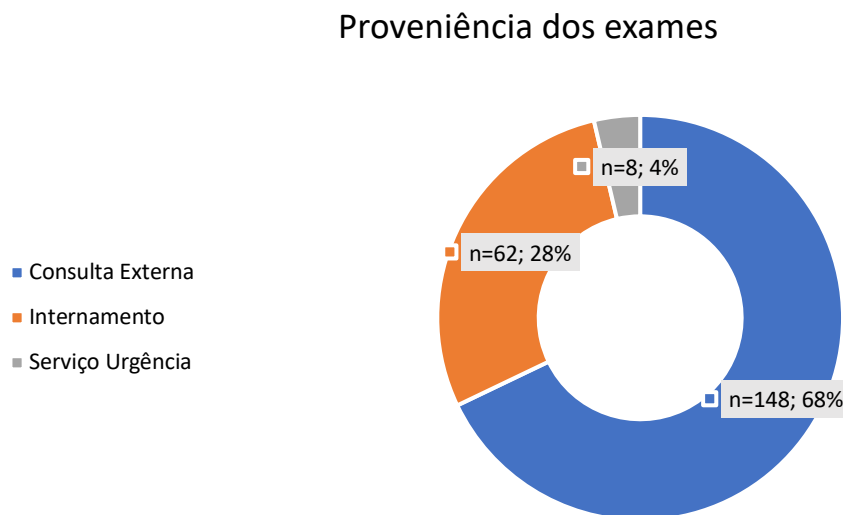
Como pode observar-se no gráfico 2, a idade média dos doentes foi de 68,1 anos, com idades compreendidas entre 17 e 96 anos, estando a maioria concentrada na faixa etária de 71 a 80 anos ($n = 58$), seguida pela faixa etária dos 61 a 70 anos ($n = 55$). No entanto, a variação das idades em relação à média também deve ser considerada, uma vez que o desvio padrão de 15,98 anos indica uma dispersão significativa. O desvio padrão ($\pm 15,98$ anos) revela que aproximadamente 68% da amostra encontra-se entre 52,1 anos ($68,1-15,98$) e 84,1 anos ($68,1+15,98$), assumindo uma distribuição normal. Esses dados demonstram que, embora a maioria dos indivíduos se concentre entre os 61 e 80 anos, há uma distribuição etária ampla, incluindo doentes muito jovens e muito idosos.

Gráfico 2 – Distribuição da amostra por idades inferior ou igual a 20 anos, 21-30, 31-40, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90 e superior a 90 anos.



Os ecocardiogramas foram solicitados por diferentes serviços hospitalares, refletindo a diversidade de contextos clínicos em que a ecocardiografia é relevante. A maioria dos pedidos teve origem na consulta externa, representando 68% do total dos exames (n = 148). Estes exames foram, na sua maioria, previamente agendados, inserindo-se no contexto de avaliação eletiva de patologias cardiovasculares. O internamento constituiu a segunda maior fonte de pedidos, representando 28% da amostra (n = 62). Neste grupo, destacaram-se os pedidos oriundos dos serviços de medicina interna, bem como das unidades especializadas, nomeadamente a unidade de AVC e a unidade de internamento diferenciado (UID). Os ecocardiogramas nestes contextos foram frequentemente utilizados para avaliação de doentes com descompensação cardíaca, endocardites, complicações tromboembólicas, entre outras condições associadas a internamento hospitalar. Por fim, o serviço urgência (SU) foi responsável por 4% dos pedidos (n = 8). Esta percentagem reflete pedidos de exames em situações específicas, como suspeita de disfunção cardíaca aguda, derrame pericárdico significativo ou complicações cardiovasculares associadas a quadros clínicos urgentes.

Gráfico 3 – Proveniência dos pedidos dos ecocardiogramas.



A distribuição dos pedidos de ecocardiogramas, conforme ilustrado no gráfico 3, refletiu a preponderância da avaliação eletiva e hospitalar face à necessidade de exames em contexto de urgência, evidenciando o papel crucial da ecocardiografia na estratificação diagnóstica e na abordagem terapêutica dos doentes.

• Casuística da informação clínica

A análise destes dados permite caracterizar a diversidade de patologias presentes nos pedidos de ecocardiograma, evidenciando a importância desta técnica na avaliação de um amplo espectro de doenças cardiovasculares e sistémicas.

A tabela 1 apresenta a distribuição da informação clínica que constava nos pedidos dos ecocardiogramas da amostra analisada. A insuficiência cardíaca (IC) foi a informação clínica mais prevalente, estando presente em 32,1% (n=70) dos exames realizados. Também os fatores de risco cardiovascular (FRCV) estiveram presentes em 14,2% (n=31) da amostra e importa referir que no grupo das doenças neurológicas, o AVC foi o evento predominante nos pedidos de ecocardiograma, totalizando 11,0% (n=24) da amostra. No que respeita às doenças valvulares, esta indicação clínica foi identificada em 9,7% (n=21) da amostra, enquanto as patologias pulmonares estiveram presentes em 7,8% (n=17), a doença isquémica em 5,0% (n=11), as miocardiopatias em 4,2% (n=9), o tromboembolismo pulmonar (TEP) em 3,7% (n=8), a endocardite em 3,2% (n=7) e as próteses valvulares em 2,3% (n=5) da amostra. Outras indicações para a realização do ecocardiograma incluíram a avaliação pré-operatória, no contexto de protocolo oncológico e derrame pericárdico ambos registados em 1,8% (n=4) da amostra. E, por fim, o FOP e a amiloidose foram as informações clínicas menos frequentes, estando presente em 0,9% (n=2) e 0,5% (n=1), respetivamente.

Tabela 1 – Informação clínica dos pedidos dos ecocardiogramas da amostra.

Grupo de Patologias		n	%
Doenças Valvulares (n=21, 9,7%)	Aorta	11	5,0%
	Mitral	3	1,4%
	Tricúspide	1	0,5%
	Mista	6	2,8%
Próteses Valvulares (n=5, 2,3%)	Mecânica	1	0,5%
	Biológica	4	1,8%
Miocardiopatias (n=9, 4,2%)	Hipertrófica	5	2,3%
	Dilatada	3	1,4%
	Restritiva	1	0,5%
Doença Isquémica		11	5,0%
Insuficiência Cardíaca		70	32,1%
Doença Neurológica (n=24, 11,0%)	AVC Isquémico	14	6,4%
	AVC Hemorrágico	1	0,5%
	AVC Criptogénico	9	4,1%
Doença Pulmonar		17	7,8%
Fatores de Risco Cardiovasculares		31	14,2%
Pré-operatório		4	1,8%
Protocolo Oncológico		4	1,8%
Outras	Endocardite	7	3,2%
	TEP	8	3,7%
	Derrame Pericárdico	4	1,8%
	Amiloidose	1	0,5%
	FOP	2	0,9%

A tabela 2 apresenta a distribuição das indicações clínicas nos doentes que realizaram ecocardiograma (ETT e ETE), estratificada por género. A amostra incluiu 113 doentes do género masculino e 105 do género feminino, permitindo a comparação da frequência relativa da indicação clínica entre ambos os grupos. A IC foi a indicação clínica mais frequentemente registada na amostra global com uma prevalência de 27,4% (n=31) no género masculino e 37,1% (n=39) no género feminino. Enquanto a indicação clínica de amiloidose nesta amostra foi registada exclusivamente no género feminino (n= 1, 1,0%).

Tabela 2 – Distribuição da indicação clínica por género.

Indicação clínica	Masculino (n=113)	%	Feminino (n=105)	%
Doença Valvular	10	8,8%	11	10,5%
Próteses Valvulares	4	3,5%	1	1,0%
Miocardopatias	6	5,3%	3	2,9%
Doença Isquémica	8	7,1%	3	2,9%
Insuficiência Cardíaca	31	27,4%	39	37,1%
Doença Neurológica	16	14,2%	8	7,6%
Doença Pulmonar	11	9,7%	6	5,7%
Fatores de Risco Cardiovasculares	17	15,0%	14	13,3%
Pré-operatório	3	2,7	1	1,0%
Protocolo Oncológico	1	0,9%	3	2,9%
Endocardite	4	3,5%	3	2,9%
Tromboembolismo Pulmonar	2	1,8%	6	5,7%
Derrame Pericárdico	2	1,8%	2	1,9%
Amiloidose	-	-	1	1,0%
Foramen Oval Patente	1	0,9%	1	1,0%

Como pode observar-se na tabela 3, a distribuição das diferentes indicações clínicas em função das faixas etárias da amostra, a doença valvular esteve ausente nas faixas etárias mais jovens e teve uma prevalência crescente com a idade, atingindo 14,0% dos doentes entre os 71 e 80 anos, 12,8% na faixa dos 81 aos 90 anos e 33,3% nos doentes com mais de 90 anos. O pedido de ecocardiograma em doentes com próteses valvulares, miocardopatias, doença isquémica, AVC, doença pulmonar, protocolos pré-operatório e oncológico, TEP, derrame pericárdico e amiloidose também seguiram um padrão semelhante, estando ausentes nos grupos etários mais jovens e aumentando progressivamente de acordo com a idade. A insuficiência cardíaca foi a patologia que mais frequentemente originou a solicitação do ecocardiograma, estando presente em todas as idades, com uma prevalência particularmente elevada nas faixas etárias mais avançadas. Os FRCV foram particularmente frequentes na faixa etária dos 21 aos 30 anos (60,0%), reduzindo-se para 14,3% na década seguinte e mantendo-se entre 10,5% e 21,7% as idades superiores. Entre as patologias menos frequentes, o pedido para ecocardiograma em doentes com endocardite foi identificado apenas entre os 51 e 60 anos (4,3%). Finalmente, o FOP foi identificado exclusivamente nos doentes mais jovens (33,3% dos doentes com menos de 20 anos) e nos mais idosos (16,7% nos doentes com mais de 90 anos).

Tabela 3 – Distribuição da informação clínica por faixa etária.

Indicação clínica	≤ 20 anos	21-30 anos	31-40 anos	41-50 anos	51-60 anos	61-70 anos	71-80 anos	81-90 anos	> 90 anos
	n=3	n=5	n=7	n=16	n=23	n=55	n=57	n=47	n=6
Doença Valvular	-	-	-	6,3%	4,3%	5,5%	14,0%	12,8%	33,3%
Prótese Valvular	-	-	-	-	4,3%	1,8%	3,5%	4,3%	33,3%
Miocardopatias	-	-	-	6,3%	4,3%	3,6%	7,0%	2,1%	16,7%
Doença Isquémica	-	-	-	-	17,4%	7,3%	3,5%	8,5%	-
Insuficiência Cardíaca	33,3%	60,0%	28,6%	31,3%	21,7%	27,3%	36,8%	34,0%	50,0%
AVC	-	-	-	18,8%	13,0%	10,9%	8,8%	8,5%	-
Doença Pulmonar	-	-	-	18,8%	21,7%	10,9%	5,3%	6,4%	-
Fatores Risco Cardiovascular	-	60,0%	14,3%	12,5%	21,7%	16,4%	10,5%	12,8%	-
Pré-operatório	-	-	-	6,3%	8,7%	3,6%	1,8%	2,1%	-
Protocolo Oncológico	-	-	-	-	8,7%	3,6%	-	-	-
Endocardite	-	-	-	-	4,3%	-	-	-	-
TEP	-	-	-	-	4,3%	3,6%	3,5%	4,3%	16,7%
Derrame Pericárdico	-	-	-	-	-	3,6%	1,8%	2,1%	-
Amiloidose	-	-	-	-	-	1,8%	-	2,1%	16,7%
FOP	33,3%	-	-	-	-	-	-	-	16,7%

Na tabela 4 é apresentada a distribuição da informação clínica dos doentes por género em cada faixa etária da amostra. A análise revelou que, na faixa etária inferior ou igual a 20 anos, todos os indivíduos eram do género masculino (100%). Também nas faixas etárias seguintes, a predominância foi do género masculino, com exceção das faixas etárias dos 51 aos 60 anos e > 90 anos, onde o género feminino teve uma maior predominância.

Tabela 4 – Distribuição da informação clínica por género e faixa etária.

Género	≤ 20 anos	21-30 anos	31-40 anos	41-50 anos	51-60 anos	61-70 anos	71-80 anos	81-90 anos	> 90 anos
	n=3	n=5	n=7	n=16	n=23	n=55	n=57	n=47	n=6
Masculino	100%	60,0%	71,4%	56,3%	43,5%	54,7%	50,9%	51,1%	33,3%
Feminino	-	40,0%	28,6%	43,8%	56,5%	45,3%	49,1%	48,9%	66,7%

• Casuística dos exames realizados

Após a apresentação da casuística relativa à informação clínica, segue-se agora a análise dos exames ecocardiográficos realizados. Esta secção visa descrever os principais achados observados, permitindo uma melhor compreensão das alterações identificadas nos doentes avaliados.

Relativamente ao estudo do VE, 16 (7,4%) doentes apresentaram dilatação significativa, com maior proporção no género masculino (n=9, 4,1%) e na faixa etária dos 50-79 anos (n=11, 5,0%). Verificou-se também que 10 (4,6%) doentes com esta alteração, também apresentaram disfunção sistólica global do VE. Por outro lado, observou-se que 22 (10,1%) doentes apresentaram hipertrofia significativa do VE, na sua maioria do género masculino (n=14, 6,4%) e na faixa etária dos 50-79 anos (n=18, 8,3%). Constata-se ainda que dos 22 doentes com hipertrofia significativa do VE, 6 (2,8%) apresentaram pressões de enchimento aumentadas (tabela 5). Importa referir que nenhum dos indivíduos com hipertrofia significativa do VE mostrou obstrução na câmara de saída do VE (CSVE) e/ou intraventricular.

Tabela 5 – Estudo ecocardiográfico do ventrículo esquerdo.

Variável		n Total = 218	
		n	%
VE com alterações significativas ¹	VE com dilatação significativa ¹	16	7,4%
	VE com hipertrofia significativa ¹	22	10,1%
	Ambos	31	14,2%
VE com dilatação significativa ¹ por género	Género masculino	9	4,1%
	Género feminino	7	3,2%
VE com dilatação significativa ¹ por faixa etária	<18 – 49 anos	3	1,4%
	50 – 79 anos	11	5,0%
	≥ 80 anos	2	0,9%
VE com dilatação significativa ¹	VE com disfunção sistólica global	10	4,6%
VE com hipertrofia significativa ¹ por género	Género masculino	14	6,4%
	Género feminino	8	3,7%
VE com hipertrofia significativa ¹ por faixa etária	<18 – 49 anos	2	0,9%
	50 – 79 anos	18	8,3%
	≥ 80 anos	2	0,9%
VE com hipertrofia significativa ¹	VE com pressões de enchimento aumentadas	6	2,8%

¹ Consideram-se alterações significativas os graus moderado e grave.

No estudo da aurícula esquerda, 62 (28,4%) doentes apresentaram critérios ecocardiográficos de dilatação significativa da cavidade, sendo mais frequente no género masculino (n=34, 15,6%) e com predomínio na faixa etária dos 50-79 anos. Também 2 (0,9%) dos doentes com dilatação significativa da AE apresentaram pressões de enchimento aumentadas ao nível do VE (tabela 6).

Tabela 6 – Estudo ecocardiográfico da aurícula esquerda.

Variável	n Total = 218	
	n	%
AE com dilatação significativa ¹	62	28,4%
AE com dilatação significativa ¹ por género	Género masculino	34 15,6%
	Género feminino	28 12,8%
AE com dilatação significativa ¹ por faixa etária	<18 – 49 anos	3 1,4%
	50 – 79 anos	28 12,8%
	≥ 80 anos	31 14,2%
AE com dilatação significativa ¹	VE com pressões de enchimento aumentadas	2 0,9%

¹ Consideram-se alterações significativas os graus moderado e grave.

A tabela 7 reflete o estudo da doença isquémica. Verifica-se que 6 (2,8%) doentes apresentaram achados ecocardiográficos sugestivos de disfunção sistólica significativa do VE. Estes achados foram mais frequentes no género masculino (n=10, 4,6%) e na faixa etária 50-79 anos. Também 9 (4,1%) dos doentes apresentaram achados ecocardiográficos sugestivos de VE com alterações da cinética segmentar, mais comum no género masculino (n=6, 2,8%) e na faixa etária superior ou igual a 80 anos.

Tabela 7 – Estudo da doença isquémica.

Variável	n Total = 218	
	n	%
Achados ecocardiográficos	VE com disfunção sistólica significativa ¹	6 2,8%
	VE com alterações da cinética segmentar ²	9 4,1%
VE com disfunção sistólica significativa ¹ por género	Género masculino	10 4,6%
	Género feminino	5 2,3%
VE com disfunção sistólica significativa ¹ por faixa etária	<18 – 49 anos	2 0,9%
	50 – 79 anos	6 2,8%
	≥ 80 anos	7
VE com alterações da cinética segmentar ² por género	Género masculino	6 2,8%
	Género feminino	3 1,4%
VE com alterações da cinética segmentar ² por faixa etária	<18 – 49 anos	1 0,5%
	50 – 79 anos	3 1,4%
	≥ 80 anos	5 2,3%

¹ Consideram-se na disfunção sistólica significativa os graus moderado e grave.

² Consideram-se hipocinésia e/ou acinésia na alteração da cinética.

Quanto ao estudo do ventrículo direito, 5 (2,3%) doentes apresentaram dilatação da cavidade, na sua maioria do género masculino (n=4, 1,8%) na faixa etária 50-79 anos (n=3, 1,4%). Sendo que 4 (1,8%) dos doentes também evidenciaram disfunção sistólica longitudinal e/ou radial do VD (tabela 8).

Tabela 8 – Estudo ecocardiográfico do ventrículo direito.

Variável	n Total = 218	
	n	%
VD dilatado	5	2,3%
VD dilatado por género	Género masculino	4 1,8%
	Género feminino	1 0,5%
VD dilatado por faixa etária	<18 – 49 anos	1 0,5%
	50 – 79 anos	3 1,4%
	≥ 80 anos	1 0,5%
VD com disfunção sistólica longitudinal e/ou radial	4	1,8%

Na tabela 9, relativa à aurícula direita, constatou-se que 27 (12,4%) doentes apresentaram dilatação da cavidade, sendo mais frequente no género masculino (n=14, 6,4%) e com predomínio na faixa etária dos 50-79 anos.

Tabela 9 – Estudo ecocardiográfico da aurícula direita.

Variável	n Total = 218	
	n	%
AD dilatada	27	12,4%
AD dilatado por género	Género masculino	13 6,0%
	Género feminino	14 6,4%
AD dilatado por faixa etária	<18 – 49 anos	6 2,8%
	50 – 79 anos	17 7,8%
	≥ 80 anos	4 1,8%

Nas avaliações efetuadas, verificou-se que 14 (6,4%) doentes tinham HTP significativa, com predominância no género feminino (n=10, 4,6%) e na faixa etária de 50-79 anos (tabela 10).

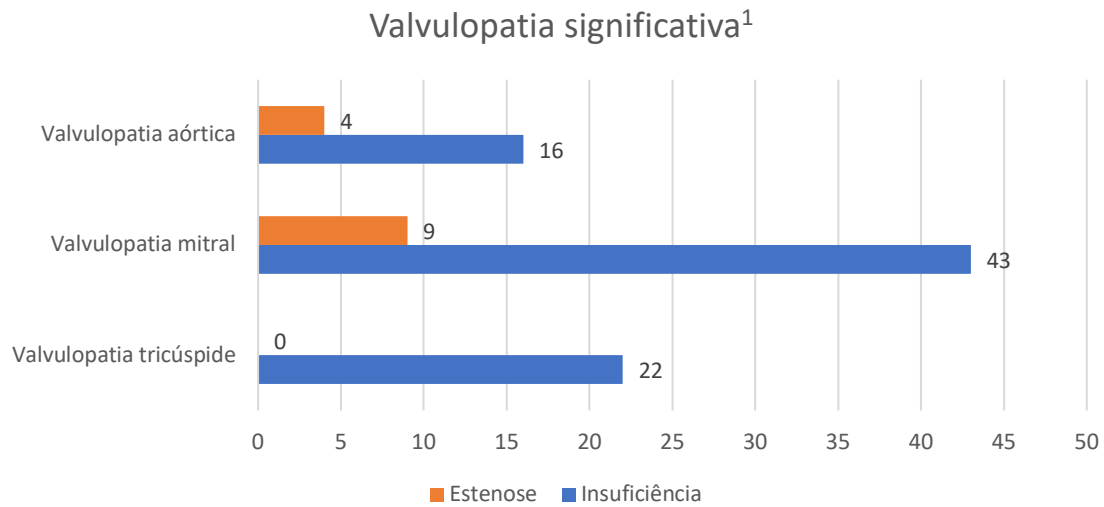
Tabela 10 – Estudo da doença pulmonar.

Variável	n Total = 218	
	n	%
Hipertensão pulmonar significativa ¹	14	6,4%
HTP significativa ¹ por género	Género masculino	4 1,8%
	Género feminino	10 4,6%
HTP significativa ¹ por faixa etária	<18 – 49 anos	1 0,5%
	50 – 79 anos	8 3,7%
	≥ 80 anos	5 2,3%

¹ Consideram-se na disfunção sistólica significativa os graus moderado e grave.

Nas valvulopatias existentes, a insuficiência valvular foi mais prevalente que a estenose em todas as válvulas avaliadas. A válvula mitral foi a mais afetada, com 43 casos de insuficiência e 9 casos de estenose. A válvula tricúspide apresentou 22 casos de insuficiência e a válvula aórtica apresentou 16 casos de insuficiência e 4 casos de estenose (gráfico 4). De referir que não se diagnosticaram casos de estenose tricúspide ou valvulopatia significativa da válvula pulmonar.

Gráfico 4 – Valvulopatias significativas¹.



¹ Considera-se valvulopatia significativa os graus moderado e grave.

Relativamente ao estudo da válvula aórtica (tabela 11), observou-se que a maioria dos doentes apresentavam morfologia tricúspide (n=217, 99,5%), tendo sido identificada bicuspidia apenas num doente (0,5%). Dos 177 (81,1%) doentes com fibrocalcificações, apenas 4 (1,8%) apresentaram estenose aórtica, em igual proporção entre géneros, na sua maioria em idade superior ou igual a 80 anos (n=3, 1,4%). Por outro lado, a insuficiência aórtica foi identificada em 16 (7,3%) doentes, mais prevalente no género masculino (n=9, 4,1%) e na faixa etária superior ou igual a 80 anos. No que concerne à artéria aorta, registou-se ectasia da raiz da aorta e/ou da aorta descendente em 21 (9,6%) doentes.

Tabela 11 – Estudo da valvulopatia aórtica.

Variável		n Total = 218	
		n	%
Número de cúspides da válvula aórtica	Bicúspide	1	0,5%
	Tricúspide	217	99,5%
Morfologia da válvula aórtica	Presença de fibrocalcificações	177	81,1%
Disfunção valvular significativa ¹	Estenose aórtica significativa ¹	4	1,8%
	Insuficiência aórtica significativa ¹	16	7,3%
	Total	20	9,1%
Estenose aórtica significativa ¹ por género	Género masculino	2	0,9%
	Género feminino	2	0,9%
Estenose aórtica significativa ¹ por faixa etária	50 – 79 anos	1	0,5%
	≥ 80 anos	3	1,4%
Insuficiência aórtica significativa ¹ por género	Género masculino	9	4,1%
	Género feminino	7	3,2%
Insuficiência aórtica significativa ¹ por faixa etária	<18 – 49 anos	2	0,9%
	50 – 79 anos	5	2,3%
	≥ 80 anos	9	4,1%
Insuficiência aórtica significativa ¹	VE dilatado	1	0,5%
Aorta	Ectasia da raiz aorta e/ou aorta descendente	21	9,6%

¹ Consideram-se alterações significativas os graus moderado e grave.

Quanto ao estudo da válvula mitral (tabela 12), 179 (82,1%) doentes apresentaram fibrocalcificações, dos quais 9 (4,1%) com estenose mitral significativa, com ligeira dominância no género feminino (n=5, 2,3%) e em idade superior ou igual a 80 anos. Destes doentes com estenose, 8 (3,7%) também apresentaram critérios ecocardiográficos de AE dilatada. Relativamente aos folhetos, 3 (1,4%) doentes apresentaram prolapso e apenas 1 (0,5%) rotura de cordas. Observou-se também insuficiência mitral em 43 (19,7%) doentes, com predomínio no género masculino (n=11,5%) e na faixa etária dos 50-79 anos. Verificou-se também que 24 (11,0%) doentes apresentavam critérios ecocardiográficos de dilatação da AE.

Tabela 12 – Estudo da valvulopatia mitral.

Variável		n Total = 218	
		n	%
Morfologia da válvula mitral	Presença de fibrocalcificações	179	82,1%
Folhetos da válvula mitral	Prolapso	3	1,4%
	Rotura de corda	1	0,5%
Disfunção valvular significativa ¹	Estenose mitral significativa ¹	9	4,1%
	Insuficiência mitral significativa ¹	43	19,7%
	Total	52	23,9%
Estenose mitral significativa ¹ por género	Género masculino	4	1,8%
	Género feminino	5	2,3%
Estenose mitral significativa ¹ por faixa etária	50 – 79 anos	3	1,4%
	≥ 80 anos	6	2,8%
Estenose mitral significativa ¹	AE dilatada	8	3,7%
Insuficiência mitral significativa ¹ por género	Género masculino	25	11,5%
	Género feminino	18	8,3%
Insuficiência mitral significativa ¹ por faixa etária	<18 – 49 anos	3	1,4%
	50 – 79 anos	23	10,6%
	≥ 80 anos	17	7,8%
Insuficiência mitral significativa ¹	VE dilatado	3	1,4%
	AE dilatada	24	11,0%
	Alteração mecânica dos folhetos	2	0,9%

¹ Consideram-se alterações significativas os graus moderado e grave.

No que diz respeito à substituição valvular, na válvula aórtica, verificou-se que 3 (1,4%) doentes que foram submetidos a este procedimento, sendo a maioria das próteses do tipo biológico (n=2, 0,9%). Todos os doentes apresentaram disfunção protésica significativa e 2 (0,9%) com restrição significativa da abertura, ambos do género masculino, na faixa etária 50-79 anos; e 1 doente (0,5%) com insuficiência periprotésica significativa, do género masculino e com idade compreendida entre os 50-79 anos. Importa ainda referir que um doente com insuficiência periprotésica significativa apresentava, concomitantemente, critérios de dilatação do VE.

Quanto à válvula mitral, verificou-se que 2 (0,9%) doentes foram submetidos a este procedimento, ambos com implantação de próteses biológicas. Entre estes, 1 (0,5%) doente do género masculino e com idade igual ou superior a 80 anos apresentou restrição significativa da abertura valvular e o outro (0,5%) do género feminino, na faixa etária dos 50-79 anos, apresentou insuficiência periprotésica significativa. Importa ainda referir que este último doente apresentava critérios de dilatação da AE (tabela 13).

Tabela 13 – Estudo ecocardiográfico de próteses valvulares.

Variável			n Total = 218		
			n	%	
Válvula aórtica	Tipo de prótese aórtica	Biológica	2	0,9%	
		Mecânica	1	0,5%	
		Total	3	1,4%	
	Prótese aórtica com disfunção significativa ¹	Restrição significativa ¹ da abertura	2	0,9%	
		Insuficiência periprotésica significativa ¹	1	0,5%	
	Restrição significativa ¹ da abertura por género	Género masculino	2	0,9%	
		Género feminino	-	-	
	Restrição significativa ¹ da abertura por faixa etária	50 – 79 anos	2	0,9%	
	Insuficiência periprotésica significativa ¹ por género	Género masculino	1	0,5%	
Género feminino		-	-		
Insuficiência periprotésica significativa ¹ por faixa etária	50 – 79 anos	1	0,5%		
Insuficiência periprotésica significativa ¹	VE dilatado	1	0,5%		
Válvula mitral	Tipo de prótese mitral	Biológica	2	0,9%	
		Prótese mitral com disfunção significativa ¹	Restrição significativa ¹ da abertura	1	0,5%
			Insuficiência periprotésica significativa ¹	1	0,5%
	Restrição significativa ¹ da abertura por género	Género masculino	1	0,5%	
		Género feminino	-	-	
	Restrição significativa ¹ da abertura por faixa etária	≥ 80 anos	1	0,5%	
	Insuficiência periprotésica significativa ¹ por género	Género masculino	-	-	
		Género feminino	1	0,5%	
	Insuficiência periprotésica significativa ¹ por faixa etária	50 – 79 anos	1	0,5%	
Insuficiência periprotésica significativa ¹	AE dilatada	1	0,5%		

¹ Consideram-se alterações significativas os graus moderado e grave.

ESTUDOS DE CASO

• Estudo de caso nº1 – Tamponamento Cardíaco

Introdução

O derrame pericárdico corresponde à acumulação anómala de líquido no espaço pericárdico, identificado no ecocardiograma através da presença de uma área anecóica circundante ao coração. O volume deste líquido pode ser classificado como ligeiro, moderado ou grave, com base na distância entre o pericárdio e o epicárdio. Já o tamponamento cardíaco constitui uma complicação clínica decorrente de um derrame pericárdico significativo, caracterizado por sinais ecocardiográficos de colapso das cavidades direitas, variações respiratórias nos fluxos de enchimento cardíaco e aumento da pressão pericárdica, configurando assim, uma situação de emergência médica.

O tamponamento cardíaco é uma condição rara, diagnosticado em 0,05% dos doentes (5 casos por cada 10000 doentes), cuja incidência é mal documentada. Os sintomas podem ser inespecíficos, como mal-estar e fraqueza, ou sintomas de dor torácica/dor no peito, anorexia e dispneia. O exame físico é determinante para o seu diagnóstico, pois uma análise rápida e eficaz do doente constitui um ponto fulcral para a diminuição da morbimortalidade (Alerhand et al., 2022; Bodson et al., 2011).

O diagnóstico é baseado na avaliação do derrame pericárdico e seu impacto no coração por ecocardiografia. Os tratamentos de suporte têm eficácia limitada e o único tratamento de emergência é a drenagem do pericárdio por punção direta ou por abordagem cirúrgica (Ancion et al., 2018). A toracotomia imediata aumenta a probabilidade de sobrevivência do doente em paragem cardíaca, enquanto a pericardiocentese está indicada para derrames pericárdicos >20mm na diástole. No entanto, e apesar de todos os derrames pericárdicos significativos serem importantes do ponto de vista clínico, a pericardiocentese é necessária sobretudo em casos em que há evidência de compromisso hemodinâmico (Alerhand et al., 2022; Bodson et al., 2011).

Caso clínico

Doente de 86 anos do género masculino, autónomo, com viagens de longo curso, antecedentes de bronquite crónica, colocação de stent coronário em 2014, HTA e dislipidemia. Recorre ao SU (Serviço de Urgência) por queixas de dispneia, referindo também astenia marcada e distensão abdominal. Relatou ainda múltiplos episódios prévios de ida ao SU, tanto em unidades de saúde públicas quanto privadas, nas duas semanas anteriores, devido a sintomatologia semelhante, tendo sido diagnosticado com infeções do trato urinário (ITU) e das vias aéreas inferiores (VAI), medicado em conformidade, mas sem melhoria significativa.

À admissão, durante o exame objetivo, o doente apresentava-se “taquipneico, com pressão arterial dentro dos valores normais (115/67 mmHg), apirético e com o abdómen proeminente, parcialmente depressível e associado a dor generalizada à palpação, sem um ponto específico de maior intensidade. Observou-se ainda edema ligeiro nos membros inferiores, sem sinais inflamatórios adicionais”. Realizou eletrocardiograma (ECG) sem alterações relevantes, análises sanguíneas que evidenciaram elevação dos d-dímeros (cerca de 7000 ng/mL) e radiografia torácica (Rx) que revelou “apagamento progressivo dos ângulos costofrénicos, embora neste exame sem hipodensidades evidentes”. Importa referir que o Rx realizado antes apresentava hipodensidades e, por isso, o doente foi medicado por suspeita de infeção respiratória. O Rx refere ainda ausência de “sinais de TEP de caráter agudo”.

Posteriormente, realizou uma angiotomografia torácica (angioTC) que levantou a suspeita de “derrame pericárdico de moderado volume, com cerca de 33 mm de espessura e pleural bilateral de pequeno volume”. Com base nesses achados, efetuou-se uma ecoscopia à cabeceira do doente que se revelou inconclusiva devido à qualidade limitada do equipamento disponível e às más janelas ecográficas. Perante estas limitações, foi solicitado o apoio do Serviço de Cardiologia, especificamente do Laboratório de Ecocardiografia, com o objetivo de confirmar a gravidade do derrame pericárdico e avaliar a presença de eventuais sinais de tamponamento cardíaco, dada a sua importância no contexto clínico.

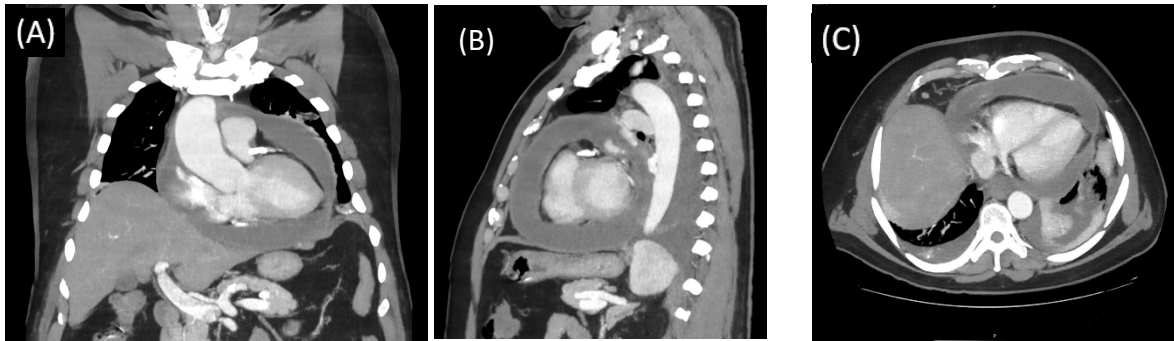


Figura 20 – Imagens da angioTC torácica em corte coronal (A), sagital (B) e axial (C).

O ETT confirmou a suspeita clínica de tamponamento cardíaco, apresentando os seguintes critérios ecocardiográficos: “Derrame pericárdico circunferencial grave, de grande volume (diâmetro máximo de 3,1cm anterior ao VD e 2,5cm posterior ao VE) com características de swinging heart; Aparente colapso parcial das cavidades direitas, admitindo-se também da AE; Veia cava inferior dilatada (28mm) sem variabilidade respiratória; Avaliação dos fluxos transvalvulares condicionada por taquidisritmia; Dilatação da aorta ascendente (48mm)”.

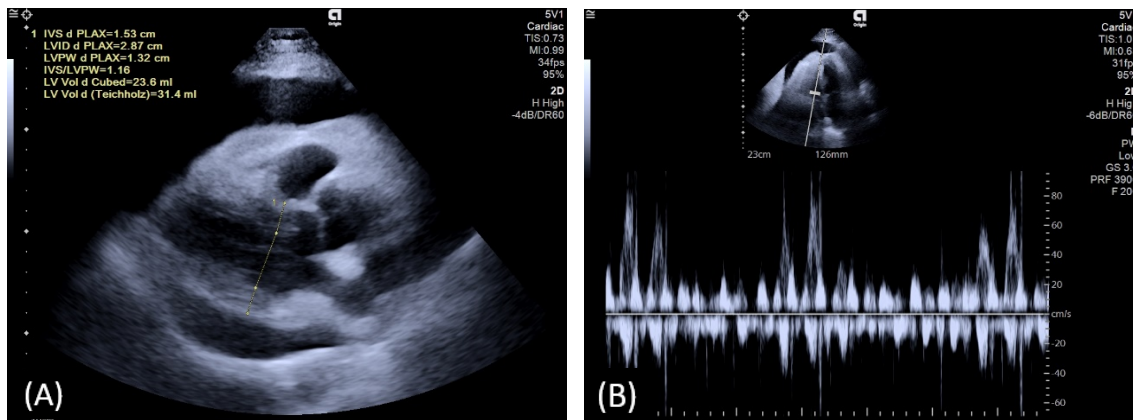


Figura 21 – Imagens de ETT no plano paraesternal eixo longo (A) e análise espectral da VAO (B).

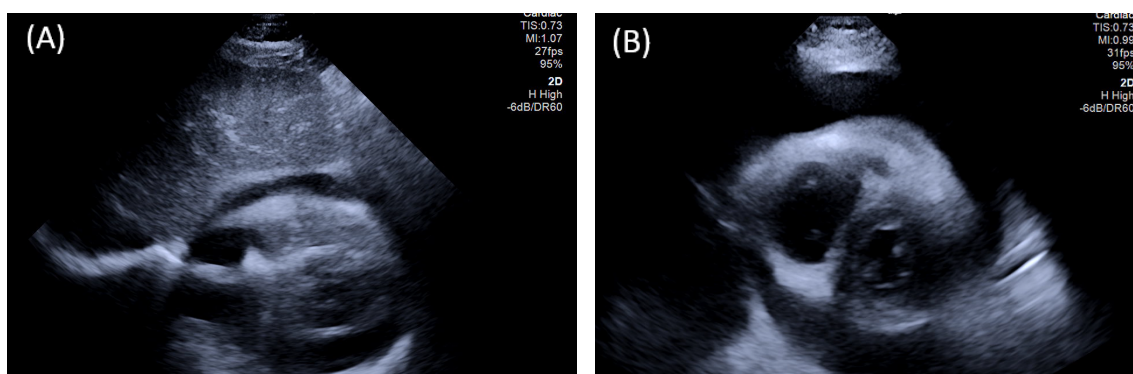


Figura 22 – Imagens de ETT nos planos subcostal (A) e paraesternal eixo curto (B).

Tendo em conta o elevado risco clínico associado ao quadro do doente e a necessidade de um acompanhamento mais diferenciado o doente foi transferido com acompanhamento médico, bem como com um kit de emergência preparado para a realização de pericardiocentese, caso houvesse necessidade de proceder à drenagem urgente do derrame pericárdico durante a viagem. Esta medida visou garantir a segurança do doente, face à possibilidade de agravamento do quadro clínico durante o percurso.

Discussão

O tamponamento cardíaco é uma condição com risco de vida. O diagnóstico preciso, bem como a intervenção rápida são necessários para evitar resultados adversos. Características clínicas de tamponamento, como pulso paradoxal, taquicardia, pressão venosa elevada da jugular e hipotensão são sinais importantes para o diagnóstico, mas não são específicos. A ecocardiografia permite a confirmação rápida da presença ou ausência de derrame e permite a avaliação de seu impacto hemodinâmico. As decisões sobre o tratamento devem ter em consideração a apresentação clínica e os achados ecocardiográficos. A pericardiocentese guiada por ecocardiografia permitindo a drenagem é a principal estratégia de tratamento para a maioria dos derrames grandes ou hemodinamicamente significativos. Na prática clínica contemporânea, a ecocardiografia é o padrão ouro para o diagnóstico de tamponamento e é essencial para direcionar o tratamento (Tsang et al., 2000).

• Estudo de caso nº2 – Foramen Oval Patente

Introdução

O forame oval é um defeito embrionário no septo interauricular (SIA) que permite a passagem de sangue oxigenado da aurícula esquerda (AE) para a aurícula direita (AD). Em cerca de 75% da população, esta comunicação fecha espontaneamente no período neonatal, à medida que a resistência pulmonar diminui e há um maior aporte sanguíneo nos pulmões, com um aumento subsequente na pressão do lado esquerdo do coração. No entanto, este tipo de defeito persiste em cerca de 15% a 35% da população adulta e é denominado foramen oval patente (FOP) (Teshome et al., 2020).

Os defeitos do SIA estão entre as doenças cardíacas congénitas mais comuns encontradas na idade adulta, podendo apresentar-se de forma isolada ou associado a doença cardíaca congénita mais complexa como a tetralogia de Fallot ou anomalia de Ebstein da válvula tricúspide (Kheiwat et al., 2020). Embora aparentemente benigna (Gonnah et al., 2022) e a maioria dos doentes com FOP serem assintomáticos, a manifestação clínica mais preocupante é o AVC isquémico secundário à embolia paradoxal, que acontece quando um êmbolo paradoxal se forma na circulação venosa sistémica e cruza para a circulação arterial sistémica através de um FOP. Cerca de 20-40% dos AVC isquémicos não têm uma etiologia bem definida e são denominados criptogénicos, sendo estes os que apresentam uma prevalência aumentada de FOP (Teshome et al., 2020).

O ETT é frequentemente a primeira modalidade de imagem cardíaca realizada em doentes com AVC criptogénico, apresentando uma sensibilidade de 91% e uma especificidade de 93% para deteção de FOP (Teshome et al., 2020). Por outro lado, o ETE fornece informações adicionais mais detalhadas, permitindo uma melhor avaliação do tamanho e da localização da comunicação (Gonnah et al., 2022). A estratégia terapêutica para reduzir a recorrência de AVC em doentes com FOP tem sido amplamente debatida ao longo dos anos. O encerramento percutâneo do FOP surge como uma opção terapêutica eficaz, não estando associado a um aumento da mortalidade ou de eventos cardiovasculares adversos significativos, à exceção de um ligeiro aumento na incidência de FA transitória. Além disso, os benefícios do encerramento do FOP são mais evidentes em doentes com aneurisma do septo auricular (ASA) e em casos de FOP com shunt significativo

no sentido direito-esquerdo, nos quais o risco de embolização paradoxal é mais elevado (Miranda et al., 2018).

Caso clínico

Doente de 62 anos do género feminino com antecedentes de défice motor distal direito, hemihipoestesia direita, perturbação da linguagem falada e escrita e dificuldades no cálculo, no contexto de AVC isquémico do ramo anterior da artéria cerebral média esquerda ocorrido no ano de 1997. À época, o ETT identificou aparente FOP e aneurisma do SIA, pelo que a doente faz medicação hipocoagulante desde então. A doente foi observada em consulta externa de Neurologia em 2016 e realizou um novo ETT em Abril de 2024 para reavaliação que revelou “AE ligeiramente dilatada. Restantes cavidades cardíacas e raiz dos grandes vasos de dimensões normais. VE com paredes de espessura normal, apresentando movimento anómalo do septo, podendo ser secundário a perturbação da condução elétrica, sem outras alterações da contratilidade. Normal fração ejeção. VD com normal função diastólica longitudinal. Estruturas valvulares com ligeiras alterações degenerativas. Regurgitação mitral e aórtica ligeiras. VCI com calibre e cinética respiratória normal. Procidência aneurismática do SIA para a AD, sem shunt visível. SIV sem evidência de soluções de continuidade. Não se visualizam massas intracavitárias. Pericárdio de aspeto normal e sem derrame significativo”. Não fazendo, portanto, qualquer referência à persistência de FOP e em Agosto de 2024 a doente recorre ao SU por queixas de “melenas objetivadas” associadas a cansaço progressivo.

À admissão, no exame objetivo, a doente apresentava-se “consciente, orientada e colaborante, eupneica em repouso, com mucosas discretamente pálidas, glicemia dentro dos parâmetros normais, PA normal (110/66 mmHg), saturação de oxigénio (spO2) normal (96%), discreto sopro sistólico aórtico, abdómen mole e depressível, sem massas ou visceromegalias palpáveis, indolor e sem sinais de edema dos membros inferiores”. Realizou ECG, sem alterações relevantes, e análises sanguíneas que evidenciaram anemia grave (Hb 3,4 e INR 16). Perante este quadro clínico, a doente fez 2 unidades de transfusão de sangue, vitamina K, 2 unidades de plasma e foi, posteriormente, internada para estudo adicional. Foi contactado o Serviço de Cardiologia, que solicitou com urgência a realização

de um ETE. Face à elevada probabilidade de persistência de FOP, foi iniciada terapêutica com endoxabano.

O ETE confirmou ao nível do SIA “fluxo contínuo entre a aurícula esquerda e direita. Admite-se presença de comunicação interauricular de pequenas dimensões (CIA FOP-like). Após a administração de microbolhas observa-se com a manobra de valsalva passagem de bolhas da direita para a esquerda”.

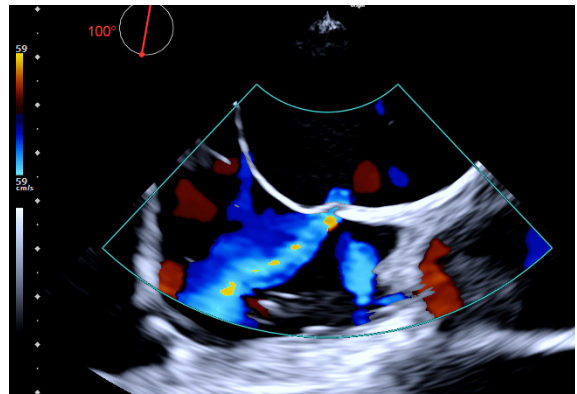
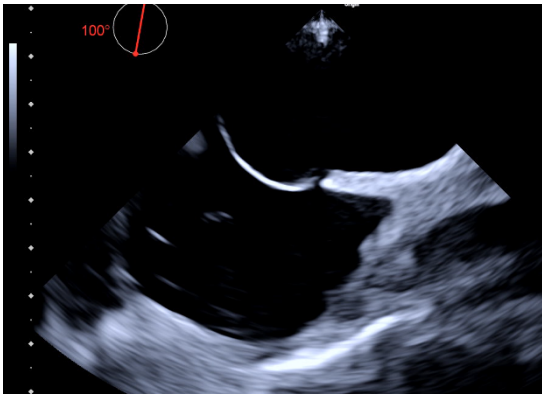


Figura 23 – Imagens de ETE 2D e com cor.

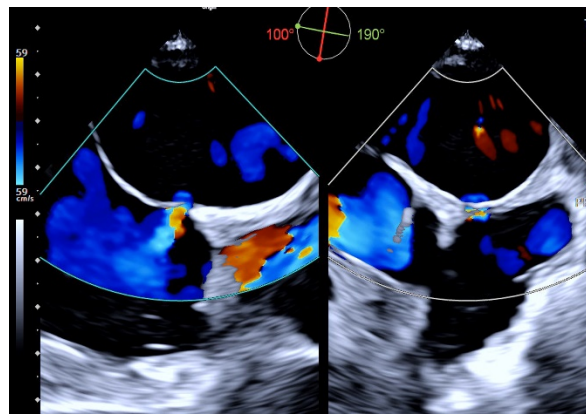
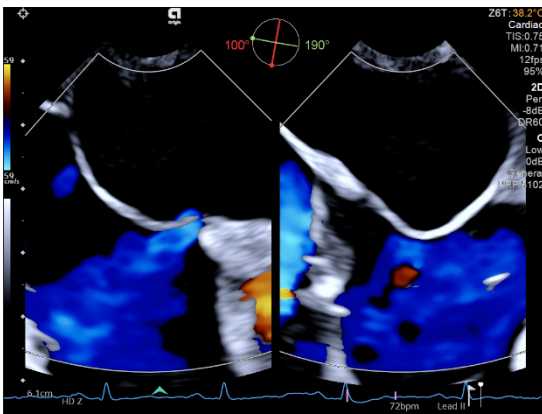


Figura 24 – Imagens de ETE biplanares.

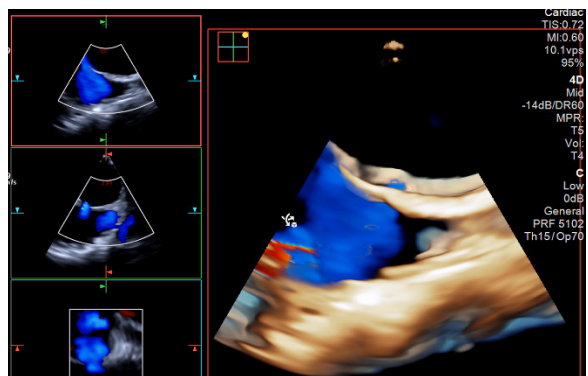
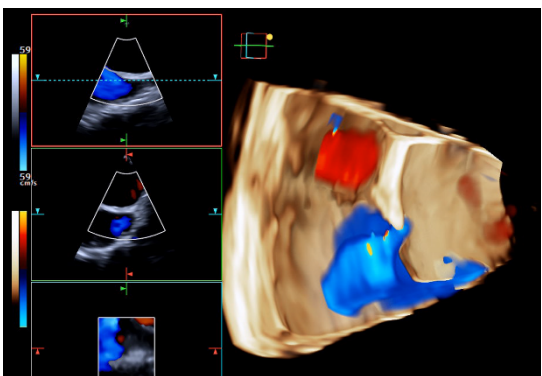


Figura 25 – Imagens de ETE 3D.

Dada a confirmação da persistência do FOP, a doente foi encaminhada para a consulta de especialidade com o objetivo de discutir a abordagem terapêutica mais adequada, considerando as opções disponíveis para o seu caso clínico.

Discussão

Em doentes jovens com FOP e AVC criptogénico a avaliação combinada de dados clínicos de alto risco e ETE ajuda nas indicações para implantação de dispositivo de encerramento (Vitarelli, 2019). O ETT com estudo de contraste é utilizado para o diagnóstico indireto do FOP, uma vez que permite observar a passagem do contraste para a AE, enquanto o ETE oferece uma visualização direta do FOP, possibilitando a medição do seu tamanho através da distância máxima de separação entre o septo primário e o septo secundário. Adicionalmente, também permite uma caracterização anatómica detalhada do septo auricular adjacente, incluindo a presença de ASA, hiper mobilidade e o comprimento do túnel do FOP, fatores com importantes implicações prognósticas. Este método de imagem também facilita o diagnóstico de malformação arteriovenosa pulmonar, uma causa relativamente rara de embolia paradoxal e, dada a sua elevada precisão, constitui um exame fundamental na identificação de candidatos adequados para o encerramento percutâneo do FOP. Assim, a integração de especialistas em imagem cardíaca, com experiência na realização e interpretação do ETE, é essencial na equipa multidisciplinar "coração-cérebro", garantindo uma avaliação rigorosa e uma tomada de decisão informada em doentes com AVC criptogénico (Song, 2023).

DISCUSSÃO

A realização deste estágio proporcionou uma oportunidade enriquecedora para consolidar e aprofundar conhecimentos teóricos e práticos, proporcionando uma visão abrangente das diversas modalidades de imagem e das suas aplicações clínicas. A análise à casuística recolhida no decorrer do período de estágio permitiu a identificação de achados ecocardiográficos robustos possibilitando a caracterização de patologias muito variadas.

Quanto à tipologia dos exames realizados, foram sobretudo ETT e apenas um ETE. Esta distribuição poderá estar relacionada com o período em que decorreu o estágio, correspondente à época de verão, durante a qual se registou a ausência de alguns médicos cardiologistas responsáveis pela ecografia semi-invasiva. Da totalidade de exames realizados verificou-se que a grande maioria foi realizado em contexto de internamento, enquanto o serviço de urgência apresenta uma baixa percentagem.

Relativamente ao perfil demográfico, a amostra é constituída maioritariamente por indivíduos do género masculino, com uma idade média de 68,1 anos, sendo, por isso, superior à idade média de Portugal - 47,1 anos (Eurostat, 2024). Revelou também uma maior proporção de doentes do género masculino nas faixas etárias mais jovens, com uma inversão gradual a partir dos 50 anos, culminando numa predominância clara do género feminino entre os indivíduos com mais de 90 anos. Este padrão poderá estar relacionado com a maior longevidade feminina, uma vez que o género masculino vive aproximadamente menos 10% do que o género feminino (Candore et al., 2006)

A maioria dos ecocardiogramas da amostra foram solicitados por indicação clínica de insuficiência cardíaca, seguida dos fatores de risco cardiovascular. Dada a sua prevalência, elevada taxa de mortalidade, morbidade, cronicidade e utilização de recursos, a insuficiência cardíaca é uma questão prioritária do ponto de vista social e de saúde, devido ao envelhecimento da população e à falta de adesão e complexidade do tratamento (Alconero-Camarero et al., 2014). Por outro lado, a doença cardiovascular é a principal causa de morte a nível mundial, mesmo sendo considerada uma doença amplamente prevenível, ao priorizar medidas preventivas com base num estilo de vida saudável. Adotar hábitos alimentares saudáveis, praticar exercício físico, ter um sono

adequado e a cessação do tabagismo, podem influenciar uma série de fatores de risco cardiovascular (Kaminsky et al., 2022).

Do total de alterações ecocardiográficas significativas encontradas, verifica-se que a maioria é no género masculino, no entanto não podemos ignorar o facto da amostra também ser maioritariamente masculina. Segundo o *Global Burden of Disease Study* de 2019, os homens apresentam maior prevalência de patologia cardiovascular (51,0%) comparativamente com as mulheres (49,0%), contudo com aumento no género feminino após a menopausa (Biscegli Jatene & da Ponte Nacif, 2023).

Relativamente ao estudo ecocardiográfico do VE, verificou-se que a maioria dos doentes com dilatação significativa do VE apresentou disfunção sistólica global desta cavidade. A dilatação do VE condiciona um processo fisiopatológico com progressivo aumento da tensão parietal, sucessivo aumento do volume da cavidade e aparecimento da disfunção da contractilidade do miocárdio (Neskovic et al., 2018). Observou-se também que dos doentes com hipertrofia ventricular esquerda significativa, alguns também apresentavam aumento de pressões diastólicas do VE, uma vez que o aumento da rigidez parietal do VE, contribui para menor relaxamento e distensibilidade das paredes, com posterior dilatação da AE (Pergola et al., 2023). Ainda sobre o estudo das cavidades esquerdas, 4,1% dos doentes apresentaram alterações da cinética segmentar do VE e 2,8% tinham disfunção sistólica significativa. Estas percentagens parecem estar subvalorizadas, pois de acordo com a literatura, a doença isquémica é a condição clínica mais prevalente das doenças cardiovasculares (Khan et al., 2020).

Sobre o estudo ecocardiográfico do VD, a dilatação da cavidade esteve presente em praticamente todos os doentes, o que é expectável, pois a sobrecarga de volume condiciona diminuição da sua capacidade contráctil, apoptose com perda progressiva de miócitos e fibrose intersticial, com disfunção do VD (Sanz et al., 2019).

Da análise da casuística do estudo da doença valvular, verificou-se que a valvulopatia significativa mais frequente na amostra foi a insuficiência mitral, seguindo-se a insuficiência tricúspide. Este perfil de compromisso valvular foi consistente com a literatura, que aponta a insuficiência mitral e tricúspide como achados comuns na prática

clínica, particularmente em populações com elevada prevalência de hipertensão arterial e insuficiência cardíaca (Harb & Griffin, 2017).

Em relação às próteses valvulares, verificou-se que a localização mais prevalente foi em posição aórtica, achado que corrobora a literatura, pois a estenose aórtica é a valvulopatia primária mais comumente submetida a cirurgia ou intervenção percutânea na Europa. Alguns estudos mostram que doentes com estenose aórtica grave, sem cirurgia de substituição valvular em 2 anos, têm uma probabilidade de sobrevivência de apenas 21% \pm 18% (Vahanian et al., 2022).

CONCLUSÃO

A ecocardiografia destacou-se como uma ferramenta essencial no diagnóstico, monitorização e seguimento terapêutico das patologias cardiovasculares. O conhecimento aprofundado dos princípios físicos do ultrassom, aliado à análise detalhada da imagem, permitiu uma melhor compreensão do papel fundamental da ecocardiografia no contexto clínico real e atual, evidenciando a sua relevância na tomada de decisões médicas e na otimização dos cuidados prestados aos doentes.

Um dos pontos fortes do estágio foi a orientação prática na execução de exames ecocardiográficos e na análise de casos clínicos em vários contextos. A experiência prática consolidou os conhecimentos adquiridos, facilitando a compreensão das indicações específicas de cada técnica e do impacto do resultado do exame no processo de tomada de decisão médica. Essa vivência permitiu uma análise crítica das vantagens e limitações de cada método, especialmente em contextos clínicos complexos. Os estudos de caso que abordam o tamponamento cardíaco por ETT e a confirmação de FOP por ETE ilustram de maneira concreta a aplicabilidade e a importância das diferentes modalidades ecocardiográficas em contextos clínicos específicos. Outro aspeto relevante foi a oportunidade de discutir os casos com profissionais experientes, promovendo e evidenciando a importância de trabalhar em equipa. Esses momentos não só aprimoraram o conhecimento, como também incentivaram o espírito crítico, favorecendo também a tomada de decisão mais rápida e precisa, especialmente em situações de urgência. Por outro lado, o estágio revelou também alguns desafios como a alta complexidade técnica de determinadas modalidades, como o ETE, revelando a necessidade de uma curva de aprendizagem significativa. Também a rapidez com que as tecnologias avançam exige um esforço constante de atualização e domínio técnico, de forma a garantir a qualidade e a segurança dos doentes.

Por fim, este estágio em ecocardiografia representou uma etapa essencial na formação profissional, que permitiu a consolidação de competências técnicas, o aprofundamento da prática clínica e o reforço da importância de uma abordagem rigorosa e atualizada. Essas competências são essenciais para a prática hospitalar e contribuem diretamente para a formação de um profissional qualificado e apto para lidar com os

desafios na área da cardiologia. A ecocardiografia, ao proporcionar diagnósticos rápidos e precisos, desempenha um papel determinante do ponto de vista terapêutico, especialmente em procedimentos de elevada complexidade e risco, afirmando-se como uma ferramenta indispensável na prática médica atual e futura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, I., & Sasikumar, N. (2022). Echocardiography Imaging Techniques. *StatPearls*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18172524>
- Alconero-Camarero, A. R., Arozamena-Pérez, J., & García-Garrido, L. (2014). [The heart failure patient: a case report]. *Enfermeria Clinica*, 24(4), 248–253. <https://doi.org/10.1016/J.ENFCLI.2014.01.004>
- Amzulescu, M. S., De Craene, M., Langet, H., Pasquet, A., Vancraeynest, D., Pouleur, A. C., Vanoverschelde, J. L., & Gerber, B. L. (2019). Myocardial strain imaging: Review of general principles, validation, and sources of discrepancies. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*, 20(6), 605–619. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jez041>
- Ancion, A., Robinet, S., & Lancellotti, P. (2018). Cardiac tamponade. *Revue Medicale de Liege*, 73(5–6), 277–282. <https://doi.org/10.1111/j.1442-2026.1997.tb00368.x>
- Asrress, K. N., & Mitchell, A. R. J. (2009). Intracardiac echocardiography. *Heart (British Cardiac Society)*, 95(4), 327–331. <https://doi.org/10.1136/HRT.2007.135137>
- Bartel, T., Müller, S., Biviano, A., & Hahn, R. T. (2014). Why is intracardiac echocardiography helpful? Benefits, costs, and how to learn. *European Heart Journal*, 35(2), 69–76. <https://doi.org/10.1093/EURHEARTJ/EHT411>
- Basman, C., Parmar, Y. J., & Kronzon, I. (n.d.). *Intracardiac Echocardiography for Structural Heart and Electrophysiological Interventions*. <https://doi.org/10.1007/s11886-017-0902-6>
- Becher, H. (2002). Kontrastechokardiographie: Klinische anwendung und zukunftperspektiven. *Herz*, 27(3), 201–216. <https://doi.org/10.1007/s00059-002-2371-x>

- Bodson, L., Bouferrache, K., & Vieillard-Baron, A. (2011). Cardiac tamponade. *Current Opinion in Critical Care*, 17(5), 416–424. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e3283491f27>
- Candore, G., Balistreri, C. R., Listì, F., Grimaldi, M. P., Vasto, S., Colonna-Romano, G., Franceschi, C., Lio, D., Caselli, G., & Caruso, C. (2006). Immunogenetics, gender, and longevity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1089, 516–537. <https://doi.org/10.1196/ANNALS.1386.051>
- D'hooge, J., Bijnens, B., Thoen, J., Van de Werf, F., Sutherland, G. R., & Suetens, P. (2002). Echocardiographic strain and strain-rate imaging: A new tool to study regional myocardial function. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 21(9), 1022–1030. <https://doi.org/10.1109/TMI.2002.804440>
- D'Hooge, J., Heimdal, A., Jamal, F., Kukulski, T., Bijnens, B., Rademakers, F., Hatle, L., Suetens, P., & Sutherland, G. R. (2000). Regional Strain and Strain Rate Measurements by Cardiac Ultrasound: Principles, Implementation and Limitations. *European Journal of Echocardiography*, 1(3), 154–170. <https://doi.org/10.1053/euje.2000.0031>
- Dynamic three-dimensional echocardiography: a new era in ultrasound technology - PubMed.* (n.d.). Retrieved September 19, 2024, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9436415/>
- Ecocardiografia - PubMed.* (n.d.). Retrieved March 22, 2025, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8933064/>
- Gillam, L. D., & Marcoff, L. (2024). Echocardiography: Past, Present, and Future. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, 17(4), E016517. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.124.016517>
- Gonnah, A. R., Bharadwaj, M. S., Nassar, H., Abdelaziz, H. K., & Roberts, D. H. (2022). Patent foramen ovale: diagnostic evaluation and the role of device closure. *Clinical Medicine*,

Journal of the Royal College of Physicians of London, 22(5), 441–448.
<https://doi.org/10.7861/clinmed.2022-0040>

Hagemeyer, D., Ali, F. M., Ong, G., & Fam, N. P. (2022). The Role of Intracardiac Echocardiography in Percutaneous Tricuspid Intervention: A New ICE Age. *Interventional Cardiology Clinics*, 11(1), 103–112.
<https://doi.org/10.1016/J.ICCL.2021.09.006>

Harb, S. C., & Griffin, B. P. (2017). Mitral Valve Disease: a Comprehensive Review. *Current Cardiology Reports*, 19(8). <https://doi.org/10.1007/S11886-017-0883-5>

Houghton, A. R. (2013). *Making Sense of Echocardiography: A Hands-On Guide*, Second Edition. Taylor & Francis Group.

Jingquan, Z., Deyong, L., Huimin, C., Hua, F., Xuebin, H., Chenyang, J., Yan, L., Xuebin, L., Min, T., Zulu, W., Yumei, X., Jinlin, Z., Wei, Z., Xiaochun, Z., Daxin, Z., Yun, Z., Changsheng, M., Zei, P. C., & Di Biase, L. (2022). Intracardiac echocardiography Chinese expert consensus. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9.
<https://doi.org/10.3389/FCVM.2022.1012731>

Kaminsky, L. A., German, C., Imboden, M., Ozemek, C., Peterman, J. E., & Brubaker, P. H. (2022). The importance of healthy lifestyle behaviors in the prevention of cardiovascular disease. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 70, 8–15.
<https://doi.org/10.1016/J.PCAD.2021.12.001>

Khan, M. A., Hashim, M. J., Mustafa, H., Baniyas, M. Y., Al Suwaidi, S. K. B. M., AlKatheeri, R., Alblooshi, F. M. K., Almatrooshi, M. E. A. H., Alzaabi, M. E. H., Al Darmaki, R. S., & Lootah, S. N. A. H. (2020). Global Epidemiology of Ischemic Heart Disease: Results from the Global Burden of Disease Study. *Cureus*, 12(7).
<https://doi.org/10.7759/CUREUS.9349>

- Kheiwa, A., Hari, P., Madabhushi, P., & Varadarajan, P. (2020). Patent foramen ovale and atrial septal defect. *Echocardiography*, 37(12), 2172–2184. <https://doi.org/10.1111/ECHO.14646>
- Lawrence, J. P. (2007). Physics and instrumentation of ultrasound. *Critical Care Medicine*, 35(8 Suppl). <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000270241.33075.60>
- Lindner, J. R. (2021). Contrast echocardiography: current status and future directions. *Heart (British Cardiac Society)*, 107(1), 18–24. <https://doi.org/10.1136/HEARTJNL-2020-316662>
- Nabi, W., Bansal, A., & Xu, B. (2021). Applications of artificial intelligence and machine learning approaches in echocardiography. *Echocardiography*, 38(6), 982–992. <https://doi.org/10.1111/echo.15048>
- Neskovic, A. N., Skinner, H., Price, S., Via, G., De Hert, S., Stankovic, I., Galderisi, M., Donal, E., Muraru, D., Sloth, E., Gargani, L., Cardim, N., Stefanidis, A., Cameli, M., Habib, G., Cosyns, B., Lancellotti, P., Edvardsen, T., Popescu, B. A., ... Jurcut, R. (2018). Focus cardiac ultrasound core curriculum and core syllabus of the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*, 19(5), 475–481. <https://doi.org/10.1093/EHJCI/JEY006>
- O'Brien, W. D. (2007). Ultrasound-biophysics mechanisms. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1–3), 212–255. <https://doi.org/10.1016/J.PBIOMOLBIO.2006.07.010>
- Omerovic, S., & Jain, A. (2024). Echocardiogram. *StatPearls*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18172524>
- Pergola, V., D'Andrea, A., Galzerano, D., Mantovani, F., Rizzo, M., Di Giannuario, G., Khoury, G., Polizzi, V., Rabia, G., Gimelli, A., & Campana, M. (2023). Unveiling the Hidden Chamber: Exploring the Importance of Left Atrial Function and Filling Pressure in

Cardiovascular Health. *Journal of Cardiovascular Echography*, 33(3), 117–124.
https://doi.org/10.4103/JCECHO.JCECHO_44_23

Picano, E., Pasanisi, E., Venneri, L., Agrusta, M., Mottola, G., & Sicari, R. (2005). Stress Echocardiography. *Current Pharmaceutical Design*, 11(17), 2137–2149.
<https://doi.org/10.2174/1381612054367454>

Prabhu, M., Raju, D., & Pauli, H. (2012). Transesophageal echocardiography: instrumentation and system controls. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 15(2), 144–155.
<https://doi.org/10.4103/0971-9784.95080>

Reiber, J. H. C., Tu, S., Tuinenburg, J. C., Koning, G., Janssen, J. P., & Dijkstra, J. (2011). QCA, IVUS and OCT in interventional cardiology in 2011. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, 1(1), 57–70. <https://doi.org/10.3978/J.ISSN.2223-3652.2011.09.03>

Ruberti, A., Echevarría-Pinto, M., & Regueiro, A. (2024). OCT-guided versus IVUS-guided percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction. Do we have a winner? *Revista Espanola de Cardiologia (English Ed.)*, 77(8), 618–620.
<https://doi.org/10.1016/J.REC.2024.02.002>

Sanz, J., Sánchez-Quintana, D., Bossone, E., Bogaard, H. J., & Naeije, R. (2019). Anatomy, Function, and Dysfunction of the Right Ventricle: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology*, 73(12), 1463–1482.
<https://doi.org/10.1016/J.JACC.2018.12.076>

Silva, C. E. S., Tasca, R., Weitzel, L. H., Moisés, V. A., Ferreira, L. D. C., Tavares, G. M. P., Pena, J. L. B., Ortiz, J., Medeiros, C. C. J., Monaco, C. G., Peixoto, L. B., & Guimarães, J. I. (2004). Normatização dos Equipamentos e Técnicas de Exame para Realização de Exames Ecocardiográficos. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 82.
<https://doi.org/10.1590/s0066-782x2004000800001>

- Song, J. K. (2023). Pearls and Pitfalls in the Transesophageal Echocardiographic Diagnosis of Patent Foramen Ovale. *Journal of the American Society of Echocardiography : Official Publication of the American Society of Echocardiography*, 36(9), 895-905.e3. <https://doi.org/10.1016/J.ECHO.2023.05.004>
- Sung, J. H., & Chang, J. H. (2021). Mechanically Rotating Intravascular Ultrasound (IVUS) Transducer: A Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(11). <https://doi.org/10.3390/S21113907>
- Teshome, M. K., Najib, K., Nwagbara, C. C., Akinseye, O. A., & Ibebuogu, U. N. (2020). Patent Foramen Ovale: A Comprehensive Review. *Current Problems in Cardiology*, 45(2). <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2018.08.004>
- Tops, L. F., Delgado, V., den Uijl, D. W., & Bax, J. J. (2014). Intracardiac echocardiography: evolving use in interventional cardiology. *Journal of Ultrasound in Medicine : Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, 33(3), 627–640. <https://doi.org/10.7863/ULTRA.33.3.387>
- Triana, L., Palacios Huatuco, R. M., Campiglio, G., & Liscano, E. (2025). Echocardiography Imaging Techniques. *Aesthetic Plastic Surgery*. <https://doi.org/10.1007/S00266-024-04260-2>
- Tsang, T. S. M., Oh, J. K., Seward, J. B., & Tajik, A. J. (2000). Diagnostic value of echocardiography in cardiac tamponade. *Herz*, 25(8), 734–740. <https://doi.org/10.1007/PL00001991>
- Vahanian, A., Beyersdorf, F., Praz, F., Milojevic, M., Baldus, S., Bauersachs, J., Capodanno, D., Conradi, L., De Bonis, M., De Paulis, R., Delgado, V., Freemantle, N., Gilard, M., Haugaa, K. H., Jeppsson, A., Jüni, P., Pierard, L., Prendergast, B. D., Sadaba, J. R., ... Zientara, A. (2022). 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *European Heart Journal*, 43(7), 561–632. <https://doi.org/10.1093/EURHEARTJ/EHAB395>

Vitarelli, A. (2019). Patent Foramen Ovale: Pivotal Role of Transesophageal Echocardiography in the Indications for Closure, Assessment of Varying Anatomies and Post-procedure Follow-up. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 45(8), 1882–1895. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2019.04.015>

Wollschläger H [3D echocardiography. Mathematical principles and technical realization] - *PubMed*. (n.d.). Retrieved March 23, 2025, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7557826/>

Yasmin, F., Shah, S. M. I., Naeem, A., Shujaiddin, S. M., Jabeen, A., Kazmi, S., Siddiqui, S. A., Kumar, P., Salman, S., Hassan, S. A., Dasari, C., Choudhry, A. S., Mustafa, A., Chawla, S., & Lak, H. M. (2021). Artificial intelligence in the diagnosis and detection of heart failure: the past, present, and future. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 22(4), 1095–1113. <https://doi.org/10.31083/J.RCM2204121>