

A IMPORTÂNCIA DA ECOCARDIOGRAFIA INTERVENCIONISTA NAS CARDIOPATIAS ESTRUTURAIS

THE IMPORTANCE OF INTERVENTIONAL ECHOCARDIOGRAPHY IN STRUCTURAL CARDIOPATHIES

RESUMO

A Cardiologia vem enfrentando uma série de mudanças na abordagem das cardiopatias estruturais na última década. Com o avanço do tratamento por meio da Cardiologia Intervencionista, novos paradigmas têm sido estabelecidos, sobretudo com criação de comitês médicos para ampla discussão dos casos – os Times de Cardiologia ou “Heart Teams”. Pacientes muito idosos, frágeis e com comorbidades que tornam a cirurgia convencional proibitiva ou de risco muito alto, passaram a ter novas opções além da otimização do tratamento clínico. A ecocardiografia, outrora focada no diagnóstico, tem cada vez mais participado e mesmo atuado de forma ativa nos procedimentos intervencionistas, o que fez surgir uma nova subespecialidade – a Ecocardiografia Intervencionista. Importante desde o momento do diagnóstico e do planejamento da intervenção, a ecocardiografia tem papel de destaque durante o procedimento, possibilitando a visualização dos cateteres e dispositivos de forma simultânea às imagens angiográficas, comprovação imediata do resultado e identificação de eventual complicação. Seu uso é praticamente imperativo em situações de implante de endoprótese valvar aórtica, fechamento de comunicação interatrial ou forame oval e oclusão de apêndice atrial esquerdo. Com a evolução tecnológica dos equipamentos e advento da tecnologia tridimensional, tem sido possível visualizar as estruturas cardíacas de forma antes impossível e muito semelhante à visão do cirurgião cardíaco e, com isso, guiar fechamento de “leaks” periprotéticos e reparos na valva mitral.

Claudio Henrique Fischer^{1,2}
Marcelo Luiz Campos
Vieira^{2,3,4}

1. Universidade Federal de São Paulo – Unifesp, Serviço de Ecocardiografia, São Paulo, SP, Brasil.

2. Serviço de Ecocardiografia do Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil.

3. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – FMUSP, São Paulo, SP, Brasil.

4. Serviço de Ecocardiografia do Instituto do Coração – InCor – FMUSP, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
R. Dr. Renato Paes de Barros, 188 ap.
61. Itaim Bibi – CEP:04530-000. São Paulo, SP
claudihf@einstein.br



Assista a entrevista do Dr. Claudio H. Fischer sobre este artigo.

<https://www.youtube.com/watch?v=eZ7QB1nhJPM&t=23s>

Descritores: Ecocardiografia; Ecocardiografia tridimensional; Cardiologia.

ABSTRACT

In the last decade, cardiologists have faced a series of changes in the approach to structural cardiopathies. With the advances in treatment through Interventional Cardiology, new paradigms have been established, such as the creation of medical committees for wider discussion of cases, known as “Heart Teams”. Very elderly or frail patients, or those with comorbidities that make conventional surgery prohibitive or high risk, now have new alternatives, as well as optimized clinical treatment. Echocardiography, which was previously focused on diagnosis, now plays a major, and even active role in interventional procedures. This has led to the emergence of a new subspecialty – Interventional Echocardiography. From the moment of diagnosis and planning of the intervention, echocardiography plays an important role during the procedure, enabling simultaneous visualization of catheters and devices, and angiographic images, immediate identification of the result, and the detection of any complications. Its use is practically mandatory in aortic valve endoprosthesis implantation, interatrial septal defect or foramen ovale closure, and left atrial appendage occlusion procedures. With the technological evolution of the equipment and the advent of three-dimensional technology, it has become possible to visualize the heart structures in a way that was previously impossible, giving a view that is very similar to that of the heart surgeon, guiding periprosthetic leaks and mitral valve repairs.

Descriptors: Echocardiography; Tridimensional echocardiography; Cardiology.

INTRODUÇÃO

A ecocardiografia compõe o instrumental diagnóstico de cardiologia há quase 40 anos. Embora em geral de

menor acurácia que a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM) em termos de definição anatômica, tem papel de destaque na avaliação

funcional das diferentes cardiopatias estruturais. Mais recentemente, com o avanço da cardiologia intervencionista, a ecocardiografia passou a ter relevância não apenas no diagnóstico e quantificação das cardiopatias estruturais, mas sobretudo no acompanhamento dos diferentes procedimentos intervencionistas.

A partir da substituição de diversos procedimentos cirúrgicos de abordagem clássica com esternotomia mediana por procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos ou via cateter, novos paradigmas foram criados. A figura central do cirurgião cardíaco dá lugar agora a uma atuação matricial onde os diferentes profissionais envolvidos em cada diferente momento da assistência passam a interagir e definir a melhor conduta. Passa a ser vital a qualquer programa de cardiologia intervencionista a formação de times multidisciplinares de discussão das cardiopatias estruturais (“*Structural Heart Teams*”), sobretudo nas doenças valvares (“*Heart Valve Teams*”), envolvendo cirurgiões cardíacos, anestesiológicos e cardiologistas clínicos, intervencionistas e da área de diagnóstico por imagem. Pacientes idosos ou com morbidades significativas que impõem risco extremamente elevado ou proibitivo à cirurgia passaram a ter novas opções de tratamento que não exclusivamente o clínico.¹ Além disso, o sucesso e a evolução destes procedimentos intervencionistas, com admissões hospitalares mais curtas e recuperação mais rápida, têm expandido sua indicação para indivíduos mais jovens e menos doentes, aumentando substancialmente o número destas intervenções frente à estagnação do número de cirurgias cardíacas convencionais, com abertura do tórax.

Estes procedimentos intervencionistas requerem via de regra manipulação de fios e cateteres e implante de dispositivos sem a abertura cirúrgica do tórax, ou seja, sem visualização direta. Desta forma, é mandatória a visualização simultânea das estruturas cardíacas pelos métodos de imagem e, neste aspecto, a ecocardiografia tem papel de destaque.² Juntamente com outras técnicas, sobretudo a TC e a RM, a ecocardiografia permite uma análise detalhada do defeito anatômico e da sua repercussão hemodinâmica, com estimativa das dimensões cardíacas, da função contrátil e do funcionamento das valvas. A exclusão de trombo intracavitário é importante pois é contra-indicação absoluta em alguns procedimentos, assim como a avaliação da aterosclerose aórtica que, se severa, pode limitar procedimentos que necessitem acesso por via retrógrada aórtica, impondo necessidade de mudança de acesso. Esta análise criteriosa é importante para o melhor planejamento do procedimento, definindo sua estratégia e seleção e estimativa da dimensão do dispositivo a ser implantado.

Durante o procedimento, a capacidade da ecocardiografia de fornecer imagem em tempo real permite seu uso para guiar o procedimento, avaliar imediatamente o resultado e detectar precocemente qualquer eventual complicação.^{2,3} Seu uso cada vez mais intenso, frequente e diversificado, associado à evolução tecnológica como o advento da imagem tridimensional (3D) – inicialmente restrita à modalidade transtorácica e atualmente possível também por acesso transesofágico – fizeram do método um instrumento não só de monitorização mas também de decisão e orientação do procedimento. Em muitas situações, a reconstrução 3D em tempo real possibilitada pelos novos transdutores matriciais

associada à qualidade da imagem por via esofágica permite a visualização da estrutura cardíaca de forma muito semelhante à visão cirúrgica direta, outrora impossível pela fluoroscopia clássica, pelos outros métodos de imagem e mesmo pela ecocardiografia bidimensional (2D). É possível, por exemplo, uma visão frontal (“*en face view*”) da lesão estrutural em tempo real, o que facilita tanto o planejamento como o procedimento em si, com a visualização de todos cateteres cardíacos em seu curso dentro do coração e orientação de forma precisa quanto ao melhor posicionamento do dispositivo, aumentando a acurácia e a segurança do procedimento.¹ Nessa situação, o ecocardiografista passa a operar o campo de visão do cardiologista intervencionista, de forma análoga ao cirurgião auxiliar, que apresenta o campo cirúrgico ao cirurgião principal.

Com base nesta necessidade de interação entre diferentes profissionais durante estes procedimentos, surgiram também novos conceitos quanto ao ambiente ideal para sua realização, com criação de sala específica para procedimentos intervencionistas, com disposição estrutural do ambiente onde a imagem fornecida por diferentes métodos diagnósticos é disponibilizada em frente ao cardiologista intervencionista – a sala híbrida. Mais recentemente, *softwares* de integração têm possibilitado a interposição de imagens dos diferentes métodos, facilitando ainda mais esta interação. Exemplo disto é um *software* (EchoNavigator) que interpõe a imagem obtida pelo ecocardiograma transesofágico (ETE) 3D à imagem da fluoroscopia e possibilita que a marcação de um ponto na imagem ecocardiográfica apareça simetricamente na imagem fluoroscópica, facilitando o posicionamento dos cateteres e dispositivos pelo cardiologista intervencionista.

A avaliação ecocardiográfica nestes procedimentos intervencionistas é diferente da avaliação diagnóstica convencional e por isso requer uma gama de novas competências que incluem tanto um conhecimento específico dos aspectos da cardiopatia estrutural importantes para o procedimento como conhecimento das diferentes técnicas intervencionistas.⁴ O crescimento desta demanda tem levado ao desenvolvimento de uma nova subespecialização dentro da formação em ecocardiografia – a ecocardiografia intervencionista. Tal prática, incipiente no Brasil, já motiva encontros científicos da especialidade nos Estados Unidos e Europa, onde os protagonistas se apresentam como chefes do setor de ecocardiografia intervencionista de suas instituições.⁵

Papel específico da ecocardiografia nos principais procedimentos intervencionistas da atualidade.

IMPLANTE DE ENDOPRÓTESE VALVAR POR CATETER

Implante/Reposição de Valva Aórtica Transcateter (“TAVI/TAVR”)

O implante de endoprótese valvar aórtica tem se provado uma terapia efetiva para pacientes com estenose aórtica importante sintomática cujo risco cirúrgico é alto ou proibitivo, tornando-se a recomendação padrão para estes casos.⁶ Tal conduta teve por base estudo multicêntrico randomizado (PARTNER Trial), que demonstrou melhor

sobrevida em um ano dos pacientes submetidos ao implante de endoprótese quando comparados com grupo tratado clinicamente (50,7% vs. 30,7%).⁷ Fundamental para este resultado é a criteriosa seleção dos pacientes elegíveis ao procedimento que, além da confirmação do grau importante da estenose e do risco cirúrgico alto ou proibitivo, depende da avaliação das contraindicações e definição da melhor abordagem, realizada pelo “Heart Valve Team”.^{8,9}

Há basicamente dois tipos de endoprótese: as autoexpansíveis – representadas pela Medtronic CoreValve (Medtronic, Minneapolis, MN) e similares – e as expansíveis por balonamento – representadas pela Edwards SAPIEN (Edwards LifeSciences, Irvine, CA) e similares. A escolha do modelo da prótese a ser implantada, além da preferência e expertise do intervencionista, é influenciada por fatores clínicos e fatores anatômicos, os quais são definidos pela ecocardiografia e pela tomografia computadorizada. É relevante saber o grau e distribuição da calcificação da valva aórtica, espessura e formato da porção basal do septo e presença de insuficiência mitral associada, aspectos que aumentam o risco de complicações e determinam pior evolução a longo prazo.

Quando avaliando a possibilidade de implante de endoprótese na valva aórtica estenótica, além das medidas habituais para caracterização da estenose aórtica importante, como área valvar, gradientes máximo e médio e repercussão sobre o ventrículo esquerdo e demais cavidades, o ecocardiograma deve também apresentar medidas da arquitetura do complexo valvar aórtico, como a área, o perímetro e os diâmetros do anel basal, assim como os diâmetros do seio de Valsalva, da junção sinotubular e da porção tubular da aorta ascendente (a 4 cm do anel basal). Além disso, é importante definir a distância da emergência das artérias coronárias em relação ao plano valvar basal, que deve ser superior a 11-13 mm, conforme a dimensão e tipo de endoprótese a ser implantada – o perfil da SAPIEN XT, por exemplo, varia de 14,3 mm (modelo 23 mm) a 19,1 mm (modelo 29 mm), sendo que em média 50% da prótese implantada fica acima do plano valvar.¹⁰

Em virtude da sua melhor resolução espacial e possibilidade de reconstrução *off-line*, tem-se dado preferência às medidas obtidas pela TC em relação à ETE, desde que realizada respeitando a correta orientação espacial das estruturas do complexo valvar aórtico.¹¹ Ao contrário da medida do anel obtida pela ETE2D, habitualmente menor, as medidas obtidas pela ETE3D mostram excelente correlação com as obtidas pela TC, com mínima subestimação, podendo representar alternativa para indivíduos impossibilitados de receber contraste radiográfico.¹² A razão disto é que o método 2D não permite mensuração precisa do diâmetro coronal, habitualmente maior que o sagital e que confere formato oval ao anel basal. Com a reconstrução 3D do complexo valvar aórtico via ETE3D obtém-se medidas dos diâmetros, perímetro e área do anel muito semelhantes às obtidas pela TC.¹¹ Porém, para que estas medidas realmente reflitam as verdadeiras dimensões da valva aórtica, independente do método, é fundamental que os conceitos anatômicos sejam obedecidos, sobretudo o formato em coroa da implantação das válvulas, com os seus nadires distantes 120 graus entre si – conceito mal abordado em recentes recomendações da literatura.^{4,13,14} Outro aspecto é a variação das medidas durante o ciclo cardíaco, com aumento sistólico da área em 8,2% e

do perímetro em 3,4%. Esta variação é inversamente proporcional ao grau de calcificação do anel.¹⁵ A TC tem também destaque na avaliação das dimensões e calcificação do sistema vascular periférico definindo a viabilidade do acesso femoral,¹⁶ assim como na definição da linha de perpendicularidade ou eixo coaxial da raiz aórtica, importante para o correto alinhamento da endoprótese e consequentemente menor taxa de complicações.¹⁷

Durante o procedimento, a ETE pode auxiliar na passagem dos fios-guia e cateteres, assim como posicionamento da endoprótese antes de sua liberação, quer seja por via retrógrada ou anterógrada (transapical). Nesta fase, em virtude da necessidade de agilidade e prontidão das condutas para minimizar ao máximo o efeito deletério hemodinâmico da abertura da prótese, o uso de sonda 3D é restrito às imagens em tempo real e efetivamente pouco acrescenta. Basta a imagem 2D para acompanhar o balonamento da endoprótese ou sua autoexpansão e imediatamente checar seu posicionamento, funcionamento adequado e plena expansão. “Leaks” significativos após implante inicial em geral melhoram após novo balonamento da endoprótese, porém aumenta-se o risco de rotura e de distúrbio de condução com necessidade de marcapasso. Além destas, outras complicações podem ser plena e rapidamente identificadas pela ETE, tais como: 1 - mal posicionamento da endoprótese, com embolização para a aorta ou ventrículo esquerdo ou simplesmente posicionamento muito alto (aórtico) ou baixo (ventricular); 2 - regurgitação aórtica transprotética, relacionada ao superdimensionamento, ou paraprotética, relacionada ao subdimensionamento ou calcificação e irregularidade excessivas do anel – maior preditor de mortalidade em um ano;¹⁸ 3 - regurgitação mitral, por distorção da cúspide anterior pela endoprótese excessivamente ventricular, por lesão ou distorção do aparelho subvalvar ou por dissincronia ventricular esquerda causada pelo marcapasso; 4 - anormalidades da contração ventricular esquerda, por oclusão do óstio coronário; 5 - tamponamento cardíaco, por perfuração ventricular esquerda ou direita; 6 - dissecação ou rotura da raiz aórtica. Apesar disto, recentemente tem sido proposta uma abordagem menos invasiva, evitando-se a anestesia geral e, por conseguinte, o uso da ETE – abordagem minimalista – sendo utilizado apenas a ecocardiografia transtorácica (ETT) para avaliação imediata do resultado e identificação de complicações. Apesar do custo comprovadamente menor, faltam mais evidências de quais pacientes se adequam e quais centros podem utilizar esta abordagem, para que realmente não haja aumento na morbimortalidade do procedimento.¹⁹

Outro aspecto importante e detectado após recuperação plena do estado hemodinâmico basal é a inadequação do tamanho da endoprótese, mesmo que esteja funcionalmente normal, também conhecida como “mismatch” e definida como orifício aórtico efetivo indexado $<0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, melhor identificada pelo ETT posterior ao procedimento.²⁰ Sua incidência pode ser tão alta quanto 18% dos implantes, sobretudo em indivíduos de superfície corpórea maior, estenoses mais calcificadas e com áreas valvares menores, e uso de endopróteses com valva de posicionamento intra-anular – com abertura no mesmo nível do anel da bioprótese, como a Edwards SAPIEN.²¹

Implante de Endoprótese em Bioprótese (“Valve-in-valve”)

Com o sucesso da endoprótese valvar para estenoses aórticas críticas e sem condição cirúrgica, outras situações fora do padrão convencional passaram a ser abordadas. Uma destas situações é a disfunção de prótese biológica aórtica, por estenose, insuficiência ou ambas. Em virtude do frequente alto risco de reoperação destes pacientes e da condição anatômica favorável proporcionada pela presença de anel metálico circular de sustentação na maioria das biopróteses – ponto de ancoragem perfeito para uma endoprótese, melhor até que a calcificação do anel na valva nativa estenótica – passaram a surgir na literatura relato de casos de sucesso de tal procedimento.²² Nesta situação, sobretudo nas biopróteses com anéis de difícil visualização angiográfica ou mesmo em homoenxertos, o ETE intraprocedimento é importante no alinhamento mais adequado do dispositivo, o que resultará em menor taxa de refluxo paraprotético e menor incidência de obstrução do óstio coronariano, que tem frequência maior do que na estenose de valva nativa devido a ocorrência de obstrução por calcificação extensa de folheto ou debris da bioprótese. Outra complicação do procedimento de “*valve-in-valve*” mais frequente que na estenose de valva nativa é o “*mismatch*”, ou seja, a manutenção de altos gradientes apesar da abertura normal da prótese, devido à desproporção entre a área efetiva da prótese e a superfície corpórea do paciente. Novamente, ocorre sobretudo quando se utilizam endopróteses pequenas do tipo intra-anular.²³ Para reduzir a incidência de “*mismatch*”, sobretudo nas biopróteses menores que 23mm de diâmetro, tem-se procurado desenvolver endopróteses que apresentem abertura supra-anular e assim com orifício potencialmente maior.²⁴ A possibilidade do procedimento *valve-in-valve* cria novas perspectivas, quer seja na fabricação de modelos mais adequados como na escolha da prótese, se biológica ou metálica, pelo cirurgião cardíaco.²⁵

VALVOPLASTIA MITRAL POR CATETER E OUTROS PROCEDIMENTOS EM VALVA MITRAL

Dilatação com Cateter-Balão

A primeira participação da ecocardiografia na intervenção da valva mitral se fez por meio da análise imediata pela ETT do resultado da valvoplastia por cateter-balão em indivíduos portadores de estenose reumática. Com o advento da ETE, além de prover maior segurança ao procedimento com a exclusão de trombos intracavitários, sobretudo no apêndice atrial, passou a ser possível monitorar o procedimento, com orientação à punção transeptal de forma mais segura, visualização do correto posicionamento do cateter e adequada insuflação do balão, avaliação imediata do resultado e identificação de complicações, como rotura de corda ou derrame pericárdico.^{26,27}

Sutura Borda-a-borda com Clipe (MitraClip)

Um dos maiores avanços em termos de participação da ecocardiografia em procedimentos intervencionistas é

representado pelo seu papel no procedimento de clipagem das bordas da valva mitral insuficiente – procedimento de MitraClip – à semelhança do que já era feito cirurgicamente pela técnica do duplo orifício de Alfieri.²⁸ Este procedimento vem se tornando frequente pois representa a única opção, além do tratamento clínico otimizado, para pacientes com insuficiência mitral importante sintomática, mesmo que com disfunção contrátil significativa, mas com risco alto ou proibitivo de cirurgia convencional.²⁹ Porém, ao contrário do implante de endoprótese aórtica, embora tenha menor taxa de complicações, apresenta taxa de sucesso menor e dependente de expertise conquistada a mais longo prazo, sendo os melhores resultados no grupo de insuficiência de etiologia secundária.^{30,31}

Como em todo procedimento, é fundamental uma análise prévia criteriosa da estrutura e funcionamento da valva mitral visando o procedimento de clipagem. É o entendimento da falha da mecânica de fechamento valvar, muito mais do que os convencionais aspectos anatômicos, que proporcionará a abordagem mais adequada e o melhor resultado. É preciso definir se o mecanismo é unicamente primário (degenerativo), secundário (funcional) ou se é caso de insuficiência mitral mista, com componentes primário e secundário, cuja abordagem deverá também ser mista, abordando cada um dos componentes de forma individual, habitualmente com um mínimo de dois cliques. O estudo Everest II definiu como critérios de exclusão, nos casos de etiologia primária, extensão da falha de coaptação maior que 15 mm e a sua altura (distância entre as cúspides) maior que 10 mm, assim como cúspide muito espessa (maior que 4 mm) ou curta (menor que 6 mm), em geral por extensão da calcificação do anel posterior. Nos casos de etiologia secundária, é fundamental entender o efeito de ancoramento (“*tethering*”) das cúspides, se simétrico ou assimétrico, sendo critério de exclusão afastamento excessivo das cúspides (extensão da coaptação menor que 2 mm) ou profundidade excessiva do ponto de coaptação (maior que 11 mm). Independente da etiologia, é importante que a área do anel valvar seja maior que 4 cm² – o que diminui o risco de estenose pós-procedimento – e seja obtido o gradiente médio previamente ao procedimento.³²

Com a expansão da técnica, os rígidos critérios do estudo Everest II passaram a ser flexibilizados, com a contraindicação dependendo mais da avaliação e expertise do “*Heart Team*” local. Todos estes aspectos devem ser avaliados pela ETE 2D e, se possível, 3D, a qual permite visualização única, de frente (“*en face view*”), da valva mitral, facilitando tanto o entendimento pelo ecocardiografista como sua comunicação com o intervencionista e, com isso, possibilitando melhores resultados, sobretudo nas lesões complexas.³³

A atuação decisiva do ecocardiografista intervencionista no MitraClip se faz presente desde o início do procedimento, na punção transeptal. O ETE define o melhor ponto para a punção, que deve estar distante cerca de 3,5 a 4,0 cm do plano do anel mitral ou, mais precisamente, do ponto provável de clipagem (na insuficiência secundária o ponto de clipagem fica dentro do ventrículo, abaixo do plano valvar). Após a punção e inserção do cateter bainha, o ETE guia o posicionamento do cateter de entrega do MitraClip dentro do átrio esquerdo e orienta os movimentos necessários

para o seu direcionamento à valva mitral. Nesta fase é nítido o benefício do ETE 3D, facilitando sobremaneira este posicionamento.³⁴

Com o dispositivo posicionado sobre a valva, faz-se pequenos ajustes para que o cateter ultrapasse a valva com seus braços abertos, exatamente sobre o ponto central da lesão/jato, onde será aberto. Para esta definição, vale-se da utilização de planos ecocardiográficos ortogonais (plano comissural, previamente determinado, e a 90° deste). O ideal é que o eixo do cateter de entrega esteja no centro do refluxo em ambos os planos. Ao ultrapassar a valva, com frequência ocorre alguma torção do cateter. Os braços abertos devem ser reorientados a se posicionarem perpendicularmente à fenda. Este é o passo mais crítico deste longo procedimento e é fundamental confirmar o posicionamento em ambos planos ortogonais e, se disponível, pela imagem 3D de frente, checando o eixo dos braços em relação à fenda valvar. Ajustes finos, com rotação horária ou anti-horária, permitem o posicionamento ideal e facilitam o passo seguinte, de captura simultânea de ambas as cúspides e fechamento do clipe.³⁴ Antes da sua liberação definitiva, novamente checa-se com o ETE, em ambos os planos, o sucesso da clipagem e seu efeito no refluxo (Figura 1). Se a redução foi a esperada, libera-se o clipe e encerra-se o procedimento ou, caso haja refluxo ainda tratável, pode-se implantar um segundo clipe utilizando o primeiro como orientação. Caso a redução do refluxo se mostre incompleta ou inadequada, pode-se soltar o clipe e reposicioná-lo melhor.³³ Em teoria, desde que realizada com cautela e destreza, pode-se repetir este processo até atingir o resultado esperado. Porém, aumenta-se o risco de iatrogenia, sobretudo em valvas mais fragilizadas, quer seja por rotura de cordas tendíneas ou mesmo por lesão da própria cúspide, o que, invariavelmente, leva a menor taxa de sucesso final. Antes de liberar o clipe, também é importante checar o aumento do gradiente médio transvalvar decorrente da criação do duplo orifício. Gradientes de até 5 mmHg são aceitáveis, acima de 7 mmHg contraindicam colocação de mais cliques e acima de 10 mmHg implicam em estenose significativa, impondo a retirada ou reposicionamento do clipe. Via de regra, o gradiente médio deve ser checado antes da liberação de cada clipe e comparado com o valor pré-procedimento.

Qualquer insuficiência com origem diferente nos segmentos A2/P2, ou seja, no centro das cúspides, torna o procedimento mais trabalhoso e sujeito a insucesso. Nestes casos,



Figura 1. A – MitraClip bem posicionado entre as cúspides posterior (segmento P2) e anterior (segmento A2) em corte de via de saída do VE ao ETE 2D; B – Abertura “em oito” com dois orifícios (medial e lateral), observada pela vista frontal (“en face view”) ao ETE 3D.

sobretudo se degenerativos, torna-se fundamental o perfeito entendimento da dinâmica do refluxo pelo ecocardiografista e a excelência da comunicação com o intervencionista, antes e durante cada passo do procedimento, para que se obtenha o melhor resultado.³⁴ Como um cirurgião auxiliar, o ecocardiografista expõe a melhor visão da valva e do dispositivo, e certifica o melhor posicionamento do clipe. Complicações relacionadas com o procedimento são raras e prontamente identificadas pela ETE. Durante a punção transeptal e manipulação do dispositivo no interior do átrio esquerdo há o risco de rotura da cavidade, maximizado quando diante de cavidades atriais pouco dilatadas ou pela frialdade dos tecidos no paciente idoso. Complicações relacionadas a valva são menos infrequentes e podem determinar menor redução ou manutenção do refluxo. Podem ser decorrentes do posicionamento incorreto do clipe ou lesão direta na cúspide ou cordoalha, levando a novo refluxo. Desprendimento total do clipe é extremamente raro e não ocorreu em nenhum dos casos do estudo Everest II.³² Eventualmente, o que ocorre é o desprendimento em um dos lados, levando a resposta insatisfatória e necessidade de nova clipagem, mas sem necessidade de abordagem específica deste clipe.

Outras Técnicas de Correção da Insuficiência Valvar Mitral

Diversas outras técnicas de abordagem da valva mitral estão em desenvolvimento. Algumas focam na redução da dimensão do anel valvar – anuloplastia indireta ou direta, como o Carillon, o PS3 System, o AccuCinch, o Mitralign, o Cardioband, o QuantumCor e o ReCor, entre outros dispositivos e sistemas. Há outros que se utilizam do remodelamento do ventrículo esquerdo para diminuir o refluxo – iCoapsys, BACE – ou do reparo valvar, como o MitraClip – Percu-Pro, NeoChord.³⁶ Mais incipiente mas não com menor número é a tentativa de implante de endoprótese em valva mitral nativa.

FECHAMENTO DE “LEAK” PERIPROTÉTICO

Até o surgimento das técnicas intervencionistas, qualquer situação de insuficiência periprotética que necessitasse intervenção tinha que ser abordada por nova cirurgia. Mais frequente em reoperações, esta situação impõe alto risco cirúrgico, quase proibitivo em alguns casos. Com a possibilidade de fechamento do “leak” periprotético por “plugs” oclusores, mesmo que parcial, a cirurgia pode ser adiada ou mesmo cancelada. A colocação destes oclusores pode ser feita por via percutânea – por punção transeptal e/ou por via retrógrada arterial, pelo cardiologista intervencionista – ou então por via apical do ventrículo esquerdo, habitualmente por um cirurgião cardíaco.³⁵

Critérios necessários para o procedimento incluem a ausência de processo infeccioso ativo, a extensão circunferencial menor que 1/3 do anel protético e a precisa definição do número de orifícios e suas dimensões, realizada pela TC ou pela ETE 2D ou 3D (preferencial). Para o sucesso deste procedimento é fundamental sua monitorização pela ETE 3D. Somente por esta técnica é possível se obter imagem da prótese e da descontinuidade periprotética, por meio de uma visão de frente – “en face view” – e assegurar o correto posicionamento do fio guia e implante do “plug”. (Figura 2)³⁷

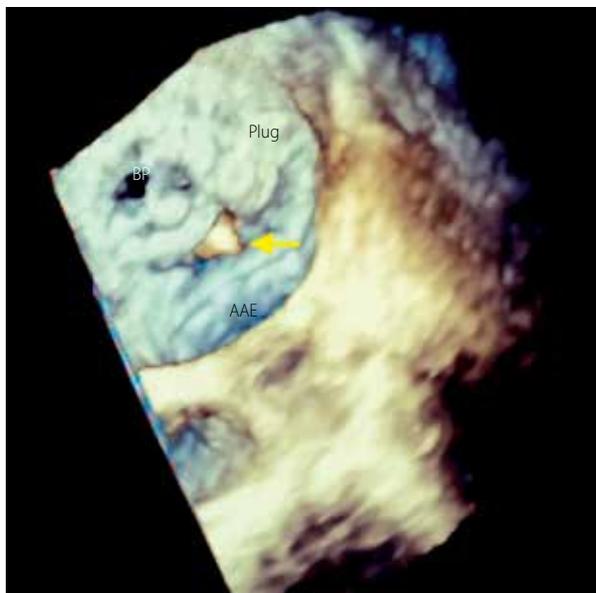


Figura 2. Visão frontal ("en face view") a partir do átrio esquerdo, exclusiva do ETE 3D. Nota-se um "plug" liberado na porção posterior do "leak" e um fio guia passando pelo orifício (seta), para implante de outro "plug". AAE: apêndice atrial esquerdo; BP: bioprótese mitral.

Em geral, quando mais de um "plug" se faz necessário, o procedimento torna-se mais difícil, sendo necessário posicionamento de todos os fios guias antes da liberação do primeiro "plug". Em todo este processo, é fundamental a expertise tanto do cardiologista intervencionista como do ecocardiografista, sendo determinantes para seu sucesso.

ATRIOSSEPTOPLASTIA ATRIAL POR DISPOSITIVO OCLUSOR

Fechamento de Comunicação Interatrial

O fechamento da comunicação interatrial do tipo *ostium secundum* foi um dos primeiros procedimentos intervencionistas em cardiopatia estrutural a se disseminar, se tornando opção terapêutica à cirurgia aberta. Critérios de exclusão são avaliados pela ETE, como dimensão da comunicação acima do limite das maiores próteses disponíveis e ausência ou mínima extensão em uma ou mais bordas musculares onde a prótese tem que se fixar. É importante definir as dimensões da comunicação e de suas bordas para o planejamento do tipo e tamanho da prótese a ser implantada.³⁸ Para este fim, o ETE 3D tem a vantagem de construir a imagem frontal ("en face view") do defeito, tanto visto do átrio direito como do esquerdo.³⁹ Durante o procedimento, o ETE acompanha todos os passos até o correto posicionamento do dispositivo oclusor do septo atrial.

Fechamento de Forame Oval Patente

Embora a eficácia do fechamento do forame oval como prevenção de acidente vascular cerebral (AVC) ainda seja controversa, o procedimento parece melhorar o prognóstico em situações específicas, como em pacientes com alto risco de trombose venosa e com AVCs recorrentes apesar da otimização terapêutica.^{40,41}

A definição do tipo de forame oval patente e eventual extensão do túnel realizada pelo ETE, assim como identificação de aneurisma septal associado, tem impacto decisivo no resultado do procedimento. O acompanhamento do procedimento se faz com a ETE 2D, com pouco acréscimo de informação com o uso de ETE 3D. Complicações são raras e incluem trombose do dispositivo e sua embolização, fibrilação atrial e embolização aérea durante o procedimento. Lesões de estruturas adjacentes, como no fechamento do CIA, são mais raras devido à menor dimensão do dispositivo.

OCLUSÃO DE APÊNDICE ATRIAL ESQUERDO

A fibrilação atrial está altamente associada a fenômenos embólicos, sendo a principal localização do trombo o apêndice atrial esquerdo, o que impõe anticoagulação preventiva.^{42,43} Como uma parcela considerável dos pacientes não tolera ou não atinge níveis terapêuticos adequados, a exclusão do apêndice mostra-se uma boa opção de tratamento. A plicatura cirúrgica é comumente realizada em pacientes submetidos a cirurgia valvar, porém não é habitualmente indicada como único procedimento cirúrgico. Diante disto, vários dispositivos de inserção percutânea tem sido testados visando a oclusão do apêndice. Atualmente, os mais utilizados em nosso meio são os dispositivos que ocluem o óstio do apêndice, como o "plug" de AMPLATZER e aqueles que realizam amputação do corpo, como o dispositivo Watchman. Em ambos procedimentos, a ETE é realizada previamente para excluir a presença de trombo e definir a viabilidade e programação do implante, com escolha da dimensão da prótese com base nas medidas obtidas – diâmetro do óstio e do colo (a 10 mm do óstio), no caso do AMPLATZER, e profundidade do apêndice e presença de mais de um lobo, no caso do Watchman, sempre em múltiplas projeções (0°, 45°, 90° e 135°). Durante o procedimento, a angiografia confirma as medidas estimadas e o ETE guia a punção transeptal e o posicionamento do cateter-bainha. Este deve estar alinhado com o eixo coaxial do local de implante (colo ou corpo) para que a liberação seja bem centralizada. A seguir, define-se a profundidade da liberação, para que a prótese não fique nem muito introduzida nem excessivamente exteriorizada. Neste procedimento, é frequente ter que reposicionar diversas vezes o dispositivo até que se consiga o posicionamento ideal, confirmado pela ausência de fluxo periprotético residual e, no caso do "plug", completo selamento da parede atrial. Antes da liberação definitiva, observa-se a estabilidade e se não houve mobilização e migração do dispositivo. Em virtude da fragilidade da parede do apêndice, deve-se monitorar periodicamente a formação de derrame, sugestivo de lesão ou rotura da parede, presente em quase 5% dos procedimentos.⁴⁴ Outros eventos, como embolia cerebral ou desprendimento do dispositivo, ocorrem em menos de 1% dos casos.⁴⁵ A disponibilidade de sonda esofágica 3D permite uma melhor compreensão da anatomia do apêndice e formato do óstio e colo, facilitando o dimensionamento correto do dispositivo, assim como agiliza diversos passos do procedimento (Figura 3).⁴⁶

Por serem estes dispositivos um corpo estranho que leva em média três meses para ser endotelizado, deve-se manter o paciente anticoagulado neste período e, se houver



Figura 3. A – Plug cardíaco de AMPLATZER bem posicionado no apêndice atrial esquerdo, ocluindo totalmente o óstio, ao ETE 2D; B – Imagem equivalente ao ETE 3D confirmando as informações obtidas; C – Visão frontal (“en face view”) do dispositivo, exclusiva do ETE 3D, com selamento total do óstio do apêndice.

qualquer indício de evento embólico, repetir o ETE em busca de eventual trombo no dispositivo. O correto posicionamento e a ausência de trombo também pode ser confirmada pela TC.

ENDOPRÓTESE (“STENT”) AÓRTICA

O tratamento corretivo das patologias da aorta que se localizam na sua porção torácica descendente sempre representou um desafio devido aos resultados insatisfatórios da abordagem cirúrgica convencional da aorta descendente, com alta taxa de morbimortalidade, maior que a conduta clínica conservadora, principalmente nos casos de dissecação aórtica.⁴⁷ Durante anos, novos e diferentes métodos foram tentados na busca de um melhor prognóstico.^{48,49} No final do século passado, o desenvolvimento da técnica intervencionista endovascular coincidiu com a evolução dos métodos de imagem, sobretudo da TC e da ETE. Ambas revelaram-se excelentes para a definição precisa dos aspectos anatômicos da lesão e melhor planejamento do procedimento, refletindo em menor dependência da avaliação angiográfica. Especificamente nos casos de dissecação aórtica, a ETE, além de acrescentar informações funcionais da dissecação da aorta – avaliação de orifícios comunicantes (de entrada e de saída) e da trombose (ausente, parcial ou total) e do fluxo na falsa luz (anterógrado ou retrógrado) – mostrou-se útil na monitorização do implante de endoprótese aórtica autoexpansível, com redução da quantidade de contraste angiográfico utilizado e identificação imediata do resultado e de complicações.^{50,51}

A monitorização pela ETE possibilita o acompanhamento simultâneo da liberação da endoprótese, da oclusão da lesão-alvo e formação imediata de contraste espontâneo. Permite, por meio das técnicas de Doppler colorido ou espectral, definir se há fluxo residual à falsa luz ou ao aneurisma e sua intensidade, inferindo evolução para trombose total ou necessidade de endoprótese adicional. Da mesma forma, é possível reavaliar o implante no longo prazo, definir o tipo de “leak” e necessidade de reintervenção. Não é infrequente se detectar outros orifícios comunicantes, em geral sem importância clínica, ou presença de pequenos “leaks” logo após o implante. Outro aspecto importante avaliado pela ETE é a presença de obstrução parcial à verdadeira luz causada pela expansão da falsa luz e consequente baixo fluxo distal,

que pode ocorrer mesmo após o implante da endoprótese, sobretudo quando ela não contempla a transição toracoabdominal, local mais frequente de compressão da luz.

Todas estas informações, além daquelas já obtidas pela TC, requerem apenas imagens 2D e um operador experimentado neste procedimento. A aquisição de imagens 3D acrescenta poucos benefícios, quer seja no diagnóstico ou no procedimento (Figura 4), apenas um melhor entendimento espacial da lesão aórtica, sobretudo nas dissecações, onde a falsa luz costuma ter progressão helicoidal e de difícil compreensão.

CARDIOPATIAS CONGÊNITAS

A utilização da ecocardiografia para guiar procedimentos intervencionistas nas cardiopatias congênitas remete ao surgimento da técnica ecocardiográfica. De forma pontual e apenas em alguns centros, era utilizada sobretudo para guiar procedimentos que envolviam o septo atrial – como na atrioseptostomia por cateter-balão. Com o desenvolvimento da modalidade transesofágica, passou a ter papel em procedimentos de indivíduos que atingiam a fase adulta, cujo diâmetro do esôfago permitia introdução de sonda desenvolvida para indivíduos adultos, em geral acima de 40 kg. Ganhou grande impulso com o desenvolvimento de

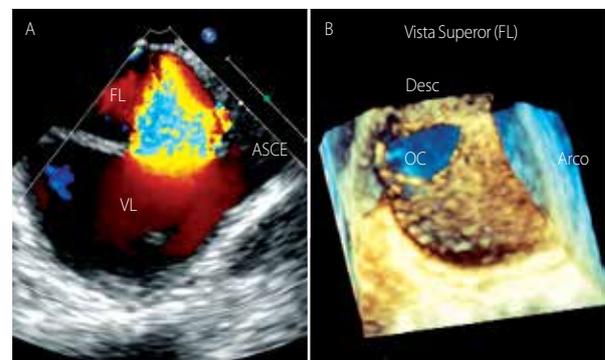


Figura 4. A – Dissecação aórtica com orifício no ístmo, com fluxo da verdadeira para a falsa luz, ao Doppler colorido do ETE 2D; B – Reconstrução 3D mostrando dimensão e format do orifício comunicante.

sondas miniaturizadas disponíveis para neonatos, em geral a partir de 4 kg. Atualmente, com o surgimento da técnica 3D em tempo real e de softwares de integração com a imagem fluoroscópica disponibilizados em salas híbridas, ocorreu nova expansão na qualidade e nas possibilidades de intervenção, tanto nos habituais procedimentos septais e valvares, como em novas aplicações.⁵² Imagens obtidas pela ETE 3D em tempo real, que até então vinham sendo interpretadas pelo cardiologista intervencionista e mentalmente registradas na imagem fluoroscópica, passaram a ser integradas digitalmente, aumentando o entendimento das estruturas anatômicas nas imagens geradas pela ecocardiografia, agilizando o entendimento das relações espaciais entre angiografia e ecocardiografia e, conseqüentemente, melhorando a comunicação entre ecocardiografista e intervencionista e a confiança no posicionamento dos dispositivos.⁵³ Esta integração de imagens também vem ocorrendo entre a angiografia e a RM e a CT, levando a uma melhora substancial no resultado dos procedimentos intervencionistas.

CONCLUSÃO

A formação de um “*Structural Heart Team*” que efetivamente atue como uma equipe, um time, é o novo paradigma da cardiologia. A ecocardiografia em suas diferentes modalidades, assim como os outros métodos diagnósticos como a tomografia computadorizada e a ressonância, tem tido importância crescente na avaliação da doença cardíaca estrutural e no planejamento da correção via procedimento intervencionista. O papel do ecocardiografista intervencionista varia conforme o procedimento a ser realizado, desde apenas monitorização de todo o processo até participação ativa no melhor posicionamento do dispositivo e na tomada de decisão durante o procedimento.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. CF e MV foram contribuintes na redação do manuscrito e realizaram a pesquisa bibliográfica e a revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Perk G, Krozon I. Interventional Echocardiography in Structural Heart Disease. *Curr Cardiol Rep* 2013;15(3):338.
- Hamid N, Ewe SH. Interventional Echocardiography: Current Role and Progress. *Proc Singapore Healthcare*. 2015;24(1):4-15.
- Smith LA, Bhan A, Monaghan MJ. The Expanding Role of Echocardiography in Interventional Cardiology. *European Cardiology* 2010;6(2):71-76.
- Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Goncalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur Heart J* 2011;32(17):2189-214.
- Site: <http://asecho.org/asesymposium/>
- Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, Guyton RA, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148(1):e1-132.
- Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med* 2010;363(17):1597-607.
- Mylotte D, Martucci G, Piazza N. Patient selection for transcatheter aortic valve implantation: An interventional cardiology perspective. *Ann Cardiothorac Surg*. 2012;1(2):206-15.
- Holmes DR Jr, Mack MJ, Kaul S, Agnihotri A, Alexander KP, Bailey SR, et al. 2012 ACCF/AATS/SCAI/STS Expert Consensus Document on Transcatheter Aortic Valve Replacement: developed in collaboration with the American Heart Association, American Society of Echocardiography, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Heart Failure Society of America, Mended Hearts, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Ann Thorac Surg* 2012;93(4):1340-95.
- Webb JG. Coronary obstruction due to transcatheter valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2009;73(7):973.
- Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S, Amaki M, Hahn RT, Kastrati A, Sengupta PP. Standardized imaging for aortic annular sizing: implications for transcatheter valve selection. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6(2):249-62.
- Saitoh T, Shiota M, Izumo M, Gurudevan SV, Tolstrup K, Siegel RJ, et al. Comparison of left ventricular outflow geometry and aortic valve area in patients with aortic stenosis by 2-dimensional versus 3-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol*. 2012;109(11):1626-31.
- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf FA, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.
- Goldstein AS, Evangelista A, Abbara S, Arai A, Asch FM, Badano LP, et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging: endorsed by the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(2):119-82.
- Murphy DT, Blanke P, Alaamri S, Naoum C, Rubinshtein R, Pache G, et al. Dynamism of the aortic annulus: Effect of diastolic versus systolic CT annular measurements on device selection in transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2016;10(1):37-43.
- Delgado V, Ewe SH, Ng AC, van der Kley F, Marsan NA, Schuijf JD, et al. Multimodality imaging in transcatheter aortic valve implantation: key steps to assess procedural feasibility. *EuroIntervention*. 2010;6(5):643-52.
- Samim M, Stella PR, Agostoni P, Kluin J, Ramjankhan F, Budde RP, et al. Automated 3D analysis of pre-procedural MDCT to predict annulus plane angulation and C-arm positioning: benefit on procedural outcome in patients referred for TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6(2):238-48.
- Kodali SK, Williams MR, Smith CR, Svensson LG, Webb JG, Makkar RR, et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic valve replacement. *N Engl J Med*. 2012;366(18):1686-95.
- Babalarios V, Devireddy C, Lerakis S, Leonardi R, Iturra SA, Mavromatis K, et al. Comparison of transfemoral transcatheter aortic valve replacement performed in the catheterization laboratory (minimalist approach) versus hybrid operating room (standard

- approach) outcomes and cost analysis. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7(8):898-904.
20. Pibarot P, Dumesnil JG. Hemodynamic and clinical impact of prosthesis-patient mismatch in the aortic valve position and its prevention. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36(4):1131-41.
 21. Ewe SH, Muratori M, Delgado V, Pepi M, Tamborini G, Fusini L, et al. Hemodynamic and clinical impact of prosthesis-patient mismatch after transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(18):1910-8.
 22. Gaia DF, Palma JH, Souza JA, Guilhen JC, Telis A, Fischer CH, et al. Off-pump transapical balloon-expandable aortic valve endoprosthesis implantation. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(2):233-8.
 23. Dvir D, Webb J, Brecker S, Bleiziffer S, Hildick-Smith D, Colombo A, et al. Transcatheter aortic valve replacement for degenerative bioprosthetic surgical valves: results from the global valve-in-valve registry. *Circulation.* 2012;126(19):2335-44.
 24. Azadani AN, Jausaud N, Matthews PB, Ge L, Guy TS, Chuter TA et al. Valve-in-valve implantation using a novel supra-avalvular transcatheter aortic valve: Proof of concept. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(6):1864-9.
 25. Tuzcu EM, Kapadia SR, Svensson LG. Valve in valve: another milestone for transcatheter valve therapy. *Circulation.* 2012;126(19):2280-2.
 26. Ballal RS, Mahan EF 3rd, Nanda NC, Dean LS. Utility of transechocardiography in interatrial septal puncture during percutaneous mitral balloon commissurotomy. *Am J Cardiol.* 1990;66(2):230-2.
 27. Jaarsma W, Visser CA, Suttrop MJ, Haagen FD, Ernst SM. Transesophageal echocardiography during percutaneous balloon mitral valvuloplasty. *J Am Soc Echocardiogr.* 1990;3(5):384-91.
 28. Alfieri O, Maisano F, De Bonis M, Stefano PL, Torracca L, Oppizzi M, et al. The double-orifice technique in mitral valve repair: a simple solution for complex problems. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;122(4):674-81.
 29. Franzen O, Baldus S, Rudolph V, Meyer S, Knap M, Koschyk D, et al. Acute outcomes of MitraClip therapy for mitral regurgitation in high-surgical-risk patients: emphasis on adverse valve morphology and severe left ventricular dysfunction. *Eur Heart J.* 2010;31(11):1373-81.
 30. Wan B, Rahnnavardi M, Tian DH, Phan K, Munkholm-Larsen S, Bannon PG et al. A meta-analysis of MitraClip system versus surgery for treatment of severe mitral regurgitation. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(6):683-92.
 31. Feldman T, Kar S, Elmariah S, Smart SC, Trento A, Siegel RJ, et al. Randomized Comparison of Percutaneous Repair and Surgery for Mitral Regurgitation: 5-Year Results of EVEREST II. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(25):2844-54.
 32. Feldman T, Foster E, Glower DD, Kar S, Rinaldi MJ, Fail PS, et al. Percutaneous repair or surgery for mitral regurgitation. *N Engl J Med.* 2011;364(15):364:1395-406.
 33. Biner S, Perk G, Kar S, Rafique AM, Slater J, Shiota T, et al. Utility of combined two-dimensional and three-dimensional transechocardiography for catheter-based mitral valve clip repair of mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(6):611-7.
 34. Faletra FF, Pedrazzini G, Pasotti E, Petrova I, Drasutiene A, Dequarti MC, et al. Role of real-time three dimensional transechocardiography as guidance imaging modality during catheter based edge-to-edge mitral valve repair. *Heart.* 2013;99(16):1204-15.
 35. Gaia DF, Breda JR, Fischer CH, Palma JH. Off-pump transapical closure of a mitral periprosthetic leak: a new approach to a difficult problem. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013;17(6):1048-50.
 36. Zamorano J, Gonçalves A, Lancellotti P, Andersen KA, González-Gómez A, Monaghan M, et al. The use of imaging in new transcatheter interventions: an EACVI review paper. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016;17(8):835-835af.
 37. Kronzon I, Sugeng L, Perk G, Hirsh D, Weinert L, Garcia Fernandez MA, et al. Real-time 3-dimensional transesophageal echocardiographic examination in the evaluation of post operative mitral annuloplasty ring and prosthetic valve dehiscence. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53(17):1543-7.
 38. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26(9):921-64.
 39. Johri AM, Witzke C, Solis J, Palacios IF, Inglessis I, Picard MH, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in patients with secundum atrial septal defects: outcomes following transcatheter closure. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(4):431-7.
 40. Furlan AJ, Reisman M, Massaro J, Mauri L, Adams H, Albers GW, et al. Closure or medical therapy for cryptogenic stroke with patent foramen ovale. *N Engl J Med.* 2012;366(11):991-9.
 41. Carroll JD, Saver JL, Thaler DE, Smalling RW, Berry S, MacDonald LA, et al. Closure of patent foramen ovale versus medical therapy after cryptogenic stroke. *N Engl J Med.* 2013;368(12):1092-100.
 42. Wolf PA, Abbott RD, Kannel WB. Atrial fibrillation as an independent risk factor for stroke: the Framingham Study. *Stroke.* 1991;22(8):983-8.
 43. Onalan O, Crystal E. Left atrial appendage exclusion for stroke prevention in patients with nonrheumatic atrial fibrillation. *Stroke.* 2007;38(2 Suppl):624-30.
 44. Bajaj NS, Parashar A, Agarwal S, Sodhi N, Poddar KL, Garg A, et al. Percutaneous left atrial appendage occlusion for stroke prophylaxis in nonvalvular atrial fibrillation: a systematic review and analysis of observational studies. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7(3):296-304.
 45. Reddy VY, Holmes D, Doshi SK, Neuzil P, Kar S, et al. Safety of percutaneous left atrial appendage closure: results from the Watchman Left Atrial Appendage System for Embolic Protection in Patients with AF (PROTECT AF) clinical trial and the Continued Access Registry. *Circulation.* 2011;123(4):417-24.
 46. Nucifora G, Faletra FF, Regoli F, Pasotti E, Pedrazzini G, Moccetti T, et al. Evaluation of the left atrial appendage with real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography: implications for catheter-based left atrial appendage closure. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2011;4(5):514-23.
 47. Suzuki T, Mehta RH, Ince H, Nagai R, Sakomura Y, Weber F, et al. Clinical profiles and outcomes of acute type B aortic dissection in the current era: lessons from the International Registry of Aortic Dissection (IRAD). *Circulation.* 2003;108(Suppl 1):II312-7.
 48. Palma JH, Juliano JA, Cal RGR, Almeida DR, Ota LH, Gianotti IA, et al. Tratamento dos aneurismas da aorta descendente por endoprótese (tromba de elefante). *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 1989;4(3):190-4.
 49. Dake MD, Miller DC, Semba CP, Mitchell RS, Walker PJ, Liddell RP, et al. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms. *N Engl J Med.* 1994;331(26):1729-34.
 50. Tsai TT, Evangelista A, Nienaber CA, Myrmet T, Meinhardt G, Cooper JV, et al. Partial thrombosis of the false lumen in patients with acute type B aortic dissection. *N Engl J Med.* 2007;357(4):349-59.
 51. Fischer CH, Campos Filho O, Palma da Fonseca JH, Rodrigues Alves CM, Marcondes Sousa JA, Bezerra de Lira Filho E, et al. Utilização da Ecocardiografia Transesofágica durante Implante de Endoprótese Aórtica (Stent). *Experiência Inicial. Arq Bras Cardiol.* 2001;77(1):1-8.
 52. Pedra CA, Fleishman C, Pedra SF, Cheatham JP. New imaging modalities in the catheterization laboratory. *Curr Opin Cardiol.* 2011;26(2):86-93.
 53. Fagan TE, Truong UT, Jone PN, Bracken J, Quaife R, Hazeem AA, et al. Multimodality 3-dimensional image integration for congenital cardiac catheterization. *Methodist Debaquey Cardiovasc J.* 2014;10(2):68-76.