

Papel de la ecocardiografía en la cirugía cardíaca

Raquel Adoriso
Miguel A. García
Fernández
Pablo Avanzas

Laboratorio
de Ecocardiografía
Hospital General
Universitario Gregorio
Marañón
Madrid

Resumen

La ecocardiografía tiene un papel importante en la cirugía cardíaca, en especial la ecocardiografía transeofágica. Este artículo revisa la utilidad de esta técnica en los períodos pre, intra y postoperatorio y otras técnicas que en un futuro inmediato aportarán información adicional de la anatomía del corazón.

Palabras clave: Ecocardiografía. Cirugía Cardíaca. Ecocardiografía Transeofágica.

Summary

Echocardiography plays an important role in cardiac surgery, specially transoesophageal technique. This article reviews the usefulness of echocardiography in the pre, intra and postoperative periods and other techniques that in future could give additional information of cardiac anatomy.

Key words: Echocardiography. Cardiac Surgery. Transesophageal echocardiography.

Introducción

Desde los principios de su historia, la ecocardiografía ha estado estrechamente relacionada con la cirugía cardíaca. En el año 1972, fue descrita la primera aplicación de la ecocardiografía en el quirófano de cirugía cardíaca para evaluar el resultado de la comisurotomía mitral¹. Después del desarrollo de la ecocardiografía transtorácica, su utilidad clínica llegó a ser muy extensa demostrando día a día su importancia en la valoración preoperatoria de las distintas patologías cardíacas. Se convirtió en un componente importante en el seguimiento rutinario de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca, especialmente en casos de enfermedad valvular y de implantación de prótesis. En los años 80, el desarrollo de las sondas transeofágicas² con transductores de alta frecuencia permitió visualizar con detalle cada uno de los componentes del corazón y representar adecuadamente la anatomía y la morfología de las válvulas. La utilidad de la ecocardiografía transeofágica (TE) fue ampliamente reconocida³⁻⁹ en el quirófano para planificar adecuadamente el tipo de estrategia a elegir y para diagnosticar rápidamente procesos agudos en caso de urgencia. Su rápida y extensa difusión está relacionada con su capacidad de proporcionar imágenes de alta resolución y de evaluar disturbios del flujo en diversas condiciones hemodinámicas mediante el método Doppler, tanto

color como espectral. Estas características técnicas unidas a la disponibilidad de la TE en diferentes situaciones han hecho de ella un procedimiento rutinario. Actualmente, el papel intraoperatorio de la TE se centra en diferentes aspectos:

1. evaluar los resultados de intervenciones reconstructivas tales como la reparación valvular mitral o los defectos congénitos.
2. Reducir las complicaciones cardiovasculares durante procedimientos quirúrgicos en pacientes con alto riesgo.
3. Valorar las condiciones hemodinámicas durante el postoperatorio de la cirugía de revascularización coronaria.

Tal y como está planteada hoy, la TE intraoperatoria es una técnica multidisciplinar que requiere la cooperación de cirujanos, cardiólogos y anestesiólogos cardiovasculares. La ecocardiografía epicárdica se está convirtiendo en una herramienta útil para evaluar con precisión la ubicación y la extensión de la enfermedad aterosclerótica aórtica, para reducir el riesgo de embolismo durante la manipulación de la aorta, y para evaluar las consecuencias hemodinámicas de la intervención quirúrgica (como la obstrucción dinámica del tracto de salida del ventrículo izquierdo)¹⁰. En la era actual, las nuevas tecnologías ultrasónicas se están desarrollando para una mejor planificación de la técnica quirúrgica, como ocurre en el caso de la ecocardiografía tridimensional y de la ecocardiografía intravascul ar.

Ecocardiografía preoperatoria

La ecocardiografía se está convirtiendo en una herramienta indispensable para la evaluación de las enfermedades cardíacas valvulares, coronaria y congénita. Todas las modalidades ecocardiográficas, como la transtorácica, transeofágica y de estrés unido a los exámenes Doppler, han permitido representar cada patología cardíaca en sus aspectos morfológico y funcional. Por otra parte, las condiciones clínicas asociadas a los datos ecocardiográficos, permiten establecer las indicaciones quirúrgicas apropiadas en la mayoría de los pacientes sin necesidad de realizar un cateterismo cardíaco.

Correspondencia:
Miguel Ángel García Fernández
Laboratorio de Ecocardiografía
Hospital General Universitario
Gregorio Marañón
Dr. Esquerdo, 46
28007 Madrid

El desarrollo de métodos cuantitativos para evaluar la función ventricular sistólica ha permitido obtener un método estandarizado de modo que la cine-ventriculografía no es requerida dentro de una rutina preoperatoria. Varios índices como dimensiones ventriculares, volúmenes, fracción de eyección y de acortamiento se utilizan rutinariamente para la evaluación de la función sistólica ventricular durante la cirugía y en el periodo postoperatorio.

Otro avance importante proviene de la introducción de la ecocardiografía de estrés, tanto de esfuerzo como farmacológico, para el manejo apropiado de los pacientes con enfermedad coronaria. Las anomalías regionales del movimiento de la pared pueden preceder a los cambios en el electrocardiograma y al inicio de los síntomas, evidenciando asimismo la efectividad del procedimiento de revascularización. La evaluación ecocardiográfica se utiliza igualmente para la selección de los pacientes que pueden ser donantes de corazón¹¹. Por otra parte, la ecocardiografía ha mostrado ser la herramienta diagnóstica principal en el caso de complicaciones mecánicas del infarto agudo del miocardio, tales como la comunicación interventricular, la rotura de músculo papilar y la rotura cardíaca.

Una de las aplicaciones más importantes de la ecocardiografía sigue siendo la evaluación de la enfermedad valvular, utilizándose dicho procedimiento para decidir el momento exacto de la intervención quirúrgica. En el caso de la estenosis aórtica sintomática¹², la ecocardiografía ha demostrado indicar correctamente el momento para la intervención de modo que el cateterismo cardíaco se utiliza únicamente para el estudio del árbol coronario. En casos de estenosis aórtica con disfunción ventricular izquierda¹³, el cálculo del área valvular está ampliamente aceptado para determinar si la cirugía es apropiada o no.

Con respecto al caso de la estenosis aórtica asintomática¹⁴⁻¹⁵, la ecocardiografía permite el seguimiento de los pacientes, detectando cualquier deterioro de la función ventricular izquierda o cambios en el área valvular aórtica. En caso de insuficiencia valvular aórtica, la ecocardiografía es útil para decidir la intervención quirúrgica antes de que se produzca un deterioro irreversible de la función ventricular izquierda¹⁶⁻¹⁷. La ecocardiografía transtorácica y transesofágica han demostrado ser útiles para la valoración del tamaño exacto de la raíz aórtica¹⁸ y para decidir el tipo y el número de prótesis a colocar. Para seleccionar la talla adecuada del homograft, la ecocardiografía permite obtener las dimensiones de cada uno de los componentes de la raíz aórtica como el anillo, los senos de Valsalva, la unión sino-tubular y aorta ascendente. Cuando se planea el procedimiento de Ross, la morfometría pulmonar puede ser evaluada para confirmar las dimensiones para el homograft pulmonar. En caso de disección aórtica aguda, la ecocardiografía transesofágica preoperatoria es la herramienta preferida para indicar la intervención quirúrgica¹⁹. Ésta permite definir rápidamente el lugar y la extensión de la lesión aórtica, al igual que ocurre en el caso de rotura traumática.

El estudio preoperatorio de la válvula mitral es un continuo desafío en lo referente a la opción quirúrgica de reparación valvular²⁰, cada día más extensa. La repara-

ción valvular se está convirtiendo realmente en el método más utilizado para tratar las lesiones regurgitantes en los casos de degeneración mixomatosa (70%), isquemia miocárdica, dilatación del anillo valvular, disfunción del músculo papilar, hendidura de la válvula mitral, y menos frecuentemente de la enfermedad reumática. Los resultados a corto y a largo plazo han mostrado una menor mortalidad y morbilidad asociada a una reducción de coste en el manejo de los pacientes, debido a la terapia anticoagulante, en comparación con el reemplazo de la válvula mitral²¹⁻²². El procedimiento de reparación se elige en base al mecanismo de regurgitación valvular: perforación, hendidura de la válvula mitral, endocarditis o dilatación del anillo²³. Existen diferentes tipos de técnica quirúrgica para reparar la válvula y comprenden la resección cuadrangular o la plicatura del tejido redundante o del "flail", la reconstrucción del velo mitral competente, el acortamiento o implantación de cuerdas o la anuloplastia mitral (tabulación). La introducción de la ecocardiografía transesofágica multiplana ha permitido obtener mucha información sobre la localización de la enfermedad en la válvula, analizar el aparato subvalvular y describir la anatomía del anillo mitral, sus dimensiones y función. Utilizando múltiples planos de proyección de la imagen se podría considerar cada válvula y el mecanismo de regurgitación. Los bordes de cada velo mitral deben ser visualizados en toda su longitud y en relación con otras estructuras cardíacas, como la válvula aórtica, la orejuela izquierda, las venas pulmonares y el seno coronario. La valoración ecocardiográfica también incluye el análisis de la movilidad del velo²⁴. Un primer tipo lo constituye la regurgitación mitral asociada a movilidad normal de los velos, generalmente secundaria a dilatación anular; el segundo tipo es el relacionado con una movilidad excesiva de los velos, o prolapsos, debido a la elongación de las cuerdas o a la ruptura de las mismas, o a la fibrosis, estiramiento o ruptura del músculo papilar. El tercer tipo o movimiento restrictivo comprende la restricción en el movimiento de los velos que se desarrolla típicamente en caso de enfermedad reumática o isquémica de la válvula mitral. Un análisis completo considera cualquier anomalía coexistente como ocurre en el caso de un defecto del septo interauricular, de masa cardíaca o de otra lesión valvular o vascular que pueda afectar las decisiones quirúrgicas.

Algunos autores han mostrado la potencial utilidad clínica de la ecocardiografía de estrés en el manejo de los pacientes con enfermedad valvular o portadores de prótesis. En presencia de síntomas como la disnea de esfuerzo, la ecocardiografía de estrés puede ser útil para analizar la respuesta cardíaca al ejercicio y valorar el comportamiento de la hipertensión pulmonar²⁵.

En el caso de la endocarditis, la ecocardiografía permite seleccionar pacientes que requieren intervención quirúrgica²⁶. Especialmente en caso de abscesos o fístulas, puede ser útil mostrar la ubicación, la extensión y la localización de estas complicaciones de la endocarditis, que ponen en peligro la vida del paciente. Por otra parte es el único método que puede ser utilizado para demostrar la presencia de estas anomalías, ya que el cateterismo cardíaco expone al paciente a mayor riesgo del embolización.

Ecocardiografía intraoperatoria

La ecocardiografía intraoperatoria, incluyendo la transesofágica y la epicárdica, ha entrado ya en la rutina quirúrgica. Mientras la ecocardiografía epicárdica ha sido aceptada por algunos cirujanos, la ecocardiografía transesofágica está más difundida, por lo menos en casos seleccionados^{5-9,27}. Actualmente, su papel está firmemente establecido para el procedimiento quirúrgico reconstructivo y algunos equipos quirúrgicos reconocen su eficacia también en otros campos.

En la cirugía valvular, el valor de la ecocardiografía intraoperatoria ha sido evaluado para planificar las intervenciones y para monitorizar los efectos quirúrgicos y hemodinámicos que se producen después de la intervención²⁸. Además, ha demostrado su utilidad en conducir a una apropiada estrategia para el paciente. Sheikh *et al.*²⁹ han demostrado que la ecocardiografía transesofágica era capaz de indicar que la intervención no era necesaria en el 11% de los pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico para una insuficiencia valvular. Por otra parte, la ecocardiografía transesofágica ha demostrado ser capaz de identificar cualquier complicación de la reparación de la válvula mitral tal y como la regurgitación mitral residual, el movimiento sistólico anterior, y la estenosis mitral. La severidad de dichas complicaciones podría variar en función de las diferentes condiciones de carga del ventrículo izquierdo. Para obtener una evaluación completa es necesario analizar la válvula mitral bajo condiciones hemodinámicas fisiológicamente normales, es decir, cuando el volumen ventricular izquierdo se restablece completamente. Por otra parte, la valoración exacta del grado de insuficiencia valvular intraoperatoria ha demostrado ser predictora de mal pronóstico²⁹⁻³⁰. De hecho, una insuficiencia valvular mitral residual está relacionada con muerte súbita o la necesidad de reintervención. Cuando existe una regurgitación residual, la corrección agresiva parece reducir los riesgos ya mencionados. Se ha señalado que 5-10% de los casos necesita de nuevo entrar en bomba extracorpórea³¹. La ecocardiografía transesofágica ha demostrado ser útil para vigilar las condiciones hemodinámicas durante y después de la intervención. Asociado a la reparación de la válvula mitral, a menudo se requiere la cirugía de la válvula o del anillo tricuspídeo. También en éstos casos se ha demostrado su utilidad porque permite planear la anuloplastia tricuspídea y evaluar cualquier insuficiencia residual³².

La ecocardiografía transesofágica intraoperatoria se utiliza también para confirmar el funcionamiento de la prótesis biológica o mecánica implantada. Confirma al cirujano la exacta colocación de la prótesis y excluye la presencia de puntos de sutura pasados a través de las estructuras cercanas. También puede visualizar lesiones provocadas durante el acto quirúrgico a otras válvulas o a paredes de las cámaras cardíacas³³. En caso de intervención aórtica, las nuevas tendencias de la cirugía cardíaca para la utilización de homograft o autograft han demostrado las ventajas de la ecocardiografía transesofágica intraoperatoria para asegurar la eficacia del reemplazo de la válvula afectada³⁴. Algunos grupos han subrayado la utilidad de la ecocardiografía transe-

sofágica intraoperatoria para la toma de decisiones en caso de intervención de la miocardiopatía hipertrófica³⁵. Se ha mostrado que el 20% de casos requieren una segunda intervención con resultados satisfactorios, mientras que el estudio ecocardiográfico transtorácico preoperatorio no muestra un gradiente aceptable. En el campo de la cirugía de las arterias coronarias, el grupo clínico de Cleveland ha señalado el valor de la ecocardiografía transesofágica en pacientes que van a ser sometidos a cirugía de revascularización coronaria de alto riesgo³⁶. Estos resultados mostraron un cambio en la planificación quirúrgica en el 33% de los pacientes, y cambios en el manejo hemodinámico y anestésico de un 51%. A pesar de todo, aún existen muchas controversias sobre si la ecocardiografía transesofágica intraoperatoria está indicada para todos los pacientes sometidos a CABG³⁷. Considerando la facilidad para evaluar anomalías del patrón contráctil ventricular, global y regional, la ecocardiografía transesofágica intraoperatoria tiene un papel ampliamente establecido en caso de revascularización quirúrgica para valorar anomalías debidas a las imperfecciones técnicas que se encuentran al poner un injerto³⁸. Nuevas y prometedoras ventajas parecen surgir del cuidadoso estudio de la aorta. De hecho la detección de placas de ateroma en la aorta ascendente y el potencial riesgo de embolización de las mismas durante la intervención quirúrgica asume una gran importancia³⁹. Algunos estudios han demostrado la utilidad intraoperatoria de la ecocardiografía transesofágica en dicho aspecto. Desgraciadamente la ecocardiografía transesofágica mantiene un punto oculto en la visualización de la aorta ascendente distal, que es el sitio de mayor manipulación durante la canalización quirúrgica. El uso de la sonda epicárdica ha demostrado superar estos problemas. Algunos estudios han mostrado la superioridad de la técnica epivascular a pesar de la ecocardiografía transesofágica⁴⁰. Desgraciadamente, por ahora no hay estudios que muestren una reducción significativa del riesgo de accidente cerebrovascular tras la introducción de esta nueva técnica.

Otra aplicación para la ecocardiografía intraoperatoria es la cirugía de disección aórtica. En este caso, la insuficiente perfusión cerebral es una complicación potencial del procedimiento quirúrgico y puede ser relacionada con la perfusión retrógrada a través de la arteria femoral. La ecocardiografía transesofágica puede confirmar la presencia del flujo a los vasos de la cabeza y del cuello⁴¹, trata cada cardiomioma, los cirujanos tienen que extraer el aire intracardiaco. Orihashi y colaboradores⁴² demostraron la eficacia de la ecocardiografía transesofágica intraoperatoria para identificar las microburbujas en la vena pulmonar superior derecha, en la aurícula izquierda, en el ventrículo izquierdo y en el seno de Valsalva derecho. Algunos estudios han demostrado el uso potencial de la ecocardiografía transesofágica para dirigir la eliminación del aire intracardiaco. A pesar de la eficacia potencial de esta técnica en ese aspecto, algunos estudios no muestran correlación alguna entre el resultado neurológico final y las concentraciones de microburbujas, con las consiguientes nulas implicaciones clínicas⁴³. La ecocardiografía transe-sofágica intraoperatoria tiene también un papel establecido en la continua valoración de los ventrículos y del efecto

de la cirugía en el caso de cirugía cardíaca mínimamente invasiva⁴⁴. Se ha demostrado su utilidad para dirigir la inserción de los catéteres, evitando la sobredistensión del ventrículo izquierdo mientras que se coloca el balón intraórtico y para confirmar la presencia de cardioplegia retrógrada en el seno coronario. Se ha constatado que es una técnica útil en este tipo de procedimiento caracterizado por un acceso limitado al corazón.

Ecocardiografía postoperatoria

La ecocardiografía postoperatoria es realmente un complemento esencial dentro de las exploraciones complementarias para el seguimiento de la evolución de los pacientes. La utilidad de la ecocardiografía en el postoperatorio inmediato y tardío está totalmente constatada en la práctica rutinaria.

En el periodo postoperatorio inmediato el estudio transtorácico parece estar limitado a causa de la presencia de aire y de los tubos de drenaje en el tórax del paciente. La ecocardiografía transesofágica parece ser una herramienta útil con un válido papel diagnóstico en la presencia de inestabilidad hemodinámica postoperatoria, indicando la necesidad de reintervención quirúrgica en una amplia abanico de casos (10-66%), tal y como se ha demostrado en literatura⁴⁵⁻⁴⁶. Esta variación en dichos porcentajes que proviene de diversos estudios se relaciona estrechamente con la variabilidad entre las distintas unidades quirúrgicas en su aplicación de la asistencia circulatoria mecánica en pacientes con fracaso uni y biventricular. El tamponamiento cardíaco se puede diagnosticar también con estas técnicas.

En el campo del trasplante cardíaco, la ecocardiografía se podría utilizar para el seguimiento de los pacientes⁴⁷ y algunos autores señalan la utilidad de esta técnica para mostrar el embolismo como secuela⁴⁸.

En casos de prótesis, el control postoperatorio inmediato revela anomalías de menor importancia, incluyendo las mínimas regurgitaciones paravalvulares sin un resultado adverso consecuente. Como técnica de seguimiento a largo plazo, el ecocardiograma transtorácico y transesofágico ha demostrado ser una herramienta válida para diagnosticar una disfunción, una trombosis o una dehiscencia con un papel fundamental a la hora de indicar la necesidad de una reintervención³³.

Direcciones futuras

A pesar de que la ecocardiografía está siendo una herramienta muy útil en el pre, intra y postoperatorio, información adicional se podría conseguir de adelantos tecnológicos en este campo.

La visualización incompleta del corazón que proviene de la proyección de imágenes bidimensionales requiere que cirujanos y cardiólogos tengan que hacer una reconstrucción mental tridimensional del corazón. Las nuevas tecnologías de reconstrucción tridimensional han pro-

porcionado una mejor definición de cada uno de los distintos componentes del corazón.

Algunas publicaciones han demostrado cómo la ecocardiografía tridimensional puede ofrecer una visión quirúrgica de las válvulas y de los defectos congénitos, superando las limitaciones de la ecocardiografía bidimensional. Sin embargo, esta técnica está limitada actualmente por el largo tiempo que conlleva la toma de imágenes. La reciente introducción de la ecocardiografía tridimensional en tiempo real puede alcanzar resultados prometedores⁴⁹⁻⁵⁰.

El nuevo uso de la ecocardiografía de contraste ha mostrado la ventaja potencial en el estudio detallado del flujo regional del miocardio⁵¹ y para delimitar el flujo a través las arterias coronarias nativas y de los injertos implantados. Puede que tenga una implicación importante en la evaluación de la eficacia de la implantación del injerto. Desgraciadamente esta nueva técnica no ha alcanzado hasta ahora una adecuada difusión clínica. Sakakibara *et al.*⁵² señalaron también la importancia de la utilización del Doppler en la visualización de las arterias coronarias y de anastomosis. Se requieren otros adelantos tecnológicos para alcanzar un uso completo de los medios de contraste.

Bibliografía

1. Johnson ML, Holmes JH, Spangler RD, Paton BC. Usefulness of echocardiography in patients undergoing mitral valve surgery. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 1972;64:922-34.
2. Hanrath P, Kremer P, Langstein BA, Matsumoto M, Bleifeld W. Transösophageale echokardiographie: ein neues verfahren zur dynamischen ventrikelfunktions-analyse. *Dtsch Med Wochenscher* 1981;106:523-5.
3. Bryan AJ, Barzilai B, Kouchoukos NT. Transesophageal echocardiography and adult cardiac operations. *Ann Thorac Surg* 1995;59:773-9.
4. Cicek S, Demirkilic V, Kuralay E, Tatar H, Ozturk O. Transesophageal echocardiography in cardiac surgical emergencies. *J Card Surg* 1995;10:236-44.
5. García Fernández MA, Navia J. Ecocardiografía transesofágica intraoperatoria: ¿para qué, cómo, con quién?. *Rev Esp Cardiol* 2000;53:1325-8.
6. Almeida J. Ecocardiografía transesofágica no bloco operatorio. *Rev Port Cardiol* 1999;18(5):531-9.
7. Brandt RR, Oh JK, Abel MD, Click RL, Orszulack TA, Seward JB. Role of emergency intraoperative transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11(10):972-7.
8. Sousa RC, García Fernández MA, Moreno M, Tizon M, Valdeviesos M, Rubio M, *et al.* Contributo e rentabilidade de ecocardiografía transesofágica intraoperatoria de rotian em cirurgia cardíaca. Análisis de 130 casos consecutivos. *Rev Port Cardiol* 1995;14:15-27.
9. Pepi M, Barbier P, Doria E, Bortone F, Tamborini G. Intraoperative multiplane vs biplane transesophageal echocardiography for the assessment of cardiac surgery. *Chest* 1996;109:305-11.
10. Davila Roman VG, Phillips KJ, Daily BB. Intraoperative transesophageal echocardiography and epi-aortic ultrasound for the assessment of atherosclerosis of the thoracic aorta. *J Am Coll Cardiol* 1996;2:942-7.
11. Stoddard MF, Longaker RA. The role of transesophageal echocardiography in cardiac donor screening. *Am Heart J* 1993;125:1676-81.

12. Otto K, Pearlman JS. Doppler echocardiography in adult with symptomatic aortic stenosis. *Arch Intern Med* 1998;148:2553-60.
13. Bermejo J, García Fernández MA, Torrecilla EG, et al. Effects of dobutamine on Doppler echocardiographic indexes of aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28:1206-13.
14. Otto CM, Burwash IG, Legget ME, et al. Prospective study of asymptomatic valvular aortic stenosis, clinical echocardiography and exercise predictions of outcome. *Circulation* 1997;95:2262-70.
15. Carabello B. Timing of valve replacement in aortic stenosis. Moving closer to perfection. *Circulation* 1997; 95:2241-3.
16. Cheitlin MD. Finding just the right moment for operative intervention in the asymptomatic patients with moderate to severe aortic regurgitation. *Circulation* 1998;97: 518-20.
17. Borer JS, Hochreiter C, Herrold EmcM. Prediction of indications for valve replacement among asymptomatic or minimally symptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular performance. *Circulation* 1998;97:525-34.
18. Weinert L, Karp R, Vignon P, Bales A, Lang RM. Feasibility of aortic diameter measurement by multiplane transesophageal echocardiography for pre-operative selection and preparation of homograft aortic valves. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 1996; 12:954-61.
19. Banning AP, Ruttley MST, Musumeci F, Fraser A. Acute dissection of the thoracic aorta: transesophageal echocardiography is the investigation of choice. *Br Med J* 1995;310:72-3.
20. Shah PM, Raney AA, Duran CM, Oury JH. Multiplane transesophageal echocardiography: a roadmap for mitral valve repair. *J Heart Valve Dis* 1999; 8:625-9.
21. Sand ME, Naftel DC, Balckstone EH, Kirklin JW, Karp RB. A comparison of repair and replacement for mitral valve incompetence. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1987; 94:208-19.
22. Ren JF, Aksut S, Lightly GW Jr, et al. Mitral valve repair is superior to valve replacement from the early preservation of cardiac function: relation to ventricular geometry to function. *Am Heart J* 1996;131: 974-81.
23. Lee EM, Shapiro LM, Wells FC, et al. Echocardiography in mitral valve repair for mitral regurgitation: the surgeon's need. *J Heart Valve Dis* 1997;6:228-33.
24. Stewart WJ, Currie PJ, Salcedo EE, et al. Evaluation of mitral leaflet motion by echocardiography and jet direction by Doppler color flow mapping to determine the mechanisms of mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:1353-61.
25. Bach DS. Stress echocardiography for the evaluation of hemodynamics: valvular heart disease, prosthetic valve function and pulmonary hypertension. *Prog Cardiovasc Dis* 1997;39:543-54.
26. Taams MA, Gussenhoven EJ, Bos E, et al. Enhanced morphological diagnosis in infective endocarditis by transesophageal echocardiography. *Br Heart J* 1990; 63:109-13.
27. Chaliki HP, Click RL, Abel MD. Comparison of intraoperative transesophageal echocardiographic examinations with the operative findings: prospective review of 1918 cases. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:237-40.
28. Grimm RA, Stewart WJ. The role of intraoperative echocardiography in valve surgery. *Cardiol Clin* 1998;16:477-89.
29. Sheikh KH, Bengston JR, Rankin JS, De Brujin NP, Kisslo J. Intraoperative transesophageal Doppler colour flow imaging used to guide patient selection and operative treatment of ischemic mitral regurgitation. *Circulation* 1991;84:594-604.
30. Fix J, Isada L, Cosgrove D, et al. Do patients with less than echo perfect results from mitral valve repair by intraoperative echocardiography have a different outcome? *Circulation* 1993;88:39-48.
31. Calafiore P, Komeda M, Raman J, Tatoulis J, Skillington P, Buxton B. Intraoperative transesophageal echocardiography. In: Application of echocardiography in cardiac surgery.
32. De Simone R, Lange R, Saggau W, Gams E, Tanzeem A, Hagl S. Intraoperative transesophageal echocardiography for the evaluation of mitral, aortic, and tricuspid valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg* 1992;6: 665-73.
33. García Fernández MA, Martínez Selles M, García Orta R. Ecocardiografía transesofágica en la valoración de las prótesis cardíaca en el paciente crítico. En: Ecocardiografía en el paciente crítico. Ed: Ayuela JM, López Pérez JM, Fiol M. Barcelona: Springer Verlag Iberica, 2000.
34. Guarracino F, Zussa C, Polesel E, Rigo F, Penzo D, De Cosmo D. Influence of transesophageal echocardiography on intraoperative decision making for toronto stentless prosthetic valve implantation. *J Heart Valve Dis* 2001;10:31-4.
35. Marwick JH, Stewart WJ, Lever HM, et al. Benefits of intraoperative echocardiography in the surgical management of hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:1066-72.
36. Savage RM, Lytle BW, Aronson S, et al. Intraoperative echocardiography is indicated in high risk coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1997;64: 368-74.
37. Hines RL. Transesophageal echocardiography: is it for everyone? *J Card Surg* 1990;5:240-3.
38. Young T, Thielmeier KA, Hassel EA. Detection of intraoperative segmental wall motion abnormalities by transesophageal echocardiography. *Anesth Analg* 1997;85:1410-1.
39. Katz ES, Tunick PA, Rusinek H, Ribakove G, Spencer FC, Kronzon I. Protruding aortic atheromas predict stroke in elderly patients undergoing cardiopulmonary bypass: experience with intraoperative transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:70-7.
40. Black JW, Stewart WJ, Klein AL, Thomas JD, Cosgrove DW. Intraoperative assessment of aortic atheroma: comparison of epivascular and transesophageal echocardiography. *Eur Heart J* 1993;14:358.
41. Neustein SM, Lansman SL, Quinatana CS, Sumani R, Ergin A, Griep RB. Transesophageal Doppler echocardiographic monitoring for malperfusion during aortic dissection repair. *Ann Thorac Surg* 56:358-61.
42. Orihashi K, Matsumura Y, Hamanaka Y. Retained intracardiac air in open heart operations examined by transesophageal echocardiography. *Ann Thorac Surg* 1993;55:1467-71.
43. Topol EJ, Humphrey LS, Borkon AM, et al. Value of intraoperative microbubbles detected by transesophageal two-dimensional echocardiography in predicting neurologic outcome after cardiac operations. *Am J Cardiol* 1985;56:773-5.
44. Siegel LC, St Goar FG, Stevens JH, et al. Monitoring considerations for Port Access cardiac surgery. *Circulation* 1997;96:592-8.
45. Reichert CLA, Visser CA, Koolen JJ, et al. Transesophageal echocardiography in hypotensive patients after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 104:321-6.
46. Davila Roman VG, Barzilal B, Eaton M, Wareing TH, Kouchoukos NT. Early post-operative complications detected by transesophageal echocardiography in cardiothoracic surgery patients. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15:130A.
47. Angermann CE, Spes CH, Tammen A, et al. Anatomic characteristics and valvular function of the transplanted heart: transthoracic versus transesophageal echocardiographic findings. *J Heart Transplant* 1990;9:331-8.
48. Derumeaux G, Mouton-Scheleffier D, Zmuda G, et al. High incidence of left atrial thromboses detected by transesophageal echocardiography in orthotopic heart transplant recipients. *Eur Heart J* 1993;14:437.
49. Roelandt JRTC, Yao J, Kazprzak JD. Three dimensional echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 1998;13: 386-96.
50. De Castro S, Adoriso R, Azevedo J, Pandian NG. Three dimensional echocardiography. *Rev Port Cardiol* 2001.
51. García Fernández MA, Zamorano JL. *Práctica de la ecocardiografía de contraste*. Madrid: ENE Ediciones, 1999.
52. Sakakibara T, Matsuwaka R, Ishikura F, Mitsuno M, Yagura A, Kodama K. Intraoperative real time visualization of coronary arteries by means of power Doppler echocardiography: preliminary experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;113:605-6.