

Reconstrução Tridimensional Dinâmica do Coração através da Ecocardiografia Transesofágica

Maria de Fátima Veiga, Mário G. Lopes, Fausto J. Pinto

Lisboa, Portugal

Objetivo - Avaliar a acuidade da ecocardiografia na realização e obtenção de imagens para reconstrução tridimensional dinâmica (3D).

Métodos - Foram obtidas imagens para reconstruções 3D em 20 doentes consecutivos submetidos a ecocardiografia transesofágica. Foi utilizado um transdutor de 5 Mhz multiplanar ligado ao sistema de reconstrução 3D.

Resultados - Foram estudados, consecutivamente, 20 doentes, idade média de 56 ± 16 anos, com as seguintes doenças cardíacas: próteses valvulares - 6 (2 mitrais, 2 aórticas e 2 mitro-aórticas); prolapso da válvula mitral - 3; doença mitro-aórtica - 2; doença da válvula aórtica - 5; cardiopatia congênita - 3 (2 comunicação interatrial (CIA) e 1 transposição das grandes artérias (TGA)); fístula arteriovenosa - 1. Em 7 doentes foi também obtido fluxo por Doppler a cores e feita a reconstrução 3D do fluxo. Foram adquiridas 25 estruturas cardíacas e foram realizadas 60 reconstruções (28 de válvulas mitrais, 14 de válvulas aórticas, 4 de próteses mitrais, 7 de próteses aórticas e 7 de CIA). Das 60 (91,6%) reconstruções, 55 foram consideradas de boa qualidade por 2 observadores independentes. As 11 válvulas/próteses mitrais e 2 CIAs reconstruídas forneceram mais informações anatómicas do que apenas o ecocardiograma bidimensional.

Conclusão - A ecocardiografia 3D, pela via transesofágica, é uma técnica exequível, que melhora o reconhecimento de detalhes anatómicos de estruturas cardíacas, particularmente a válvula mitral e o septo interatrial.

Palavras-chave: ecocardiografia tridimensional, ultrasonografia, doença valvular

A reconstrução tridimensional (3D) do coração, através de imagens bidimensionais convencionais, é um desenvolvimento tecnológico recente com potenciais aplicações clínicas.

A reconstrução através da ecocardiografia transtorácica é, freqüentemente limitada em alguns doentes pelo pequeno número de janelas acústicas e pela qualidade inadequada de imagens. Além disso, o tamanho do *device* que se acopla ao transdutor transtorácico é demasiado pesado e volumoso, dificultando, assim, o manuseio durante o exame, resultando num maior número de artefatos na imagem, o que perturba a sua adequada análise e correto diagnóstico.

Com a introdução clínica inicial da ecocardiografia transesofágica (ETE) em 1980, surge uma nova janela para o coração. Em 1986, Martin e cols.¹⁻³ usaram um micromanipulador para o transdutor transesofágico para o ecocardiograma 3D. Devido à elevada qualidade de imagens derivada do acesso transesofágico, considerável interesse tem sido gerado em torno da reconstrução 3D do coração, usando a imagem transesofágica, a qual oferece um sítio relativamente estável para a obtenção das imagens em múltiplas vias.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a praticidade na realização e obtenção de imagens com boa qualidade diagnóstica, usando a ETE para a reconstrução 3D.

Métodos

As imagens para a reconstrução 3D foram obtidas durante estudos transesofágicos de rotina em 20 doentes de ambulatórios, em ritmo sinusal, referidos ao nosso Serviço de Ecocardiografia, tendo sido excluídos os com má janela ecocardiográfica apical, via preferencial para a aquisição da imagem, e com fibrilação atrial, pois é difícil fazer o *gating* do R-R. A anestesia local da garganta foi feita com lidocaína *spray* e a sedação leve com midazolam venoso.

Após o exame bidimensional (2D) com Doppler convencional, foi utilizado um transdutor multiplanar de 5 Mhz (Vingmed CFM 800) e uma série de imagens foi obtida para a reconstrução 3D. O ecocardiógrafo foi acoplado a um sistema de reconstrução 3D (Echoscan Tomtec GmbH).

Hospital Universitário de Santa Maria - Faculdade de Medicina de Lisboa.
Correspondência: Fausto J. Pinto - Faculdade de Medicina de Lisboa - Clínica Médica - Piso 2 - Av. Prof. Egas Moniz - 1600 - Lisboa - Portugal
Recebido para publicação em 27/7/98
Aceito em 6/1/99

Resultados

Tabela I - Características clínicas do grupo

Nº	Sexo	Idade	Diagnóstico	ROI
1	M	43	Fístula arteriovenosa	VM
2	M	23	CIA	SIA
3	F	55	Estenose Ao + IAo	VAo, VM
4	F	25	CIA	SIA, VAo
5	F	67	Estenose mitral + IAo	VM
6	M	38	d-TGA	VAo, VM
7	M	68	Prótese mitral + aórtica	VAo, VM
8	F	68	Prolapso mitral + IM	VM
9	M	46	Abscesso VAo	VAo
10	F	51	Endocardite mitral + prótese Ao	VM
11	F	60	Espessamento VAo	VAo
12	M	60	Prótese mitral	VM
13	M	75	Prolapso mitral	VM
14	F	60	Prótese mitral + aórtica	VM
15	F	43	Estenose aórtica	VAo
16	F	76	Prótese mitral	VM
17	M	72	Prolapso mitral + IM	VM
18	F	69	Prótese Ao + espessamento VM	VAo, VM
19	F	75	Estenose aórtica	VAo
20	M	50	Endocardite aórtica + IAo	VAo

ROI- região de interesse; M- masculino; F- feminino; CIA- comunicação interatrial; VAo- válvula aórtica; IAo- insuficiência aórtica; VM- válvula mitral; IM- insuficiência mitral; SIA- septo interatrial; TGA- transposição das grandes artérias.

Os dados foram trigados com o eletrocardiograma (ECG) e a respiração do doente e as imagens 2D foram adquiridas pela via apical, digitalizadas e armazenadas em disco. O operador teve de localizar o centro do eixo, em torno do qual foi rodado o transdutor multiplanar, em intervalos de 2º até 180º, ativado por um motor e controlado por um *software*. Foram obtidas 90 séries sequenciais de 0 a 180º durante cada ciclo cardíaco. O tempo médio total necessário para a calibração, aquisição, processamento e reconstrução foi de 40 a 50min.

No presente estudo utilizamos o método de visualização da reconstrução *volume-rendered* em que a partir de qualquer plano de corte foram aplicados diferentes algoritmos para representar a informação no espaço. Foram utilizadas várias escalas de cinza, de distância, de textura e de gradiente, um limiar (*threshold*) para diferenciar as estruturas cardíacas do sangue e do fundo da imagem, com a ajuda dos vários graus de brilho e opacidade para dar a percepção de profundidade.

Foram estudados 20 pacientes consecutivos, 9 do sexo masculino e 11 do sexo feminino, idade de 23 a 75 (média de 56±16) anos com as condições clínicas representadas na tabela I.

Todos os pacientes estavam em classe funcional I da NYHA e em ritmo sinusal. Dois pacientes tinham comunicação interatrial, três prolapso da válvula mitral (PVM), três estenose aórtica, três endocardite, seis eram portadores de próteses, um tinha fístula arteriovenosa, um transposição das grandes artérias, um estenose mitral e um fibrose da válvula aórtica.

O exame transesofágico foi bem tolerado e a aquisição e reconstrução foi possível em todos os doentes. Foi realizado um total de 48 aquisições (15 pacientes com uma e 5 com duas aquisições).

Foram adquiridas 25 estruturas cardíacas e 60 reconstruções foram feitas (28 válvulas mitrais, 14 válvulas aórticas, 4 regurgitações mitrais, 7 regurgitações aórticas e 7 defeitos do septo interatrial).

Em sete pacientes foram também adquiridos e reconstruídos fluxos a cores, sendo cinco regurgitações mitrais e duas insuficiências aórticas.

As válvulas puderam ser vistas em várias perspectivas para mostrar as lesões em diversas maneiras. Essas estruturas foram projetadas em vários planos e observadas nas diferentes fases do ciclo cardíaco.

Das 60 (91,6%) reconstruções, 55 foram consideradas como de boa qualidade diagnóstica por 2 observadores independentes. As 11 válvulas mitrais e as 2 comunicações interatriais reconstruídas forneceram mais informações anatômicas que somente o estudo 2D.

Prolapso da válvula mitral - A informação anatômica dos folhetos valvulares foi obtida em três pacientes através do *volume-rendered*, fazendo-se vários cortes ao nível da válvula mitral no longo e curto eixo. Devido ao fato do átrio esquerdo (AE) ser muito bem visibilizado pela ETE, a reconstrução 3D dá uma excelente visão da válvula mitral com os folhetos prolapsados vistos por cima⁴. A vantagem deste modo de visualização da imagem está na excelente janela acústica dada pela dilatação do AE, nos casos em que estão associadas as regurgitações mitrais, auxiliando, assim, na percepção da morfologia dos componentes da válvula mitral. Um exemplo de PVM é mostrado na figura 1.

Regurgitação mitral - Em cinco pacientes foi possível, através da imagem dinâmica em 3D, a visualização e a melhor compreensão da direção e tamanho do jato em projeção, não disponível através do ecocardiograma 2D por Doppler de fluxo a cores. A regurgitação mitral é vista na figura 2, onde o jato central pode ser claramente observado sob a perspectiva atrial.

Seis doentes foram estudados para avaliação dos diferentes tipos de próteses mitral e aórtica (7 mecânicas e uma biológica). As imagens obtidas não resultaram em qualquer informação adicional significativa em relação às bidimensionais, pois a avaliação dos discos foi inadequada, mesmo após a seleção de diferentes limiares com ajuste do brilho e opacidade, devido a excesso de ecos, dificultando a correta análise. A figura 3 mostra a prótese de disco em sístole.

Estenose aórtica - A reconstrução 3D da válvula aórtica foi obtida em três pacientes, com as cúspides aórticas vistas de cima. No modo dinâmico, a abertura e o fechamento da válvula puderam ser observadas. Na figura 4 pode se visibilizar a válvula aórtica estenótica em diástole.

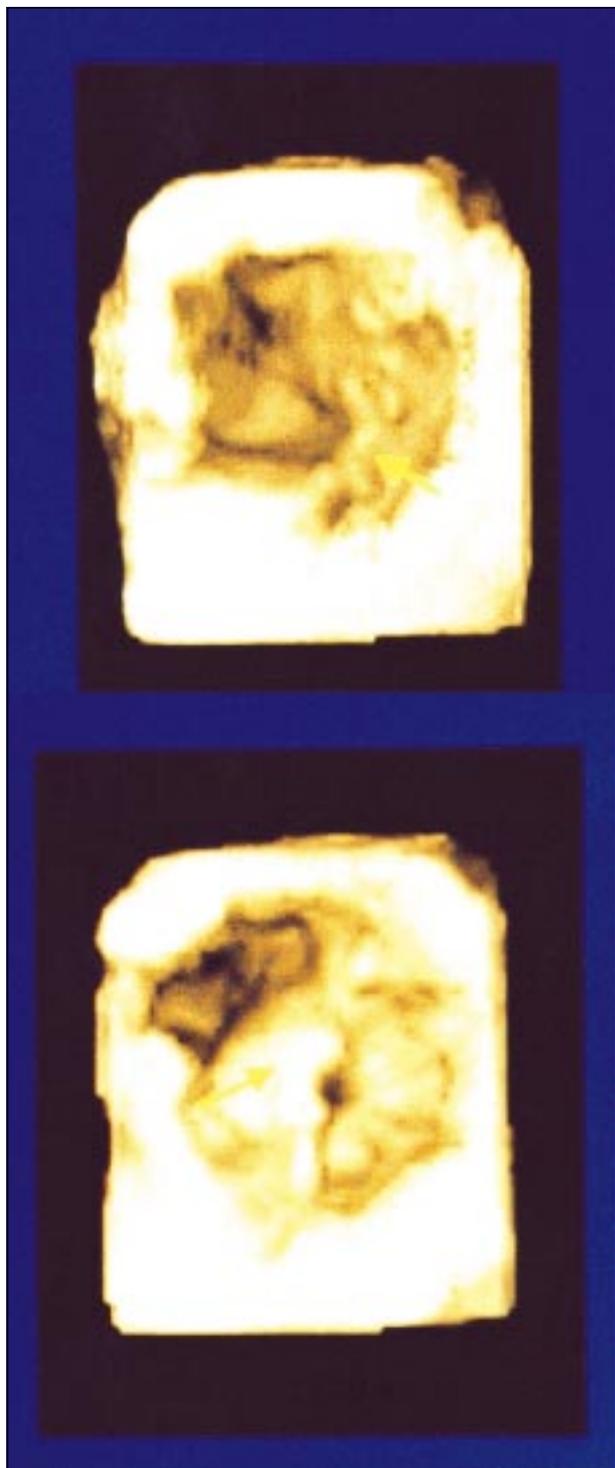


Fig. 1 - Reconstrução 3D num paciente com prolapso da válvula mitral: em A) a válvula mitral é vista sob a perspectiva ventricular e em B), sob a perspectiva atrial, o folheto anterior prolapsando, em sístole, em direção ao observador.

Defeito do septo interatrial - Em dois pacientes, a reconstrução 3D foi realizada e a visualização direta do tamanho e da geometria dos defeitos e suas relações com as outras estruturas cardíacas, sob a visão de ambos os lados do septo interatrial, puderam ser vistas. Foi possível igualmente determinar a variação sistó-diastólica na configuração do

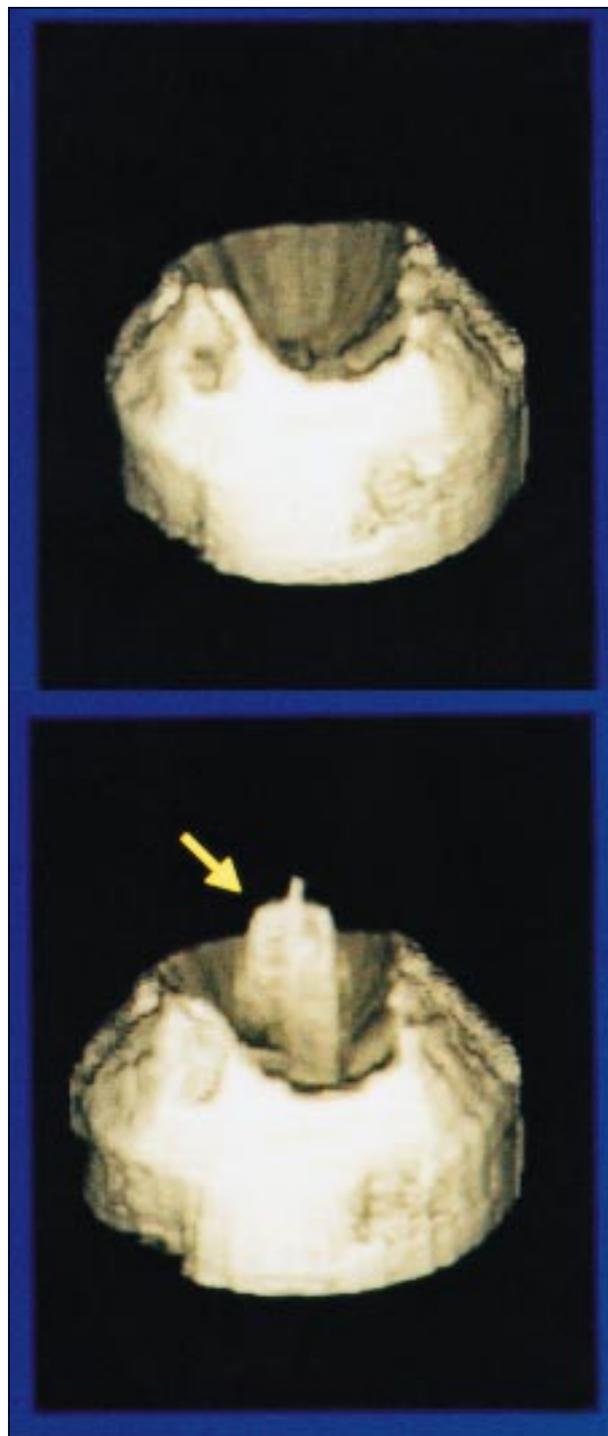


Fig. 2 - Reconstrução 3D da válvula mitral em um paciente com insuficiência mitral. O jato central é bem visível a partir da porção média do átrio esquerdo.

defeito, apenas possível de ser visualizada com as imagens tridimensionais.

Na figura 5 podemos ver um enorme defeito do septo interatrial sob a perspectiva do átrio esquerdo. O átrio direito é visto através do enorme defeito.

Endocardite infecciosa - Em três pacientes com endocardite infecciosa foi possível identificar em um deles (nº 9) uma melhor localização anatômica de um abscesso perival-

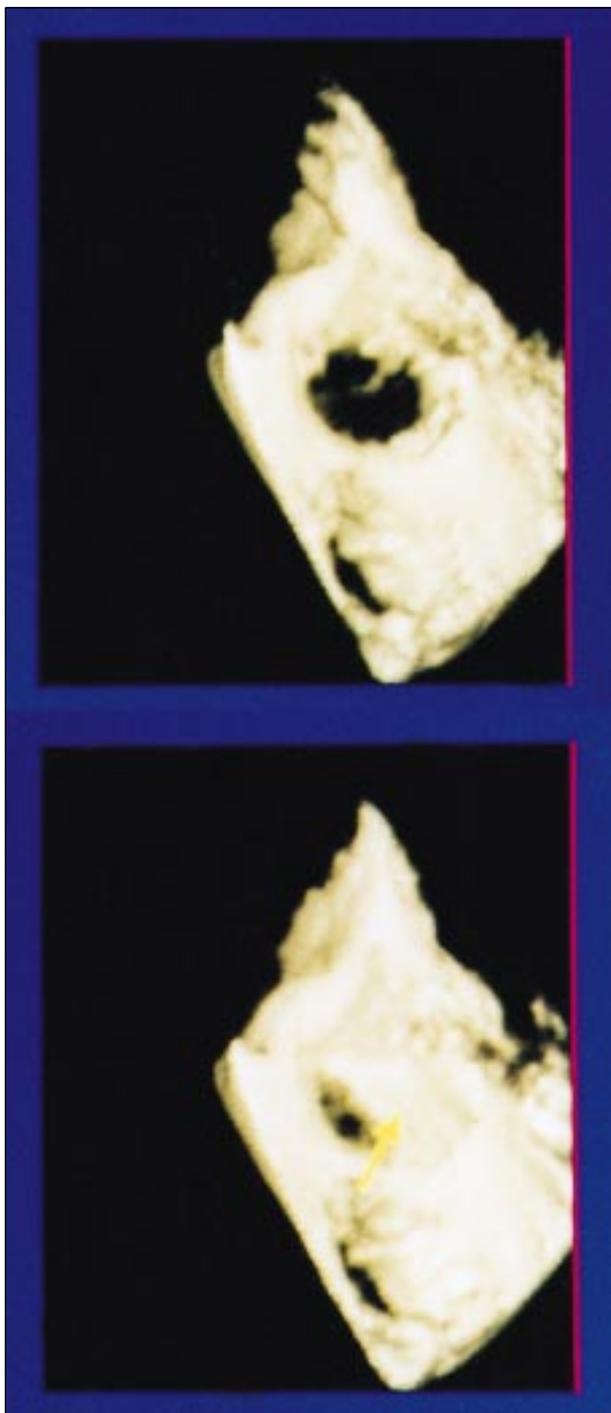


Fig. 3 - Reconstrução 3D de uma prótese aórtica mecânica: A) ilustra o disco aberto em sístole e B) mostra o disco fechado.

vular aórtico. Nos restantes dois pacientes foram visibilizadas vegetações, já identificadas pelo método 2D.

Discussão

A ecocardiografia 3D pode se tornar o melhor método para o estudo da anatomia e patologia do coração. Durante os últimos anos a reconstrução 3D do coração tem sido realizada com diferentes métodos de aquisição de imagem. Até

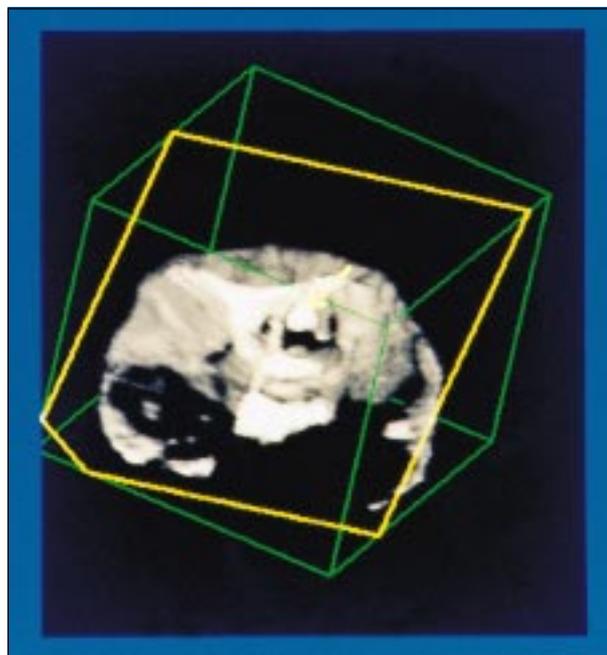


Fig. 4 - Reconstrução 3D da válvula aórtica. Observa-se a válvula aórtica estenótica em diástole.

o presente, as imagens convencionais 2D são sempre usadas para a reconstrução 3D.

A técnica de aquisição rotacional oferece vantagens durante o estudo transesofágico multiplanar, pela excelente qualidade de imagem obtida através desta janela ultra-sonográfica⁵⁻⁹. Quando a região de interesse é centralizada, o transdutor é segurado numa posição estável e então o motor o faz rodar em torno do eixo. Esta técnica, relativamente fácil de realizar, requer um período de treino, pois o aparelho, acoplado ao transdutor, é um tanto volumoso e pesado.

A ETE, em especial a multiplanar, tem se tornado um procedimento largamente usado em muitos centros, uma vez que pode ser facilmente empregado para as diversas avaliações clínicas. Sendo o esôfago posicionado atrás do coração, é um local estável para instalação do transdutor multiplanar, oferecendo vantagens para a aquisição rotacional de imagens de boa qualidade, em relação a outros métodos.

A maior vantagem da reconstrução 3D consiste na possibilidade de visibilizar estruturas em perspectivas únicas, devido aos cortes que podem ser realizados em qualquer plano desejado¹⁰, auxiliando na avaliação das estruturas valvulares, quer sejam o aparelho subvalvular, o anel valvular e o espessamento dos folhetos em múltiplos cortes, e na observação da extensão e magnitude dos defeitos em diferentes pontos e ângulos não disponíveis na ecocardiografia 2D e numa perspectiva similar à do cirurgião.

Além disso, o modo dinâmico de visualização de imagem permitiu uma oportunidade de melhor reproduzir o movimento valvular, fornecendo uma informação adicional da

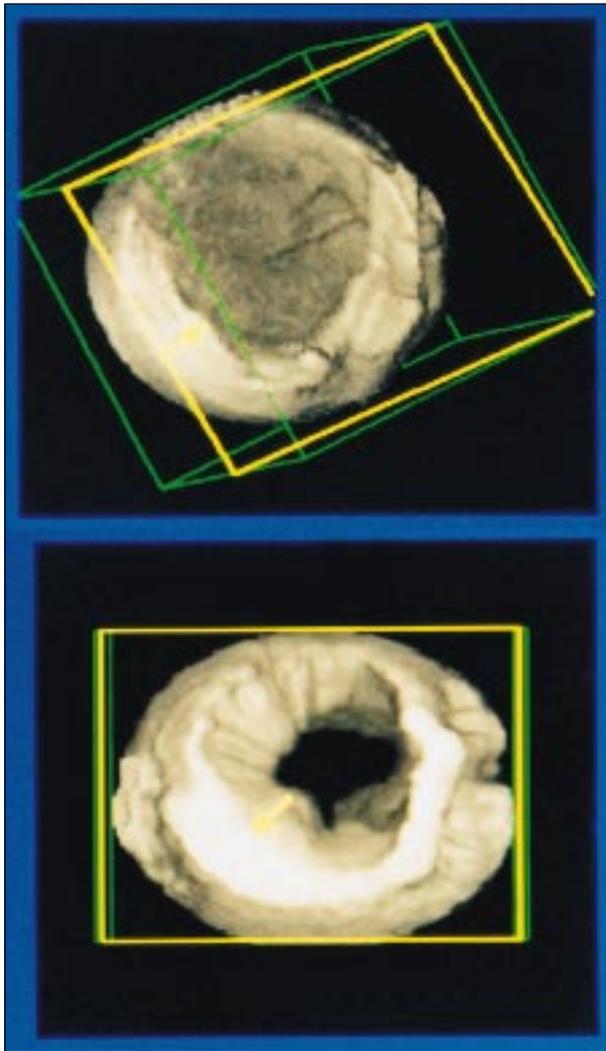


Fig. 5 - Um corte ao nível do septo interatrial ajudou a definir o defeito interatrial e sua relação com as outras estruturas.

mobilidade dos folhetos, comissura e tamanho do orifício valvular e, assim, delinear as várias doenças, em comparação com o coração flácido durante a cirurgia^{11,12}.

Contudo, nas próteses valvulares a existência de material protético constitui uma limitação à reconstrução 3D, resultando em múltiplos artefatos e dificultando a interpretação diagnóstica.

A qualidade da imagem reconstruída, considerada adequada quando completa a visibilização na profundidade das estruturas de interesse, é dependente da qualidade das imagens bidimensionais coletadas durante a aquisição, que, por sua vez, depende da estabilidade do transdutor, da respiração e da frequência cardíaca do paciente. Devido a este fato foram excluídos os pacientes com fibrilação atrial, o que dificulta o *gating* com o ECG, assim como pacientes com dificuldade respiratória, o que prolonga em muito o tempo de aquisição das imagens.

Vários fatores foram cruciais para o resultado da reconstrução 3D. A seleção de ganhos e do *threshold* na imagem pós processada representaram etapas importantes para a imagem *volume-rendered*. Quando não respeitados, podem resultar em artefatos e limitar o diagnóstico.

Outro aspecto importante a ser salientado é a possibilidade de movimentação do transdutor pelo paciente durante a aquisição, que foi contornada com a adequada orientação ao paciente no sentido de permanecer imóvel.

Finalmente, a maior limitação do método foi o tempo consumido para o processamento dos dados, que é ainda extremamente longo para o uso em rotina.

Concluindo, este estudo demonstra que a reconstrução dinâmica 3D pela ETE multiplanar é possível e que melhora o reconhecimento de detalhes anatômicos das estruturas cardíacas, particularmente, da válvula mitral e do septo interatrial.

Referências

1. Martin RW, Bashein G, Zimmer R, Sutherland J. An endoscopic micromanipulator for multiplanar transesophageal imaging. *Ultrasound Med Biol* 1986; 12: 965-75.
2. Martin RW, Bashein G, Detmer PR, Moritz WE. Ventricular volume measurement from a multiplanar transesophageal ultrasonic imaging system: an in vitro study. *IEEE Trans Biomed Eng* 1990; 37: 442-8.
3. Martin RW, Bashein G. Measurement of stroke volume with three-dimensional transesophageal ultrasonic scanning: comparison with thermodilution measurement. *Anesthesiology* 1989; 70: 470-6.
4. Salustri A, Becker AE, Herwerden L, Vletter WB, Cate FJT, Roelandt JRT. Three-dimensional echocardiography of normal and pathologic mitral valve: a comparison with two-dimensional transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 1502-10.
5. Sugeng L, Cao QL, Delabays A, Pandian NG, et al. Three-dimensional echocardiographic evaluation of aortic disorders with rotational multiplanar imaging: experimental and clinical studies. *J Am Soc Echocardiography* 1997; 10: 120-32.
6. Roelandt JRTC, ten Cate FJ, Vletter WB, et al. Ultrasonic dynamic three-dimensional visualization of the heart with a multiplane transesophageal imaging transducer. *J Am Soc Echocardiogr* 1994; 7: 217-29.
7. Menzel T, Kahaly SM, Kolsch B, Kupferwasser I, Meyer J, et al. Quantitative assessment of aortic stenosis by three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiography* 1997; 10: 215-23.
8. Salustri A, Roelandt J. Three dimensional reconstruction of the heart with rotational acquisition: methods and clinical applications. *B Heart J* 1995; 13(suppl 2): 10-15.
9. Ghosh A, Nanda NC, Maurer G. Three-dimensional reconstruction of echocardiographic images using the rotation method. *Ultrasound Med Biol* 1982; 8: 655 - 661.
10. Pandian NG, Roelandt J, Nanda N, Sugeng L, Cao Q, Azevedo J, et al. Dynamic Three-dimensional echocardiography: methods and clinical potential. *Echocardiography* 1994; 11: 237-59.
11. Chen Q, Nosir YFM, Vletter WB, Kint PP, Salustri A, Roelandt JRT. Accurate assessment of mitral valve area in patients with mitral stenosis by three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiography* 1997; 10: 133-40.
12. Levine RA, Handshumaker MD, Sanfilippo AJ, et al. Three-dimensional echocardiographic reconstruction of the mitral valve, with implication for diagnosis of mitral valve prolapse. *Circulation* 1989; 80: 589-98.