

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

MAYARA PEREIRA DA SILVA

DIAGNÓSTICO POR IMAGEM EM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

Botucatu-SP
Dezembro – 2013

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

MAYARA PEREIRA DA SILVA

DIAGNÓSTICO POR IMAGEM EM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Rejane Lima E Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC – Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, como exigência à obtenção do título
de Tecnólogo no Curso de Radiologia.

Botucatu-SP
Dezembro – 2013

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, pela constante força a alavancar minha vida, especialmente nesta importante caminhada.

Aos meus pais *Vladimir* e *Maria*, pelo apoio, amor e algumas cobranças necessárias.

A toda minha *família*, pelo incentivo.

Aos meus *colegas* e *amigos* que fiz, especialmente ao “*lado legal da ilha*”, que me alegraram os dias no decorrer do curso.

Aos *professores*, que contribuíram para a minha formação.

À professora *Rejane Lima E Silva*, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

*“No coração do homem é que reside o princípio
e o fim de tudo.”*

(Leon Tolstoi)

RESUMO

A Insuficiência Cardíaca (IC) afeta de 1 a 2% da população mundial, mesmo com os avanços da medicina terapêutica e de diagnóstico, sua incidência parece ser crescente. No Brasil, é a maior causa cardiovascular de internação, podendo estar relacionada ao crescimento da população idosa no país. Este trabalho é uma revisão de literatura dos últimos 15 anos, que tem por objetivo descrever os métodos de diagnóstico por imagem utilizados em IC e avaliar suas vantagens e desvantagens. Constatou-se que para esse fim diagnóstico utiliza-se o RX, método seguro e barato que pode ser utilizado para acompanhamento de pacientes cardiológicos, porém, detecta o problema apenas quando há alterações anatômicas; a ecocardiografia, que oferece dados anatômicos e funcionais do coração, mas não deve ser usado para o acompanhamento de pacientes estáveis; a TC, utilizada principalmente para a avaliação das artérias coronárias, não é necessário sedação, mas faz uso da radiação e contraste; a RM, método que não utiliza radiação, visualiza melhor a anatomia, entretanto, seu custo é mais elevado, é um método de menor disponibilidade e é contra-indicado para pacientes com implantes ou objetos metálicos; a MN, faz avaliação funcional e metabólica detectando o problema antes que ocorram alterações anatômicas, mas utiliza substâncias radioativas e possui custo elevado. Dentre esses exames a ecocardiografia é o mais utilizado, fornecendo dados anatômicos e funcionais e com poucas limitações. Barato, seguro e amplamente disponível, a ecocardiografia tem sua aplicação facilitada quando comparada aos outros métodos, sendo os demais considerados exames complementares.

PALAVRAS-CHAVE: Coração. Ecocardiografia. Insuficiência Cardíaca.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Anatomia do coração.....	11
Figura 2. Artérias coronárias	12
Figura 3. Esquema dos elementos de um tubo de raios X.....	17
Figura 4. Esquema representativo de um transdutor	18
Figura 5. Componentes do tomógrafo	19
Figura 6. Componentes de um aparelho de Ressonância Magnética	21
Figura 7. Componentes da gama-câmara	23
Figura 8. Cintilografia de perfusão do miocárdio.....	24
Figura 9. Tórax adulto normal.....	27
Figura 10. Aumento de ventrículo esquerdo (PA+P)	28
Figura 11. Edema Pulmonar	28
Figura 12. Janelas ecocardiográficas	30
Figura 13. Reconstrução do coração em 3D.....	31
Figura 14. Ressonância Magnética Cardíaca – realce tardio.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Unidades Hounsfield.....	20
------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivo	9
1.2 Justificativa	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 O Coração.....	10
2.1.1 Circulação.....	12
2.1.2 Contração	13
2.2 Insuficiência Cardíaca.....	14
2.3 Métodos de Diagnóstico por Imagem.....	16
2.3.1 Raio X	16
2.3.2 Ecocardiografia.....	17
2.3.3 Tomografia Computadorizada	19
2.3.4 Ressonância Magnética	21
2.3.5 Medicina Nuclear.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca (IC) afeta de 1% a 2% da população mundial, sua incidência parece ser crescente apesar dos avanços da medicina terapêutica e de diagnóstico. A causa pode estar relacionada ao crescimento da população idosa no país, registrado no censo de 2010, fazendo com que a probabilidade de um aumento do número de pacientes em risco ou de portadores da IC esteja presente (BARRETTO et al., 1998; BOCCHI et al., 2012).

A relação entre o crescimento do número de idosos e a IC está no fato de os idosos estarem mais propensos a desenvolver esta síndrome. Apesar das mortes decorrentes das cardiopatias terem diminuído, convive-se mais tempo com as doenças cardiológicas, sendo a IC uma via final comum (BARRETO; RAMIRES, 1998).

De acordo com o trabalho de Lessa (2001), a IC é a principal causa cardiovascular de internação no Brasil e possui uma grande dificuldade de realização de estudos epidemiológicos pela escassez de informação. Há variedade de definições da doença, além de múltiplas possibilidades etiológicas. Seu diagnóstico é, sobretudo, clínico quando há sintomas, e exige uma variedade de exames para que seja possível um diagnóstico mais preciso, encarecendo os estudos.

O diagnóstico por imagem visa auxiliar o profissional da área médica na confirmação da presença de patologias, assim como classificação, localização, comprometimento, entre outros. Dados que antes só eram possíveis através de cirurgia ou necropsia (RIZZIOLLI, 2007).

1.1 Objetivo

Apresentar e descrever métodos de diagnóstico por imagem, utilizados em insuficiência cardíaca (IC) e avaliar as vantagens e desvantagens apresentadas em cada um dos métodos.

1.2 Justificativa

A imagem na área médica é de grande importância, pois permite avaliar e identificar diversas patologias, entre elas a IC, de forma não invasiva, dando um diagnóstico mais preciso e contribuindo para a definição da melhor forma de tratamento a ser aplicado em cada caso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O sistema circulatório é responsável por proporcionar adequada nutrição celular, promovendo a manutenção da vitalidade do organismo através do transporte de oxigênio e material nutritivo pelo sangue. Esse sistema conta com um órgão central que age como uma bomba contrátil-propulsora para a circulação do sangue: o coração (DANGELO; FATTINI, 2007a).

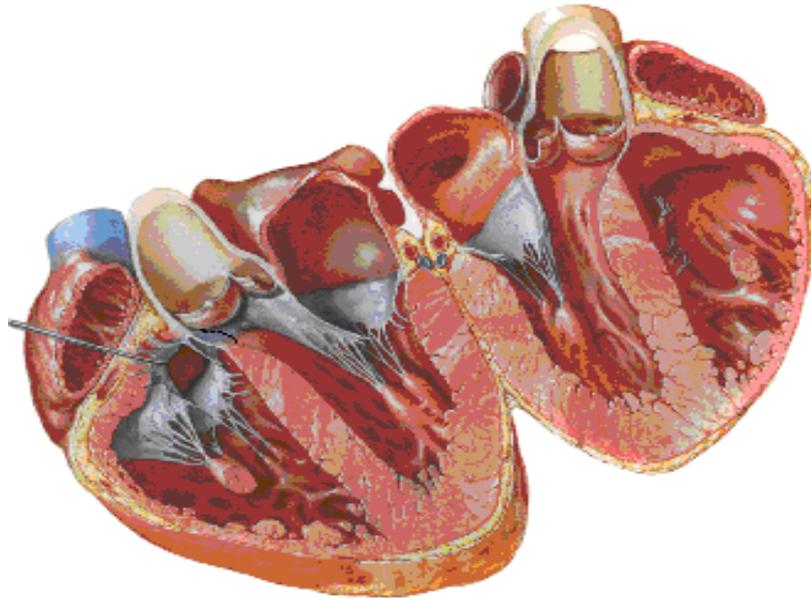
2.1 O Coração

É o órgão central do sistema circulatório e está localizado medialmente na cavidade torácica, levemente deslocado para a esquerda, repousando em parte acima do diafragma e entre o mediastino. O coração é um órgão muscular oco e o tipo de tecido muscular que constitui o coração e sua camada média, ou miocárdio, é chamado de tecido muscular estriado cardíaco (DANGELO; FATTINI, 2007a).

Separando o coração dos outros órgãos localizados na cavidade torácica está o pericárdio. O pericárdio possui duas paredes, uma parede externa (pericárdio fibroso) denominada saco pericárdico e uma parede interna (pericárdio seroso), sendo que o pericárdio seroso é a parede que reflete para a superfície do coração, revestindo o órgão externamente, denominado de epicárdio. E, revestindo internamente o miocárdio, encontra-se o endocárdio (DANGELO; FATTINI, 2007a).

De acordo com a descrição de Dangelo e Fattini (2007a), o coração possui 4 câmaras, sendo 2 delas chamadas de átrio, localizadas na porção superior do coração, e 2 que recebem o nome de ventrículo, localizadas na parte inferior do órgão. A cavidade cardíaca apresenta septos responsáveis por dividir suas 4 câmaras, são eles: septo atrioventricular, que divide o coração em porções superior e inferior; septo interatrial, que divide átrios direito e esquerdo; septo interventricular, que divide ventrículos direito e esquerdo. Na região do septo atrioventricular, comunicando átrio e ventrículo, encontram-se os óstios atrioventriculares, um à esquerda e outro à direita, onde estão as valvas atrioventriculares (Figura 1) (DANGELO; FATTINI, 2007a).

Figura 1. Anatomia do coração



Fonte: Netter, 2000

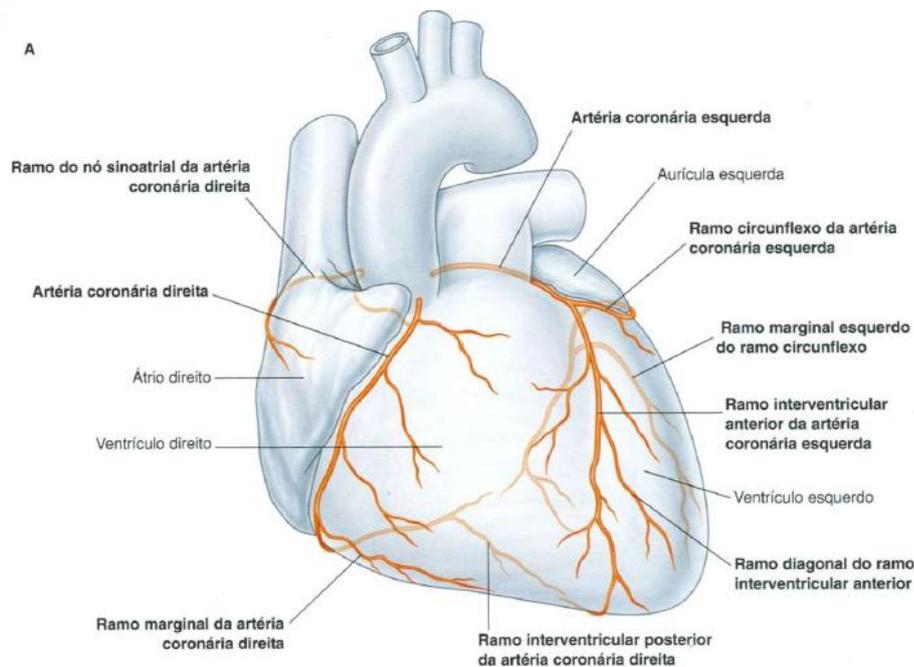
As valvas são os dispositivos que orientam a corrente sanguínea e permitem a passagem do sangue, são formadas por tecidos conjuntivos e recobertas pelo endocárdio. As valvas atrioventriculares recebem nome diferenciado de acordo com o número de válvulas ou cúspides. A valva atrioventricular direita é constituída por 3 cúspides, sendo assim, recebe o nome de valva tricúspide, já a valva atrioventricular esquerda é constituída por 2 cúspides e recebe o nome de valva bicúspide ou mitral (DANGELO; FATTINI, 2007a).

No que se refere à circulação do sangue, estão os vasos sanguíneos (artérias e veias) saindo e chegando ao coração através dos átrios e ventrículos. A artéria que sai do ventrículo direito é a artéria tronco pulmonar, já no ventrículo esquerdo tem-se a artéria aorta. Desembocando no átrio direito estão as veias cavas, superior e inferior, enquanto no átrio

esquerdo, desembocam as veias pulmonares. Na saída das artérias as válvulas também estão presentes, com 3 válvulas cada uma, recebendo o nome de seus respectivos vasos: valva semilunar da aorta e valva semilunar da tronco pulmonar (DANGELO; FATTINI, 2007a).

É importante lembrar que o coração também necessita de suprimento sanguíneo para que seja enviada a quantidade de oxigênio necessária para o seu funcionamento. Já que não é nutrido através do preenchimento de suas câmaras, necessita de vasos que o irrigue. A irrigação do coração se dá através das artérias coronárias direita e esquerda, representadas na Figura 2, que é o primeiro ramo emitido pela artéria aorta (DANGELO; FATTINI, 2007a).

Figura 2. Artérias coronárias



Fonte: Drake; Mitchell; Vogl, 2005

2.1.1 Circulação

Segundo Dangelo e Fattini (2007b), para que ocorra a circulação é preciso que o coração bombeie o sangue que está presente em suas câmaras, isso se dá através da sístole e diástole.

A diástole compreende o período em que há o relaxamento do coração, onde ocorre o preenchimento de suas câmaras pelo sangue. Sucedendo a diástole, a sístole é o momento

onde o coração se contrai fazendo com que o sangue seja ejetado de suas câmaras através dos vasos (GUYTON; HALL, 1997).

No momento em que ocorre a sístole ventricular, as valvas atrioventriculares se fecham para que não haja um refluxo de sangue, fazendo com que boa quantidade de sangue se acumule nos átrios. Com o final da sístole, a pressão dos ventrículos cai a valores diastólicos e as valvas são abertas. Por essa diferença de pressão entre as câmaras o sangue passa diretamente dos átrios para os ventrículos, que são 75% repletos. Posteriormente, ocorre a contração dos átrios onde a quantidade de 25% de sangue é impulsionada para os ventrículos causando seu enchimento adicional (GUYTON; HALL, 1997).

Durante a sístole, ocorre a ejeção do sangue dos ventrículos através das artérias. Do ventrículo direito sai a artéria tronco pulmonar, esta é responsável por conduzir o sangue aos pulmões onde ocorrerá a hematose, ou seja, a oxigenação do sangue. O sangue oxigenado retorna ao coração através das veias pulmonares que desembocam no átrio esquerdo, esse sangue rico em oxigênio passa para o ventrículo esquerdo e é novamente ejetado, desta vez, através da artéria aorta. Após o sangue ser ejetado do ventrículo esquerdo pela aorta, ele percorre o corpo nutrindo todo o sistema, é quando ocorre a troca de gases nos tecidos e o sangue rico em CO₂ retorna ao coração. O retorno do sangue ao coração, no átrio direito, se dá através das veias cavas (superior e inferior) para ser novamente oxigenado (DANGELO; FATTINI, 2007b).

2.1.2 Contração

Existe um sistema especial responsável pela contração rítmica do coração, esse sistema gera impulsos elétricos que causam a contração do miocárdio de forma ritmada e conduz os impulsos por todo o órgão. O nodo sinusal, ou nodo sinoatrial, é composto por um conjunto de células nervosas especializadas, com sua localização no átrio direito, próximo a entrada da veia cava superior. É neste nodo que o impulso rítmico normal é gerado (DANGELO; FATTINI, 2007b; GUYTON; HALL, 2006a).

As doenças cardíacas, principalmente a isquemia, podem afetar esse sistema rítmico. As câmaras cardíacas contraem-se de forma anormal e, como consequência, obtém-se um ritmo cardíaco também anormal, podendo causar até a morte por conta da ineficiência do bombeamento do coração (GUYTON; HALL, 2006a).

2.2 Insuficiência Cardíaca

A Insuficiência Cardíaca (IC) caracteriza-se pela incapacidade do coração em bombear sangue suficiente para os tecidos, ou seja, o coração gera um débito cardíaco inadequado, não atendendo as necessidades metabólicas do organismo (MESQUITA et al., 2004).

A IC como doença bastante limitante, em sua forma avançada, apresenta alta mortalidade. Quanto mais sintomática se apresenta, menor é a sobrevida de seus portadores. Os sintomas apresentados e que causam grande desconforto e queda da qualidade de vida, caracterizando-a como limitante, são a dispnéia (falta de ar), cansaço, edema (BARRETO; RAMIRES, 1998).

A circulação coronária deficiente geralmente é a causa da incapacidade de bombeamento do coração, entretanto, outras podem ser as causas da insuficiência, tais como: lesão das valvas cardíacas, pressão externa ao coração, deficiência de vitamina B, doença muscular cardíaca primária, entre outras (GUYTON; HALL, 2006b).

A queda da função cardíaca estimula mecanismos adaptativos melhorando, assim, essa função e, possivelmente, normalizando-a. Um dos primeiros estímulos é o mecanismo de Frank-Starling (aumento do débito cardíaco quando ocorre aumento de retorno venoso), entretanto, não é suficiente na presença de lesões maiores, sendo as distensões contínuas sofridas pelas câmaras cardíacas no remodelamento ventricular nocivas ao coração (BARRETO; RAMIRES, 1998).

Assim como a estimulação contínua do mecanismo de Frank-Starling produz efeitos nocivos ao coração, o mesmo ocorre com a estimulação simpática e neuro-humoral. Usado como mecanismo de compensação, há também a hipertrofia miocárdica. Este, por sua vez, acaba provocando efeitos nocivos pela hipertrofia das células musculares (miócitos), proliferação do interstício, aumento da fibrose. Enfim, múltiplos fatores estão associados à evolução da IC (BARRETO; RAMIRES, 1998).

De acordo com o trabalho realizado por Coelho et al. (2007), existem alguns fatores que predispõe à IC, como, aumento da cintura abdominal, hipertensão arterial sistêmica (HAS), hiperglicemia, resistência insulínica (predispondo à diabetes) e dislipidemia (baixos níveis de HDL – “bom colesterol” - no organismo). A presença desses fatores de risco, que associados caracterizam a chamada síndrome metabólica (SM), estão relacionados ao

aumento de eventos cardiovasculares, identificando-se em pacientes que apresentam esta síndrome um risco elevado de aparecimento da IC. Esta é a classificação na forma etiológica da IC.

Existem algumas formas de se classificar a IC. Ela pode ser classificada de acordo com o tempo de aparecimento, podendo ser de forma aguda ou crônica (GUYTON; HALL, 2006b).

A insuficiência na forma aguda, por exemplo, é causada por uma grave lesão que afeta o coração de modo súbito, diminuindo de forma imediata a capacidade do mesmo em bombear sangue. Já o estágio crônico da doença é caracterizado por uma piora progressiva da função cardíaca causando uma disfunção (GUYTON; HALL, 2006b).

Outra forma de se classificar a IC é como compensada e descompensada. A IC compensada se dá quando ocorre um declínio da função cardíaca e, na tentativa de normalizar essa função, há a estimulação de mecanismos adaptativos que compensam o coração lesionado em grande parte. Entretanto, se a lesão cardíaca for extensa, esses mecanismos adaptativos não são suficientes para que ocorra a compensação e normalização da função cardíaca de modo que a mesma continua a piorar gerando um débito insuficiente, caracterizando a IC descompensada. Caso não haja uma intervenção, pode levar a morte (GUYTON; HALL, 2006b).

Pode ser também de classe funcional, a insuficiência caracteriza-se em sistólica ou diastólica pelos seguintes motivos: quando o coração apresenta disfunção sistólica por causa de alterações na contratilidade ventricular, dificultando a expulsão do sangue da câmara cardíaca, é caracterizada a IC na forma sistólica. Na IC diastólica, também conhecida como função sistólica preservada, o coração apresenta uma função sistólica normal ou quase normal, com fração de ejeção (FE) acima de 50%. Como não é causada por alterações na contratilidade miocárdica, o que caracteriza a disfunção diastólica é a falta de complacência, a redução no relaxamento e distensibilidade do músculo cardíaco, fazendo com que haja resistência no enchimento do ventricular (CARVALHO FILHO; SOUZA; FIGUEIRA, 1998; MESQUITA et al., 2004).

O coração pode ainda apresentar insuficiência cardíaca direita (ICD) ou esquerda (ICE) separadamente, ou seja, um lado pode entrar em insuficiência antes do outro. Porém, como órgão único e pertencendo a um circuito fechado, a permanência da ICD ou ICE acarretará em uma insuficiência total ou global resultante da falência unilateral gerando uma sobrecarga e afetando o lado contrário (RIZZIOLI, 2007).

2.3 Métodos de Diagnóstico por Imagem

O diagnóstico da IC é clínico quando a doença se apresenta na forma sintomática (LESSA, 2001), entretanto, os métodos de imagem disponíveis podem auxiliar na determinação da melhor abordagem sobre a patologia, assim como a origem, o tipo e extensão da mesma (RIZZIOLLI, 2007).

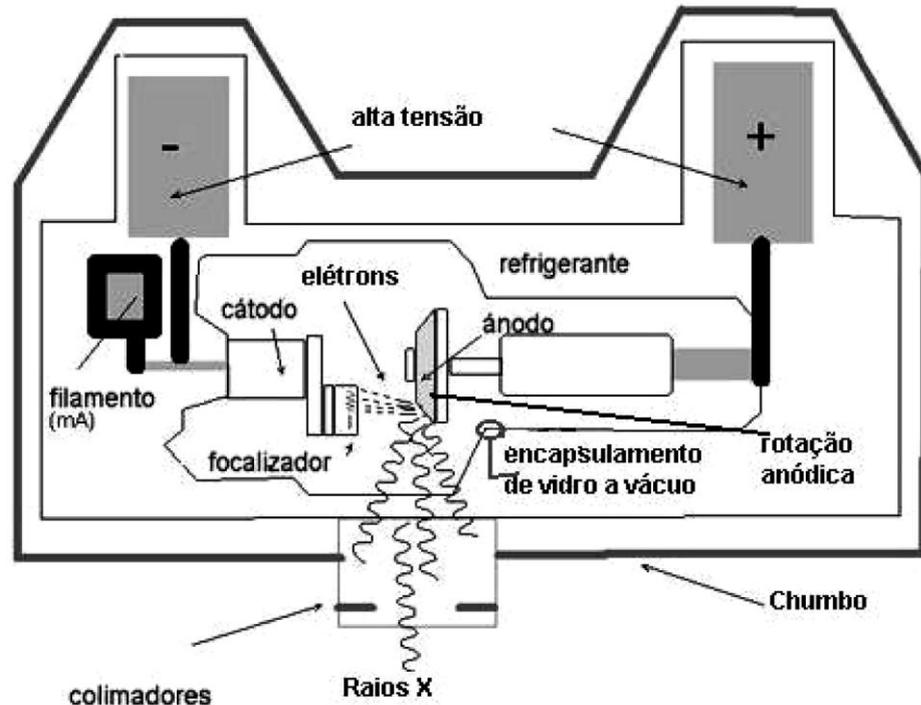
A partir da descoberta dos raios X, diversas formas de imagem foram desenvolvidas para o estudo do corpo, em aspectos funcionais e anatômicos (GALVÃO, 2009). A seguir serão descritas as principais formas não invasivas de diagnóstico por imagem na IC.

2.3.1 Raios X

Desde a descoberta feita pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen, os raios X têm sido amplamente utilizados como método de imagem no auxílio diagnóstico de diversas patologias (GALVÃO, 2009).

A produção acontece dentro do tubo de raios X (Figura 3). Esse tubo é constituído por uma ampola de vidro com seu interior a vácuo, dentro da ampola encontram-se filamentos de tungstênio na extremidade catódica (-) e um alvo, também de tungstênio, na extremidade anódica (+). Geralmente, usa-se o tungstênio por conter elevado número atômico e um alto ponto de fusão, isso faz com que o material seja mais eficiente na produção dos raios X e resistente ao calor gerado durante esse processo. Envolvendo a ampola encontra-se o óleo que tem a função de auxiliar na dissipação do calor gerado na produção dos raios X, além de revestida por chumbo. Essa blindagem de chumbo é necessária para barrar a radiação de fuga, porém, existe uma janela onde apenas os feixes que são emitidos em sua direção passam e são usados para a formação da imagem (ROS, 2000; CANEVARO, 2009).

Figura 3. Esquema dos elementos de um tubo de raios X



Fonte: Canevaro, 2009

Para que ocorra a produção dos raios X é necessária uma corrente elétrica que passe por um dos filamentos (cátodo), aquecendo-o e liberando elétrons através da emissão termoiônica. Os elétrons são acelerados em direção ao alvo (ânodo) por uma diferença de potencial e atingem uma região do alvo denominada de ponto focal, que está relacionado ao tamanho do filamento de tungstênio. Quando os elétrons se chocam contra o alvo, ocorre a produção de raios X (1%) e calor (99%) (ROS, 2000; CANEVARO, 2009).

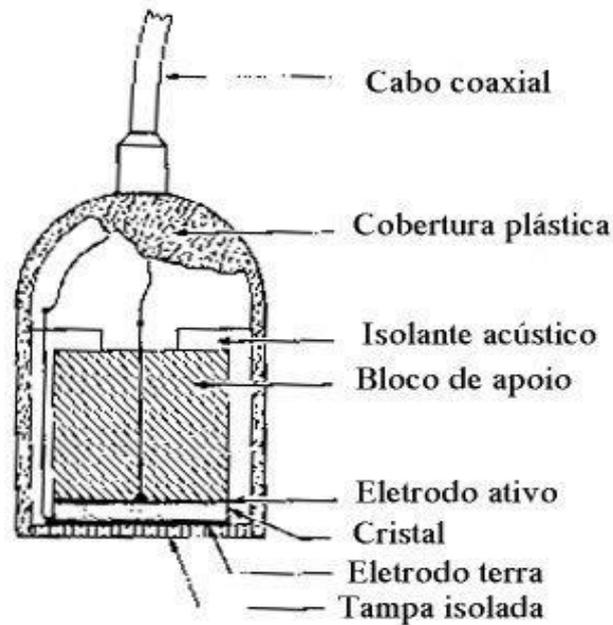
2.3.2 Ecocardiografia

O desenvolvimento de equipamentos, técnicas e modalidades ultrassonográficas com suas diversas aplicações representam grande ganho para a área da medicina diagnóstica (GALVÃO, 2009).

A técnica do ultrassom baseia-se no uso de ondas sonoras com frequência acima daquela audível pelo ser humano, o que representa um valor de 20 KHz, porém, a frequência utilizada na realização dos exames de imagem está entre 1 e 10 MHz. Como responsável pela geração das ondas ultrassônicas, o transdutor é constituído por material piezoelétrico (que

sofrem deformações mecânicas quando submetidos a uma excitação elétrica), suporte plástico para proteção, uma camada especial que protegerá o material piezoelétrico e permitirá um acoplamento acústico, e um cabo para a conexão com o equipamento (Figura 7) (BISCEGLI, 2004; PEIXOTO et. al., 2010).

Figura 4. Esquema representativo de um transdutor



Fonte: Rezende

A imagem acontece da seguinte forma: o transdutor gera o ultrassom (energia mecânica) a partir da excitação e deformação do material piezoelétrico, essas ondas sonoras interagem com o tecido e são refletidas, de acordo com o meio de interação, em forma de eco. Os ecos (energia mecânica) são recebidos pelo próprio transdutor que vai converter essa forma de energia recebida em energia elétrica, onde o sinal será processado, armazenado e, então, visualizado (PEIXOTO et. al., 2010).

As faixas de frequência dos transdutores para estudo cardíaco devem ser de 2 a 2,5 MHz (baixa frequência) e de 3,5 MHz (alta frequência), sendo 2 transdutores setoriais de baixa e um de alta frequência, ou um transdutor multifrequencial (SILVA, 2004).

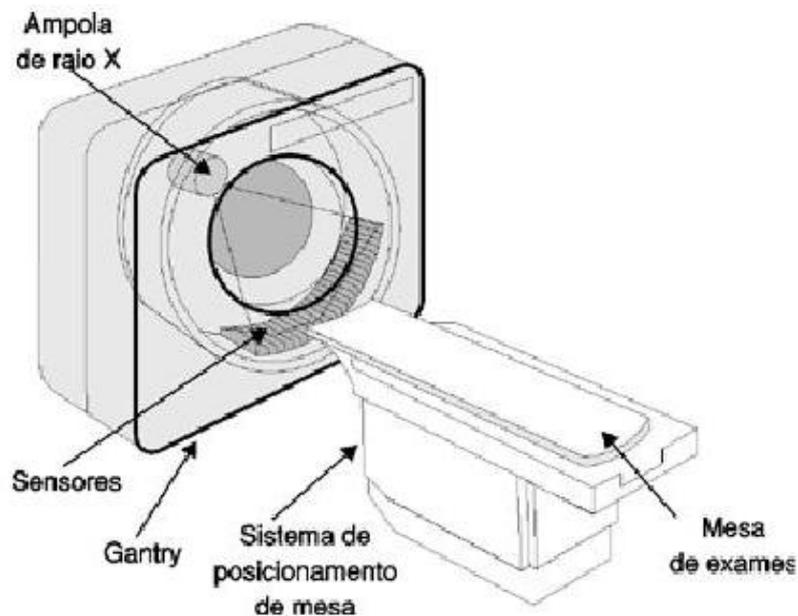
2.3.3 Tomografia Computadorizada

Tomografia Computadorizada (TC) baseia-se no uso dos raios X para a aquisição de imagens seccionais de regiões do corpo (CARLOS, 2002).

Os principais componentes do tomógrafo (Figura 9), segundo Silva e Marquezi (2007), são:

- Gantry: possui forma circular, contendo em seu interior o tubo de raios X, detectores e laser de posicionamento. Pode ser angulado de acordo com a necessidade do exame.
- Mesa: onde ocorrerá o posicionamento do paciente. Movimenta-se para cima e para baixo permitindo o ajuste de altura, e, realiza movimentos horizontais em relação ao gantry durante a execução do exame.
- Workstation ou estação de trabalho: onde se localiza o computador podendo executar diversos comandos em relação ao aparelho além da visualização/interpretação das imagens.

Figura 5. Componentes do tomógrafo



Fonte: Silva, 2009

A aquisição da imagem em TC se dá através da emissão de feixes de raios X. O tubo de raios X em conjunto com os detectores gira em torno do paciente simultaneamente ao movimento da mesa (em tomógrafos helicoidais ou multislice) liberando feixes de radiação

que, ao atravessar o paciente, sofrem atenuação de acordo com as estruturas corporais sensibilizando os detectores paralelos ao tubo. A energia residual dos raios X incidida sobre os detectores são transformadas em sinais elétricos, estes, por sua vez, são transmitidos a um dispositivo eletrônico que e convertidos através de algoritmos específicos em sinais digitais para a formação da imagem (CARLOS, 2002).

De acordo com Carlos (2002), uma imagem digital é construída após múltiplas projeções ao longo da região a ser estudada, sendo que a imagem digital formada pela matriz é obtida em tons de cinza que são apresentados pelos pixels (elementos da imagem) dependendo do grau de densidade dos tecidos. Cada estrutura anatômica apresenta densidade radiológica diferente que são representadas pela escala de Hounsfield em tons de cinza de acordo com valores atribuídos a essas diferentes densidades.

O coeficiente de atenuação expresso em unidades Hounsfield (HU) usado como referência de calibração é o que está relacionado à água, a qual é atribuído o valo 0 (zero). Qualquer estrutura anatômica com densidade radiológica superior a da água será atribuído um valor positivo, enquanto se a densidade for inferior será atribuído um valor negativo (Tabela 1). Por exemplo, ao ar atribui-se o valor -1000 e ao osso, mais denso, o valor 1000 (SILVA; MARQUEZI, 2007).

Tabela 1. Unidades Hounsfield

TECIDO	UNIDADE HOUNSFIELD	IMAGEM NO FILME
Ar	-1.000	Preto
Pulmões	-900 a -400	
Gordura	-110 a -65	Cinza escuro
Água	0	Cinza médio (água e partes moles)
Rins	30	
Sangue normal	35 a 55	
Sangue coagulado	80	
Músculos	40 a 60	
Fígado	50 a 60	Branca
Osso	130 a 250	
Osso denso	1.000 a 2.000	

Fonte: Silva; Marquezi, 2007, Câmara, 2012

As estruturas anatômicas que aparecem na imagem podem ser descritas de acordo com os tons de cinza atribuídos a cada área como hipodensa (menor densidade – mais escura), isodensa (densidade padrão – cinza) e hiperdensa (maior densidade – mais clara, branca) (SILVA; MARQUEZI, 2007).

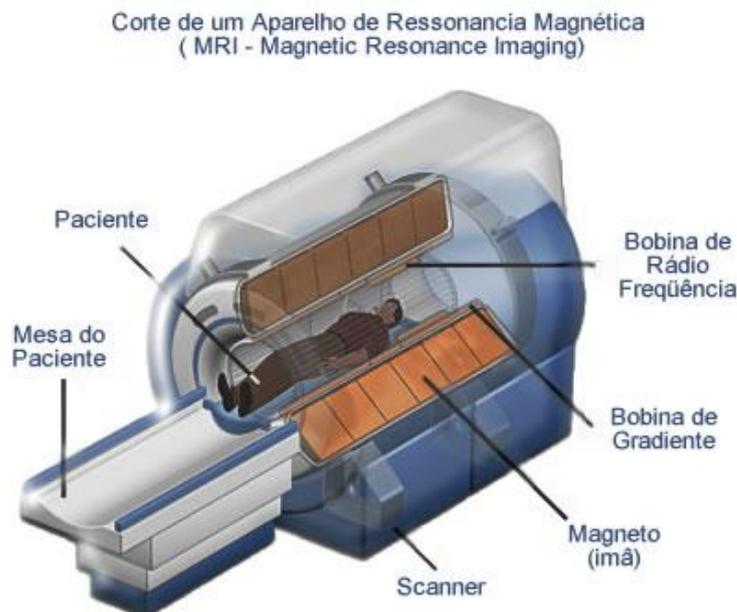
A tomografia que antes tinha aplicação preferencial na avaliação de órgãos estáticos, hoje, graças aos avanços tecnológicos, permite avaliar as estruturas cardiovasculares (GALVÃO, 2009).

2.3.4 Ressonância Magnética

A Imagem por Ressonância Magnética (IRM) é um método que se beneficia da grande quantidade de hidrogênio decorrente das moléculas de água no corpo humano para a formação da imagem, usando o núcleo do átomo para tal (ROCHITTE, 2006).

O equipamento é composto por um magneto que proporciona um campo magnético estável e homogêneo, bobinas (gradiente, radiofrequência e reforço), como mostra a Figura 11, e computador para o controle do aparelho e a geração de imagens. A formação de imagem acontece através da aplicação de ondas de radiofrequência que atuarão no núcleo dos átomos de hidrogênio (ROCHITTE, 2006).

Figura 6. Componentes de um aparelho de Ressonância Magnética



Quando o paciente é submetido ao campo magnético gerado pelo magneto, os núcleos dos átomos de hidrogênio presentes no corpo sofrem alinhamento com esse campo entrando em precessão. Um pulso de radiofrequência é aplicado fazendo com que o vetor de magnetização seja deslocado a certo ângulo. Ao interromper o pulso o vetor entra em precessão e sofre o que é chamado de relaxação, retornando à posição inicial enquanto libera a energia adquirida em forma de radiofrequência, esta, por sua vez, é captada por uma bobina ou antena receptora e convertida em imagem no computador. Essas imagens podem ser apresentadas como imagens estáticas, dinâmicas ou reconstruções multiplanares (ROCHITTE, 2006).

2.3.5 Medicina Nuclear

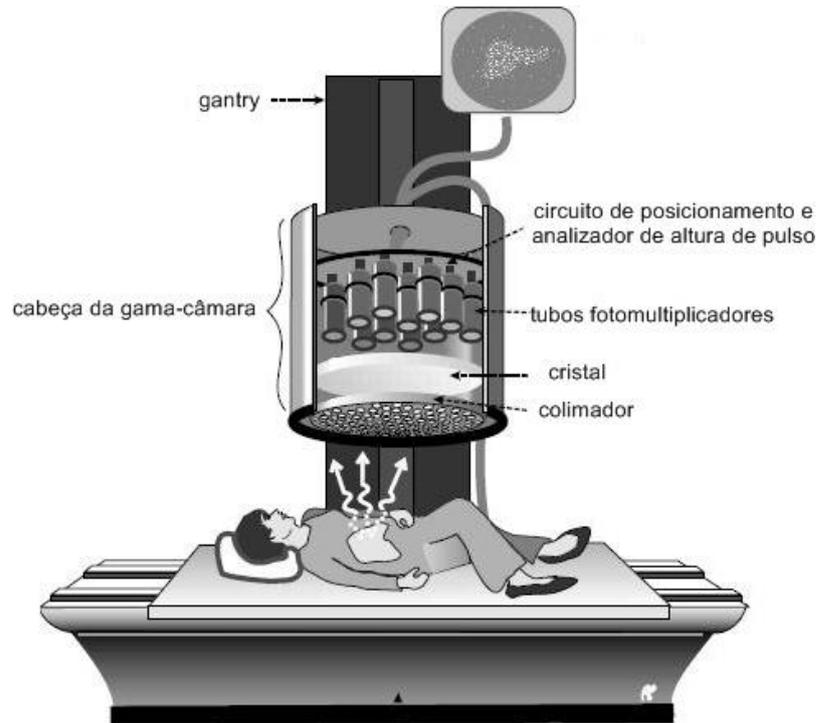
A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que utiliza fontes abertas de radiação tanto para realizar exame diagnóstico quanto para terapia (BARBOZA, 2009). É um método de imagens não invasivo e indolor que oferece informações sobre a morfologia e fisiologia do órgão a ser estudado, entretanto, é pobre em detalhes anatômicos se comparado a outros métodos de imagem (OLIVEIRA et al., 2006). Apesar da falta de detalhes, permite detectar doenças precocemente, antes que se apresentem as alterações anatômicas (ROBILOTTA, 2006).

Substâncias radioativas são administradas via endovenosa no paciente, onde a radiação é emitida pelo do órgão ou tecido captante desse material previamente administrado, gerando imagens de sua distribuição de acordo com a perfusão, ou seja, de acordo com o fluxo sanguíneo (OLIVEIRA et. al., 2006).

Para a formação da imagem, a radiação emitida é detectada através da gama-câmara - ou câmara de cintilação - que é composta por colimador, cristal e fotomultiplicadoras. O colimador que fica posicionado em frente ao cristal é responsável por definir o campo de visão do cristal, sendo assim, ele permite a passagem dos fótons paralelos e barra os fótons espalhados, garantindo a direção dos fótons que o atingem. Quando os fótons atingem o cristal, este converte a energia da radiação oriunda do paciente em fótons de luz visível que são captados pelas fotomultiplicadoras. Acopladas atrás do cristal, as fotomultiplicadoras convertem os fótons de luz em pulsos elétricos, estes, por sua vez, são amplificados, passando a se chamar pulso Z. A energia dos pulsos vai dizer se serão aceitos ou discriminados para a

formação da imagem (THRALL; ZIESSMAN, 2003a). A Figura 13 ilustra os componentes da gama-câmara.

Figura 7. Componentes da gama-câmara

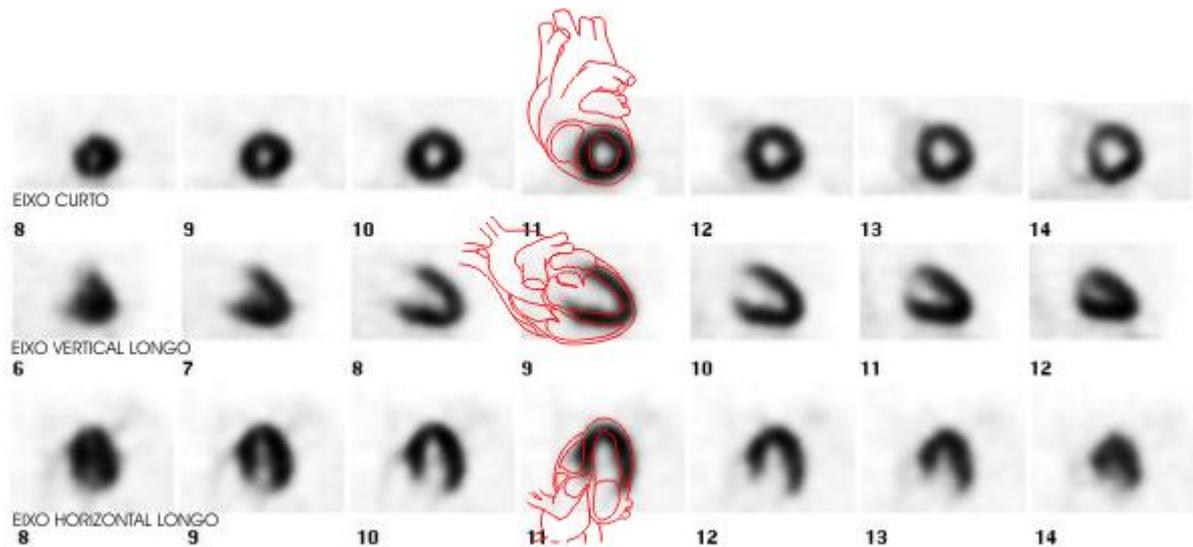


Fonte: Powsner; Powsner, 2006

A Medicina Nuclear (MN) é uma importante ferramenta na tomada de decisões sobre a revascularização do miocárdio, pois é um método de imagem bastante útil que permite a avaliação da função ventricular, áreas de necrose, viabilidade miocárdica, isquemias (GALVÃO, 2009).

A cintilografia miocárdica pode indicar músculo cardíaco viável através do uso do tálio-201 quando há a integridade da membrana celular (LIMA; FONSECA, 2010). Usados também para imagens de perfusão do miocárdio (Figura 14) estão os agentes tecnecios como o Tecnécio-99m-sestamibi e o Tecnécio-99m-tetrofosmim (THRALL; ZIESSMAN, 2003c).

Figura 8. Cintilografia de perfusão do miocárdio



Fonte: NucearMed

As técnicas de tomografia por emissão como a Tomografia por Emissão de Fóton Único (SPECT) e a Tomografia por Emissão de Pósitron (PET), são especialidades dentro da MN que permitem a reconstrução a partir de cortes tomográficos obtidos de diversas projeções (ROBILOTTA, 2006). O sistema tomográfico permite uma melhor avaliação da distribuição da radioatividade no paciente, além de oferecer uma definição melhor nos detalhes da imagem (THRALL; ZIESSMAN, 2003b).

O sistema SPECT detecta eventos individualizados e utiliza como forma mais comum a gama-câmara de uma ou duas cabeças. As cabeças são dispostas no gantry a partir de engrenagens que permitirão sua rotação, o que por sua vez, torna possível a realização da tomografia transaxial. Para as imagens cardíacas, as cabeças ficam dispostas em 90°. Em SPECT, o arco para aquisições de imagens do coração costuma ser o de 180° (THRALL; ZIESSMAN, 2003b).

No exame de PET possui um sistema de detectores projetados para circundar a área a ser estudada, são vários anéis de detectores em que cada um cria uma fatia tomográfica (TRALL; ZIESSMAN, 2003b).

A PET funciona quando ocorre a aniquilação de dois pósitrons, liberando radiação gama a partir de dois fótons com 511keV de energia cada. Os fótons oriundos da aniquilação possuem sentidos opostos em 180°, isso faz com que seja preciso detectores opostos um ao outro de acordo com objeto em estudo para a detecção dos pares de fóton (THRALL; ZIESSMAN, 2003b).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é uma revisão de literatura sobre os métodos de diagnóstico utilizados para a avaliação da insuficiência cardíaca e para isso foram utilizados base de dados como o Scielo, artigos científicos, livros e revistas eletrônicas; para sua realização.

O período de revisão utilizado foram as publicações dos últimos 15 anos.

As palavras utilizadas foram: Coração. Ecocardiografia. Insuficiência Cardíaca.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os métodos de exame para avaliação da IC, encontram-se: os Raios X, o Ecocardiograma, a Tomografia Computadorizada, a Ressonância Magnética e a Medicina Nuclear.

A avaliação da trama pulmonar e silhueta cardíaca através da radiografia de tórax é um método vantajoso, pois é amplamente disponível, seguro, barato e pode ser usado para fazer o acompanhamento de pacientes cardiológicos (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

As desvantagens da radiografia de tórax, além do uso da radiação, é que depende da gravidade do quadro, ou seja, a identificação do problema acontece de forma relativamente tardia, quando é possível visualizar alterações na anatomia (BOCCHI, 2009).

A importância dos raios X na IC está nos sinais que podem ser revelados na radiografia de tórax através da análise da silhueta cardíaca e trama pulmonar, sendo a primeira opção de exame de imagem em pacientes com doenças cardiológicas (SOUZA JUNIOR et al. 2007). Desta forma é possível sugerir a etiologia da IC, assim como identificar a presença de calcificação em região de valva cardíaca ou pericárdio (BOCCHI, 2009).

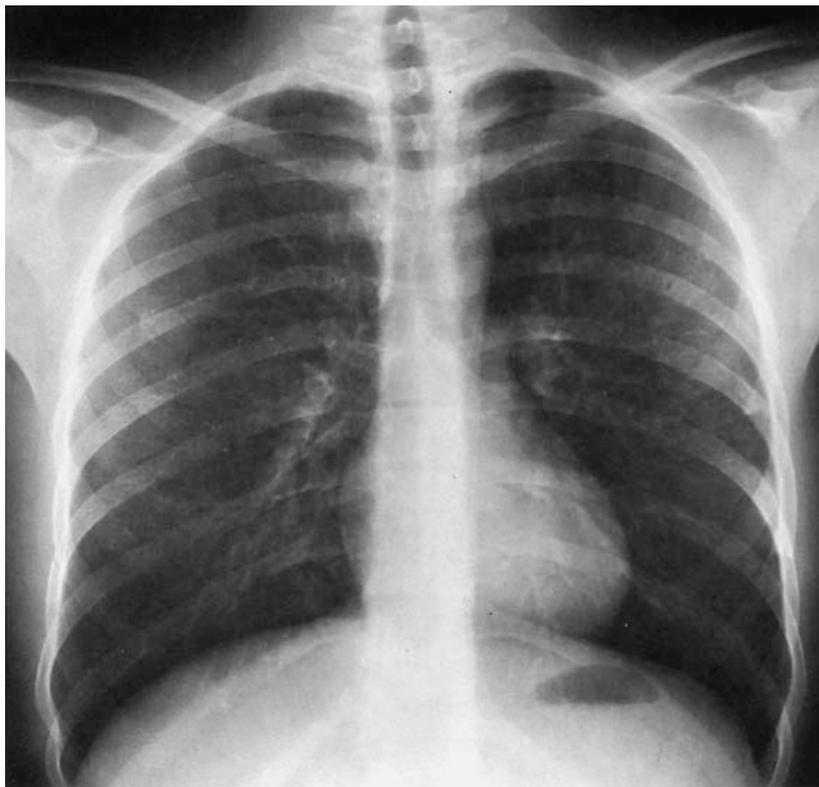
Apesar de ter sua importância diminuída por conta de novos exames radiológicos não invasivos (ultrassom+Doppler; tomografia; ressonância), a radiografia simples ainda é bem aceita no meio diagnóstico por fornecer muitas informações, tanto anatômicas quanto fisiológicas. As incidências mais comuns usadas na radiografia de tórax são as incidências postero-anterior (PA) e perfil (P) (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

Existem alguns achados que podem constar nas radiografias de tórax como, por exemplo, a cardiomegalia e sinais de congestão pulmonar. Esses dois achados são

características de disfunção ventricular, elevação das pressões de enchimento ou ambas, e estão associados à IC crônica (BOCCHI, 2009). O aumento de uma ou mais câmaras permite visualizar radiograficamente a alteração no contorno da silhueta cardíaca (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

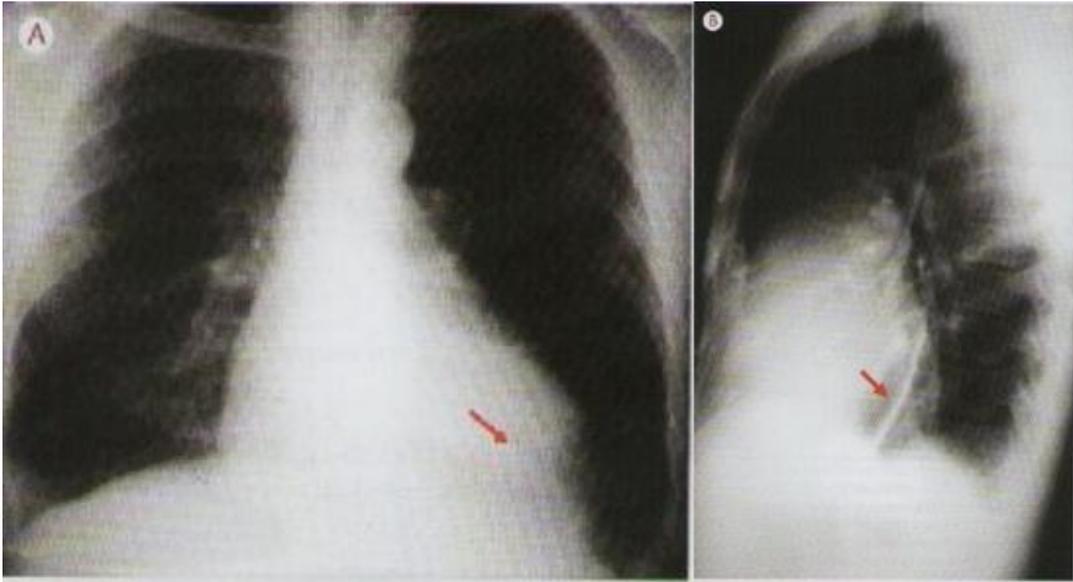
As imagens a seguir mostram a radiografia normal de tórax em PA de uma pessoa adulta (Figura 4) e uma radiografia demonstrando o aumento do ventrículo esquerdo (Figura 5) com crescimento para esquerda e para baixo, e posterior (SOUZA JUNIOR et al., 2007).

Figura 9. Tórax adulto normal



Fonte: Sempere Durá, 2009

Figura 10. Aumento de ventrículo esquerdo (PA+P)



Fonte: Souza Junior et al. 2007

O edema agudo de pulmão pode aparecer na radiografia de tórax, pois é secundário à IC. Geralmente ocorre em pacientes com comprometimento diastólico onde há uma diminuição da complacência ventricular e aumento das pressões de enchimento. Isso faz com que a pressão nos capilares pulmonares se eleve, causando aumento de líquido em espaço intersticial e alveolar, o que caracteriza o edema pulmonar (Figura 6). É esse acúmulo de líquido que causa os sintomas de falta de ar (dispnéia) súbita e intensa, mesmo com o paciente em repouso (BOCCHI, 2005)

Figura 11. Edema Pulmonar



Fonte: Marquetti, 2012

Contudo, a cardiomegalia pode não estar associada ao edema pulmonar, isso se dá devido aos mecanismos adaptativos que fazem com que haja acomodação ao aumento de volemia, podendo evitar o edema agudo de pulmão na IC crônica (BOCCHI, 2005).

As alterações radiológicas dependem da gravidade da disfunção e duração da mesma, sendo assim, a ausência de cardiomegalia nos exames radiológicos pode estar relacionada à presença de IC aguda ou diastólica (BOCCHI, 2009).

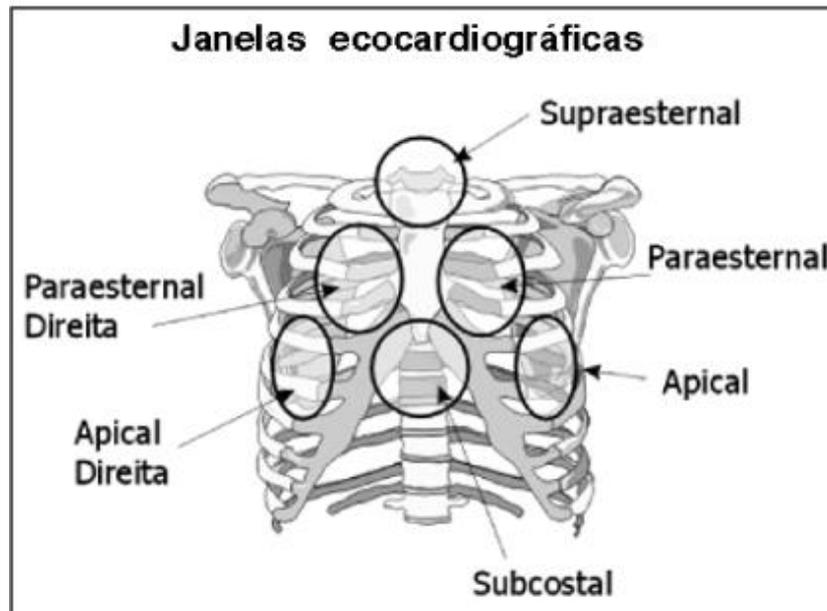
No caso do ultrassom, pode-se destacar como vantagens a rapidez na realização do exame, os dados tanto anatômicos (eco bidimensional) quanto funcionais (Doppler) fornecidos, o fato de não utilizar radiação ionizante para a formação da imagem, oferece maiores detalhes comparado à radiografia, possuir alta sensibilidade diagnóstica, aparelho portátil possibilitando seu transporte para realização de exames em leito, indolor. Constatam-se também as desvantagens de ter ossos, contraste, a geração de artefatos como fatores que dificultam a visualização adequada, interferindo no diagnóstico. Uma janela acústica inadequada ou limitada também pode prejudicar o resultado do exame (GALVÃO, 2009; PEIXOTO et. al., 2010).

O uso do ultrassom para estudos ecocardiográficos tem aumentado significativamente nos últimos 20 anos, considerando ser um método bastante útil na avaliação de aspectos estruturais e funcionais de modo completo e abrangente do coração e suas estruturas, como a movimentação das valvas cardíacas, das câmaras, além do tamanho e espessura das paredes (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

Na ecocardiografia existem diversas modalidades que permitem o estudo do coração, sendo que o exame fica incompleto e pode prejudicar o resultado do mesmo por falta de dados caso uma das modalidades não seja utilizada. O estudo ecocardiográfico deve ser realizado nos seguintes modos: bidimensional, Doppler pulsátil, Doppler contínuo, mapeamento de fluxo em cores e modo M, sendo o último obrigatório (SILVA, 2004).

A principal via para a realização do exame ecocardiográfico é a transtorácica (ETT), sendo a transesofágica (ETE) de uso complementar à anterior, mais usado especificamente quando há dificuldades na realização do exame pela via transtorácica devido a uma janela acústica limitada. O ETE é um excelente método para avaliações das válvulas cardíacas (próteses), de existência de trombo atrial intracardíaco e avaliação de cardiopatia congênita (BOCCHI et. al. 2009; CAMPOS FILHO; ZIELINSKY ORTIZ, 2004). A Figura 8 demonstra as janelas ecocardiográficas do exame transtorácico.

Figura 12. Janelas ecocardiográficas



Fonte: Silva, 2004.

A cardiopatia isquêmica é uma das etiologias da IC descompensada que pode ser identificada através do exame ecocardiográfico, além de arritmia e sobrecargas nas cavidades cardíacas. No modo Doppler é possível identificar a forma da IC presente, podendo ser de disfunção sistólica e/ou diastólica, identificar quais as câmaras afetadas, alterações na contratilidade, sendo possível também a avaliação de miocardiopatias hipertróficas ou com dilatação das cavidades (BOCCHI, 2005; CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

A ecocardiografia também pode ser usada como método de análise da viabilidade miocárdica através do ecocardiograma com dobutamina (estresse farmacológico) e com contraste a base de microbolhas, sendo fundamental na decisão sobre qual paciente pode se beneficiar de uma revascularização miocárdica (CAMPOS FILHO; ZIELINSKY; ORTIZ, 2004; FERNANDES et. al. 2011).

Apesar de ser um excelente método para avaliação da IC, a ecocardiografia tem como desvantagem o fato de que não deve ser feita para acompanhamento de pacientes estáveis, depois de identificadas as alterações possíveis, faz-se o uso para remanejamento terapêutico de pacientes que apresentam piora clínica (BOCCHI et. al., 2012).

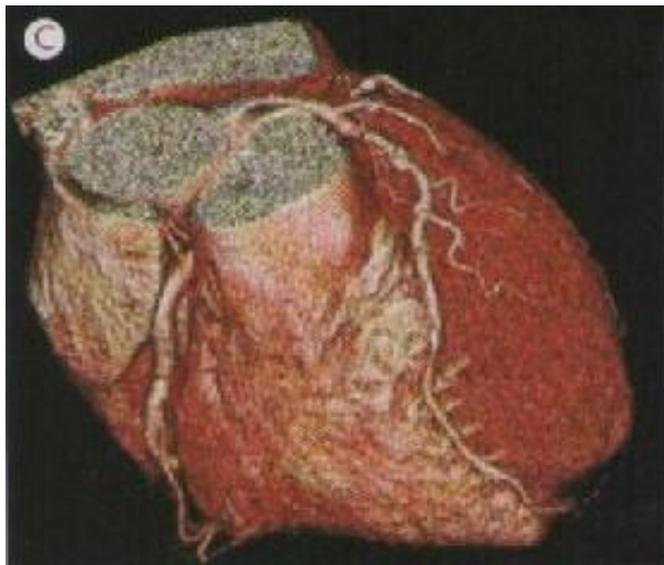
No caso da tomografia, a vantagem da técnica é que não necessita de sedação, porém, possui a desvantagem do uso da radiação e do contraste (SOUZA JUNIOR et. al., 2007).

Como método não invasivo alternativo ao cateterismo, a TC é principalmente utilizada na avaliação das artérias coronarianas na busca de obstruções significativas em casos de

suspeita de doença arterial coronariana (DAC) quando a etiologia da disfunção ventricular na IC crônica é desconhecida (BOCCHI et. al., 2009).

Hoje, os equipamentos de TC permitem que o coração seja avaliado, apesar dos movimentos, com a alta rotação do tubo de raios X e o maior número de fileiras de detectores, contando ainda com a sincronização cardíaca à aquisição de imagens através de eletrocardiograma e a possibilidade de se fazer reconstruções bi ou tridimensionais, como mostra a Figura 10 (SOUZA JUNIOR et. al., 2007).

Figura 13. Reconstrução do coração em 3D



Fonte: Souza Junior et. al. 2007

A técnica atual de Tomografia Computadorizada Cardíaca (TCC) possibilita: a avaliação coronária; avaliação de trombo intracardíaco ventricular com uma precisão superior ao exame ecocardiográfico; trombo intracardíaco atrial com precisão próxima a do exame ecocardiográfico e ainda avaliação do pericárdio.

Com relação às vantagens da RM pode-se citar o uso das ondas de radiofrequência para a obtenção das imagens ao invés de radiação ionizante, aquisição das imagens em múltiplos planos com melhor visualização da anatomia, a diferenciação de tecidos comparada a outros métodos de imagem como TC e RX. Nas desvantagens entram os artefatos de movimento (compensados com técnica), pacientes com marca-passos, grampos ferromagnéticos em aneurismas intracranianos, fragmentos metálicos, claustrofobia, o tempo de exame que é maior se comparado a TC, assim como o custo também é mais alto (JUHL; KUHLMAN, 2010).

A RM apresenta diversas vantagens, assim como traz consigo algumas desvantagens. Um exemplo disso é que, mesmo que apresente um maior conteúdo de informações em muitos estudos comparados a ecocardiografia, seja bidimensional ou Doppler, possui um uso limitado por questão de logística e disponibilidade. Sendo assim, a RM é um exame auxiliar à ecocardiografia no estudo cardíaco (CRUMMY; MCDERMOTT, BARON, 2010).

A RM com aplicação na cardiologia permite hoje o estudo do coração em vários aspectos, obtendo dados que antes eram obtidos através de múltiplos exames como, por exemplo, o cateterismo e angiocardiografia. A técnica de RM proporciona uma boa imagem da anatomia do coração, com precisão no delineamento além de uma avaliação da gravidade e tipo de patologia apresentada, podendo determinar a função global e regional do órgão (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

A distinção das estruturas do coração como suas câmaras, os grandes vasos e até mesmo o pericárdio é possível porque cada tecido emite sinais em intensidades diferentes, o que possibilita uma visualização detalhada de cada estrutura (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

O exame de RM permite o estudo de parâmetros fisiológicos, tais como calcular o volume sistólico e a fração de ejeção (FE) através da técnica de compensação cardíaca (eletrocardiograma) que faz com que os dados de imagem sejam colhidos na mesma fase do ciclo cardíaco, obtendo-se imagens mais nítidas do coração que se encontra em constante movimento (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

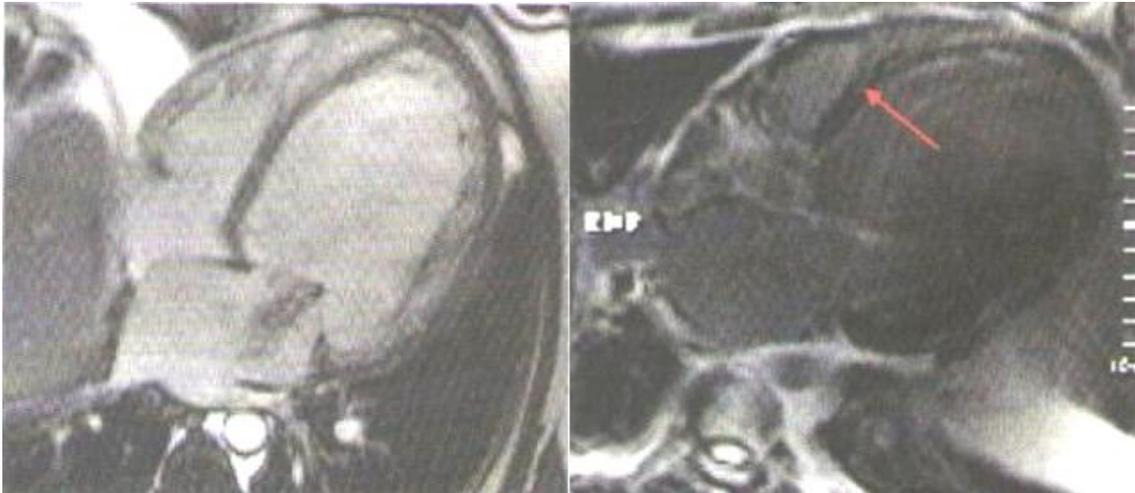
De acordo com Crummy, McDermott e Baron (2010), a tortuosidade e o pequeno tamanho das artérias coronárias tornam difícil sua visualização através da RM, mesmo com o uso da compensação cardíaca. Essas características coronárias fazem com que apenas os segmentos proximais das artérias possam ser delineados, não sendo um método apropriado para se fazer distinção entre estenoses, oclusões ou irregularidades nas paredes dos vasos.

Apesar de não ser o método mais apropriado para estudo de coronariopatias devido as suas limitações, a RM é útil para identificar seus efeitos como a hipocontratibilidade de uma área infartada, onde o vaso pode ser identificado de acordo com o segmento afetado. Também é possível avaliar a perfusão miocárdica usando meios de contraste como o gadolínio-ácido dietilaminopentaacético (Gd-DTPA) identificando um miocárdio morto ou atordoado. (CRUMMY; MCDERMOTT; BARON, 2010).

A principal técnica para avaliar a viabilidade miocárdica é a técnica de realce tardio (Figura 12), que permite dizer a probabilidade de recuperação pós-revascularização de áreas de necrose e/ou fibrose miocárdica. A vantagem dessa técnica é que não exige o estresse

farmacológico nem emprega material radioativo. O estresse farmacológico na RM cardíaca permite dizer se existe ou não a isquemia associada à disfunção ventricular esquerda na miocardiopatia dilatada (BOCCHI et. al., 2009).

Figura 14. Ressonância Magnética Cardíaca – realce tardio



Fonte: Souza Junior et. al., 2007

A reprodutibilidade e a precisão da RM cardíaca são excelentes, pode ser usada na quantificação de volume, massa e função dos ventrículos direito e esquerdo (BOCCHI et. al., 2009). Na avaliação da IC, a RM é mais um método adjuvante para avaliar a anatomia e função do coração na IC descompensada, seja na forma sistólica ou diastólica (BOCCHI et. al., 2005).

A MN é um método não-invasivo capaz de detectar alterações funcionais antes que ocorra a alteração anatômica, possui boa acurácia na avaliação funcional e metabólica. Os exames cardíacos correspondem a 40% no serviço (THRALL; ZIESSMAN, 2003a; ROBILOTTA, 2006).

O uso da tecnologia avançada faz com que os exames de MN tenham um custo relativamente alto, além de fazer uso de substâncias radioativas que podem ser prejudiciais, principalmente em relação aos profissionais que realizam os procedimentos, pois estes estão diariamente se expondo às tais substâncias. Porém, os riscos diminuem consideravelmente quando os devidos cuidados são tomados em relação à proteção radiológica. Os pacientes que se submetem ao exame de MN recebem uma dose de radiação muito baixa (GALVÃO, 2009).

Comparando as técnicas PET e SPECT, a sensibilidade e resolução da técnica de SPECT são piores, porém, o custo em relação à imagem PET é maior que a SPECT. A disponibilidade da PET é mais baixa se comparada à SPECT. Muitas vezes o exame de PET é

prejudicado, pois a meia-vida dos radionuclídeos (flúor-18, rubídio-82, amônia-13) utilizados nesse tipo de exame é muito curta, sendo necessário ter um ciclotron disponível na unidade. Já o exame de SPECT, aplicável na maioria dos procedimentos, tem maior disponibilidade e é mais econômico, geralmente utilizando tálio-201 e fármacos ligados ao tecnécio-99m, mais convencionais (THRALL; ZIESSMAN, 2003; ROBILOTTA, 2006).

A contribuição da técnica de SPECT na IC se dá de duas formas fundamentais. Uma é a avaliação da perfusão miocárdica, outra é a avaliação ventricular, tendo a última duas opções mais utilizadas, e são elas: SPECT sincronizado ao ECG, também conhecido com gated-SPECT, e como método mais preciso e considerado um dos padrões de referência, a ventriculografia radioisotópica utilizada na avaliação funcional de ambos os ventrículos. Oferecendo informações prognósticas, a cintilografia de perfusão miocárdica é bastante utilizada no diagnóstico de doença arterial coronariana (DAC), onde é possível obter dados de isquemia e viabilidade miocárdica (BOCCHI et. al., 2009).

No exame de PET, o radionuclídeo emissor de pósitron mais utilizado é o flúor-18 (^{18}F), produzido por ciclotron, é ligado à fluordeoxiglicose (FDG), possui meia-vida ($T_{1/2}$) aproximadamente de 2 horas e sua semelhança com a glicose faz com que a FDG seja consumida pelas células ativas indicando a função metabólica do tecido (ROBILOTTA, 2006). Segundo Bocchi et. al. (2009), a PET com ^{18}F FDG é considerada uma das técnicas de referência para a avaliação da viabilidade miocárdica. A avaliação de isquemia com rubídio (^{82}Rb) ou amônia (^{13}N) demonstra alta sensibilidade durante o estresse farmacológico

De acordo com BOCCHI (2009), os exames de TC, RM, MN e Ecocardiografia em estresse são complementares ao exame ecocardiográfico.

5 CONCLUSÃO

Dentre os métodos de diagnóstico por imagem utilizados na IC, destaca-se o ecocardiograma. Este método permite avaliar de forma eficiente e completa o coração, fornecendo dados anatômicos e funcionais, apesar de algumas limitações. Sendo um método barato, seguro e amplamente disponível, tem sua aplicação facilitada quando comparado aos outros métodos.

Os métodos de diagnóstico por imagem avaliados demonstram grande importância na decisão do melhor tratamento a ser aplicado a cada caso, entretanto, a TC, RM, MN e Ecocardiografia em estresse são métodos utilizados como complementares ao exame ecocardiográfico.

REFERÊNCIAS

- BARBOZA, A. **Gestão de rejeitos radioativos em serviços de medicina nuclear**. 2009. 79 f. Tese (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-16062009-180157/pt-br.php>> Acesso em: 11 abr, 2013
- BARRETTO, A. C. P.; RAMIRES, J. A. F. Insuficiência cardíaca. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 71, n. 4, out. 1998 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X1998001000014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 mai, 2013.
- BARRETTO, A. C. P. et al. Insuficiência cardíaca em grande hospital terciário de São Paulo. **Arq. Bras. Cardiol.** São Paulo, v. 71, n. 1, jul. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X1998000700004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 abr, 2013
- BISCEGLI, C. I. **Conceitos da física do ultra-som**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, USP, 2004. 18 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/28799/1/DOC082003.pdf>>. Acesso em: 30 set, 2013
- BOCCHI, E. A. et. al. I Diretriz latino-americana para avaliação e conduta na insuficiência cardíaca descompensada. **Arq. Bras. Cardiol.** v. 85, n. 3, 1-48 p., 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abc/v85s3/a01v85s3.pdf>>. Acesso em: 17 set, 2013.
- BOCCHI, E. A. et. al. III Diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica, 2009. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 93, n. 1, 1-71 p., 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abc/v93n1s1/abc93_1s1.pdf>. Acesso em: 02 set, 2013.
- BOCCHI, E. A. et al. Atualização da diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica - 2012. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 98, n. 1, 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2012000700001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 abr, 2013.
- CÂMARA, B. **Imaginologia parte II – Tomografia Computadorizada. Biomedicina Padrão**, 2012. Disponível em: < <http://www.biomedicinapadrao.com/2012/11/imagenologia-parte-ii-tomografia.html> >. Acesso em: 18 nov, 2013.
- CAMPOS FILHO, O.; ZIELINSKY, P.; ORTIZ, J. Diretriz para indicações e utilização da ecocardiografia na prática clínica. **Arq. Bras. Cardiol.**, v 82, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2004/DiretrizEcocardio2.pdf>>. Acesso em: 30 set, 2013.
- CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. **Rev. Bras. Fis. Med.**, v. 3, n. 1, 2009. Disponível em: <http://www.abfm.org.br/rbfm/publicado/RBFM_v3n1_101-15.pdf>. Acesso em: 02 set, 2013.

- CARLOS, M. T. Tomografia computadorizada: formação da imagem e radioproteção. **Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN)**. 2002. Disponível em: <<http://files.comunidades.net/professorsiraqui/APOSTILA.PDF>>. Acesso em: 18 jan, 2014.
- CARVALHO FILHO, E. T. de; SOUZA, R. de; FIGUEIRA, J. L. Insuficiência cardíaca diastólica no idoso. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 70, n. 4, abr. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X1998000400011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02 jul, 2013.
- COELHO, F. A. C. et al . Associação da síndrome metabólica e seus componentes na insuficiência cardíaca encaminhada da atenção primária. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 89, n. 1, jul. 2007 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2007001300008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 jun, 2013.
- CRUMMY, A. B.; MCDERMOTT, J. C; BARON, M. G. O sistema cardiovascular. In: PAUL, L. W.; JUHL, J. H. **Interpretação Radiológica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. Cap. 35, 1015-1071 p.
- DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. Sistema circulatório. In: DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar**. 3. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2007a. Cap. 8, 125-143 p.
- DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. Torax. In: DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar**. 3. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2007b. Cap. 21, 541-596 p.
- DRAKE R. L., MITCHELL A. W. M., Vogl W. **Anatomia para estudantes** Elsevier Brasil, 2005. 1058 p
- FERNANDES, H. et. al. Avaliação da viabilidade miocárdica. **Acta. Med. Port.**, v. 24, n. 4, 989-994 p., 2011. Disponível em: <<http://www.actamedicaportuguesa.com/pdf/2011-24/suplemento-4/989-994.pdf>>. Acesso em: 28 set, 2013.
- GALVÃO, P. B. A. Tecnologia e medicina: imagens médicas e a relação médico-paciente. **Revista Bioética**, Brasília, v.8, n.1, nov. 2009. Disponível em: <http://revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista_bioetica/article/view/267/267>. Acesso em: 31 jul, 2013.
- GUYTON, A.C., HALL, J.E. O músculo cardíaco; O coração como uma bomba. In: GUYTON, A. C., HALL, J. E. **Tratado De Fisiologia Médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. Cap. 9, 86-96 p.
- GUYTON, A.C., HALL, J.E. Excitação rítmica do coração. In: GUYTON, A. C., HALL, J. E. **Tratado De Fisiologia Médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006a. Cap. 10, 116-122 p.
- GUYTON, A.C., HALL, J. E. Insuficiência cardíaca. In: GUYTON, A. C., HALL, J. E. **Tratado De Fisiologia Médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006b. Cap. 22, 258-268 p.

JHUL, J. H., KUHLMAN, J. E. Métodos de exames, técnicas e anatomia do tórax. In: PAUL, L. W.; JUHL, J. H. **Interpretação Radiológica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. Cap. 22, 663-692 p.

LACTOBACILO. **Dietoterapia**. Disponível em:

<<http://www.lactobacilo.com/images/dietoterapia/alzheimer/mri.jpg>>. Acesso em: 20 jan, 2014.

LESSA, I. Epidemiologia da hipertensão arterial sistêmica e da insuficiência cardíaca no Brasil. **Ver. Bras. Hipertens.**, v. 8, n. 4, out. 2001. Disponível em:

<<http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/8-4/epidemiologia.pdf>>. Acesso em 12 abr, 2013

LIMA, R. S. L.; FONSECA, L. M. B. Pesquisa de viabilidade miocárdica. **Radiol Bras**, São Paulo, v. 43, n. 5, out 2010. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842010000500001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 Nov. 2013.

MARQUETTI, P. R. C. **Radiologia Cardíaca**. 2012. Disponível em:

<http://www.hc.ufpr.br/files/radiologia_cardiaca_2012.ppt>. Acesso em: 29 out, 2013

MESQUITA, E. T. et al. Insuficiência cardíaca com função sistólica preservada. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 82, n. 5, mai 2004. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2004000500014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 abr, 2013

NETTER, F. H. **Atlas de Anatomia Humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000

NUCLEARMED. **Áreas de atuação da medicina nuclear**. Disponível em:

<http://jetworks.com.br/clientes/nuclearmed/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=112>. Acesso em: 20 jan, 2014.

OLIVEIRA, R. et al. Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações. **Ver. Bras. Cienc. Farm.**, São Paulo, v. 42, n. 2, jun. 2006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322006000200002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 23 abr, 2013.

PEIXOTO, G. C. X. et. al. Bases físicas da formação da imagem ultrassonográfica. **Acta Vet. Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 15-24, 2010. Disponível em:

<<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/1538/4503>>. Acesso em: 26 set, 2013.

POWSNER, R. A., POWSNER, E. R. Imaging instrumentation. In: POWSNER, R. A.; POWSNER, E. R. **Essential Nuclear Medicine Physics**. 2. ed.: Blackwell Publishing, 2006. Cap 6, 66p.

REZENDE, A. F. **Métodos de imagem**. Disponível em:

<<http://www.nuclear.radiologia.nom.br/bv/pt/carminda/pancreat/capit1.htm>>. Acesso em: 20 jan, 2014.

RIZZIOLLI, S. S. Patologia aplicada à radiologia. In: SAVAREGO, S., DAMAS, K. F. **Bases da Radiologia Convencional**. 2. ed. São Caetano do Sul, SP: Yendis, 2007. Cap 10, 239-264.

ROBILOTTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Rev Panam Salud Publica**, Washington, v. 20, n. 2-3, set. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892006000800010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 abr, 2013.

ROCHITTE, C. E. Diretrizes SBC: ressonância e tomografia cardiovascular (GERT). **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 87, n. 3, set. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abc/v87n3/a35v87n3.pdf>>. Acesso em: 31 out, 2013.

ROS, R. A. **Metodologia de controle de qualidade de equipamentos de raios x (nível diagnóstico) utilizados em calibração de instrumentos**. 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. Disponível em: <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Renato%20Assenci%20Ros_M.pdf>. Acesso em: 02 set, 2013.

SILVA. **Tomografia computadorizada**. 2009. Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/courses/IA369P/2s2009/projects/Silva/html/tomografiaComputadorizada.html>>. Acesso em: 20 jan, 2014.

SEMPERE DURÁ, T. **Atlas de anatomía por la imagen seccional [CD-ROM]**. 1.a ed. Barcelona: Editorial Química Farmaceutica Bayer, S.L; 2009.

SILVA, C. E. S. Diretriz para normatização dos equipamentos e técnicas de exame para realização de exames ecocardiográficos. **Arq. Bras. Cardiol.** v. 82, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2004/DiretrizEcocardio1.pdf>>. Acesso em: 19 set, 2013.

SILVA, P. A., MARQUEZI, S. Tomografia computadorizada. In: SAVAREGO, S., DAMAS, K. F. **Bases da Radiologia Convencional**. 2. Ed. São Caetano do Sul, SP: Yendis, 2007. Cap 11, 265-284.

SOUZA JUNIOR, A. S. et. al. Coração e aorta. In: PRANDO, A., MOREIRA, F. A. **Fundamentos da radiologia e diagnóstico por imagem**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. Cap. 10, 202-245 p.

THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. Detecção da radiação e instrumentação. In: THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. **Medicina Nuclear**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2003a. Cap. 2, 17-33p.

THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. Tomografia por emissão de fóton único e tomografia por emissão de pósitron. In: THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. **Medicina Nuclear**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2003b. Cap. 3, 35-49p.

THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. Sistema cardiovascular. In: THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. **Medicina Nuclear**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2003c. Cap. 5, 68-110p.