Monitorización hemodinámica intraoperatoria con ecocardiografía transesofágica: Experiencia clínica

M Carolina Cabrera Sch¹, Emilio Santelices C¹,
Rodrigo Hernández V².

Intraoperative hemodynamic monitoring with transesophageal echocardiography

Background: Transesophageal echocardiography allows a semi-invasive hemodynamic monitoring, during cardiac and non cardiac surgery. The benefits of such surveillance must be assessed, since it may help to change patient management. **Aim:** To assess the usefulness of transesophageal echocardiography during surgical procedures in critical patients. **Material and methods:** Based on the indications of the North American Societies of Cardiology and Anesthesiology, 264 patients were monitored using a multiplanar transducer. The type of surgery, insertion difficulties, quality of visualization, complications and usefulness of the method were recorded. **Results:** One hundred eleven cardiac and 153 non cardiac surgical procedures were monitored. In 97% of cases, visualization was good. In 2 cases, it was impossible to obtain a transgastric axis. No complications of the procedure were recorded. The method was useless in nine patients, helpful to change drug and volume management in 126 (48%) patients, helpful to change perioperative management in 49 (19%) patients and was a substitute for pulmonary artery catheterization in 79 (30%) patients. **Conclusions:** Intraoperative transesophageal echocardiography is a safe technique that renders high quality images, with a low incidence of complications and that, when well indicated, orients therapeutic changes in 98% of patients (Rev Méd Chile 2004; 132: 823-31).

(Key Words: Echocardiography, transesophageal; Surgery; Thoracic surgery)

Recibido el 26 de noviembre, 2003. Aceptado en versión corregida el 6 de mayo, 2004.

¹Departamento de Anestesiología y ²Departamento de Cardiología, Hospital Clínico Fuerza Aérea de Chile. Santiago de Chile.

La adecuada vigilancia intraoperatoria permite cambios precoces en el manejo de los pacientes. La detección de alteraciones de presión arterial, ritmo cardíaco, ventilación e isquemia miocárdica ha permitido disminuir la incidencia de eventos perioperatorios.

Correspondencia a: M Carolina Cabrera Sch. Cerro Colorado 4922, Dpto. A-111. Las Condes, Santiago.
E-mail: carol218@vtr.net

En este sentido la monitorización con ecocardiografía transesofágica (ETE) intraoperatoria ha sido un aporte significativo en la monitorización hemodinámica¹⁻³.

Se trata de un método mínimamente invasivo, de fácil inserción, que permite la visualización inmediata de las cavidades cardíacas, de sus válvulas y de sus grandes vasos. Usando *doppler* color, pulsado y continuo, se cuantifican velocidades

des y gradientes que permiten la estimación de volúmenes y presiones^{4,5}.

El operador de esta técnica de imágenes debe estar apropiadamente entrenado y, basándose en evidencia y experiencia médica, se recomiendan dos niveles de capacitación, básico y avanzado⁶⁻¹⁰.

La indicación del uso de la ETE ha sido objeto de amplia investigación. En la actualidad se reconocen tres categorías para su uso perioperatorio (Tabla 1). La categoría I es donde la evidencia señala que con el uso de ETE existe

un beneficio importante y cambios en la morbi-mortalidad. En ésta se incluyen por ejemplo: alteraciones severas en la hemodinamia que no responden a tratamiento^{11,12}, plastias valvulares^{13,14} y durante la realización de ventanas pericárdicas. En la categoría II, se incluyen diagnósticos como detección de isquemia miocárdica¹⁵⁻¹⁷, detección de aire intracardiaco¹⁸ y reemplazos valvulares. En la categoría III la evidencia es débil. Ejemplos de esta categoría son la detección de embolización durante ciru-

Tabla 1. Recomendaciones de ecocardiografía transesofágica perioperatoria de las Sociedades Americana de Anestesiología y Cardiología. (Adaptado de *Anesthesiology* 1996; (84): 984-1006)

Categoría I: (Fuerte evidencia científica y en opinión de expertos su uso permite mejorar el pronóstico de estos pacientes)

- Alteraciones hemodinámicas severas y refractarias
- Reparación de válvulas
- Cirugía cardíaca para reparaciones congénitas
- Endocarditis
- Disección aórtica torácica
- Aneurisma de aorta torácica
- Ventanas pericárdicas
- Cardiomiopatía hipertrófica

Categoría II: (Evidencia más débil respecto a sus beneficios y sin consenso entre los expertos, pero su indicación y beneficios dependerán de cada caso)

- Paciente con riesgo de isquemia o infarto miocárdico
- Paciente con riesgo de grandes cambios hemodinámicos perioperatorios
- Reemplazo valvular
- Detección de embolia aérea durante cardiomiectomías y neurocirugía en posición sentada
- Sospecha de trauma cardíaco
- Sospecha de disección traumática de la aorta
- Trombectomía intracardiaca
- Embolectomía pulmonar
- Detección de cuerpos extraños intracardiacos
- Evaluación de cirugía pericárdica
- Detección de ateromas aórticos
- Evaluación de anastomosis en trasplante cardíaco o pulmonar

Categoría III: (Poca evidencia científica que avale su uso, poco frecuente que mejore el pronóstico en estos pacientes)

- Evaluación de perfusión miocárdica
- Monitorización de la administración de fármacos cardiopléjicos
- Evaluación de la anatomía coronaria
- Evaluación del funcionamiento de puentes coronarios
- Monitorización de embolia durante cirugías ortopédicas
- Evaluación de patología pleuropulmonar
- Monitorización de la instalación de un balón de contrapulsación

gía ortopédica, instalación de aparatos y la evaluación de la perfusión miocárdica.

Dada la excelente experiencia internacional, avalada por una extensa cantidad de literatura, es que durante el año 1995 se inició un proyecto de desarrollo de ETE en el Departamento de Anestesiología de nuestro hospital, apoyado por el Departamento de Cardiología. Se describe a continuación esta experiencia clínica sistematizada. El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer esta técnica como monitor intraoperatorio, que aporta mucha información práctica y en tiempo real, para lograr así su divulgación. Además, se proponen indicaciones adecuadas a la realidad anestesiológica nacional basadas en la experiencia adquirida.

PACIENTES Y MÉTODOS

Una vez aprobado por el comité de ética, el proyecto de ETE intraoperatoria y con firma de consentimiento informado general del hospital por los pacientes, se monitorizaron adultos sometidos a cirugía cardíaca y no cardíaca bajo anestesia general. Los criterios de inclusión se basaron en las tres categorías de evidencia y por la indicación de ETE del anestesiólogo tratante del paciente. Se excluyeron enfermos con patología gastro-esofágica aguda (menos de 6 semanas de evolución), cirugía reciente esófago-gástrica, presencia de várices esofágicas y anticoagulación total.

La ETE fue realizada por dos anestesiólogos inicialmente entrenados en formación básica, apoyados por cardiólogos y luego por un anestesiólogo con entrenamiento avanzado.

La máquina de ETE fue un HP Sonos 2500, con un transductor transesofágico multiplanar de 5 Mhz. El equipo estuvo encendido mientras duró la monitorización, cambiándolo de posición cada 15 min máximo, para evitar aumento de la temperatura en esa zona esófago-gástrica. Durante la circulación extracorpórea de cardiocirugía el equipo permaneció apagado.

Se consignaron edad, peso, talla, género, tipo de cirugía, duración de cirugía y de monitorización con ETE de todos los pacientes. En la descripción estadística se calculó promedio, desviación estándar (DS) y porcentajes.

Los casos fueron grabados en video y reportados en una hoja especialmente diseñada.

Para el estudio se sistematizó el examen en cuatro grupos de estructuras anatómicas.

Primer grupo: Esófago alto (Figura 1), aquí se estudió la válvula aórtica (VA) en su eje corto y largo, aurícula derecha (AD) e izquierda (AI) y *septum* interauricular. A este nivel se evaluó la presencia de comunicación interauricular con *doppler* color y medio de contraste. A nivel del tracto de entrada del ventrículo derecho (VD), se estimó la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP). Para estimar la PSAP se evaluó la presencia de

FIGURA 1. Esófago alto. Leyenda: AD= aurícula derecha, AI= aurícula izquierda, VA= válvula aórtica, VD= ventrículo derecho.

reflujo tricuspídeo con *doppler* color y se midió su velocidad máxima con *doppler* continuo. Con este valor y utilizando la fórmula simplificada de Bernouilli ($P = 4 \times v^2 + \text{presión venosa central}$), se estimó la PSAP.

Segundo grupo: Esófago medio (Figura 2), se visualizaron las 4 cámaras y orejuela izquierda. A nivel de válvula mitral se calculó gasto cardíaco (GC). Para medirlo, se utilizó el área valvular mitral medida por planimetría a nivel transgástri-

co, se midió la velocidad máxima de llene del VI (onda E) calculándole su integral (ITV), luego se multiplicaron estos valores obteniéndose el volumen expulsivo mitral, que multiplicándolo por frecuencia cardíaca resultó en GC mitral. Se estudió las ondas de llenado diastólico de VI (ondas E y A) y también se midió la velocidad de las venas pulmonares (S, D y a).

Tercer grupo: Intragástrico (Figura 3), se estudió el VI en su eje corto. A nivel de músculos papilares, se

FIGURA 2. Esófago medio. AD= aurícula derecha, VD= ventrículo

FIGURA 3. Intragástrico. VD= ventrículo derecho, VI= ventrículo izquierdo.

monitorizó isquemia miocárdica y se midió volumen sistólico y diastólico del VI. Se utilizó una visión transgástrica profunda para medir la velocidad del tracto de salida del VI y calcular GC aórtico. Para obtener este valor, se realizó planimetría de la válvula aórtica en su eje corto y obtener su área. A la velocidad máxima del tracto de salida del VI se le calculó su integral (IVT), se multiplicaron ambos valores obteniéndose el volumen sistólico, que luego se multiplicó por la FC para obtener GC.

Cuarto grupo: Aorta, estas imágenes permitieron estudiar aorta torácica, cayado y aorta ascendente.

RESULTADOS

Entre marzo 1999 y octubre 2003 fueron monitorizados 264 pacientes (Tablas 2 y 3). La duración de la monitorización fue, en promedio, 46 ± 12 min en el caso de cirugía no cardíaca y 65 ± 16 min, en el caso de cardiocirugía. Mientras el paciente estuvo en circulación extracorpórea el equipo permaneció apagado.

En todos los casos se logró insertar el transductor y obtener visiones satisfactorias, que permitieron manejar al paciente. En 11% de los casos, no fue posible obtener una visión transgástrica adecuada.

En esta serie no hubo complicaciones graves. Se buscó dirigidamente, hasta 14 días del postoperatorio, la presencia de complicaciones esofagógicas, que no se presentaron en ninguno de los casos.

Monitorización durante cirugía cardíaca: Se evaluó enfermos con diferentes diagnósticos (Tabla 4). La revascularización miocárdica (RVM) fue el diagnóstico más frecuente. Los pacientes monitorizados fueron aquellos con diagnóstico de mala función de ventrículo izquierdo (FE <30%), revascularización miocárdica sin circulación extracorpórea y disección de aorta.

En el caso de plastias mitrales y recambios valvulares, todos se evaluaron con ETE durante su intraoperatorio.

Monitorización durante cirugía no cardíaca: Los 153 pacientes sometidos a cirugía no cardíaca y que se monitorizaron con ETE durante su intraoperatorio, fueron pacientes sometidos a diversas cirugías (Tabla 5).

Tabla 2. Pacientes monitorizados con ETE durante cardiocirugía

Número de pacientes	111
Género	65 hombres/45 mujeres
Edad	67 ± 12 años
Talla	$1,68 \pm 1,2$ m
Peso	69 ± 6 kg
Duración cirugía	285 ± 32 min
Duración monitorización	85 ± 16 min

Tabla 3. Pacientes monitorizados con ETE durante cirugía no cardíaca

Número de pacientes	153
Género	98 hombres/55 mujeres
Edad	62 ± 10 años
Talla	$1,68 \pm 1,2$ m
Peso	71 ± 14 kg
Duración cirugía	75 ± 12 min
Duración monitorización	46 ± 12 min

Tabla 4. Tipos de cardiocirugías monitorizados con ETE

Tipo de cirugía	Pacientes	
	n	%
RVM	70	64
Reemplazo valvular	20	22,5
Plastia mitral	8	7,2
Disección aorta	5	5,4
Otros	8	
Total	111	

Tabla 5. Tipos de cirugías no cardíacas monitorizadas con ETE

Tipo de cirugía	Pacientes	
	n	%
Vascular mayor	28	18
Tórax	39	25
Abdomen	70	45
Traumatológicas	10	6,5
Neurocirugías	6	3,9
Total	153	

Tabla 6. Distribución de pacientes por grupos

	Cardiociugía (nº pacientes)	Cirugía no cardíaca (nº pacientes)
Grupo 1 (sin utilidad)	6	9
Grupo 2 (cambio manejo drogas y volumen)	70	56
Grupo 3 (cambio manejo perioperatorio)	34	15
Grupo 4 (sustituto Swan Ganz)	0	79
Total	110 (42%)	153 (58%)

Las causas para monitorizar con ETE correspondieron, en la gran mayoría (41%), para la detección de isquemia intraoperatoria, le siguieron como causa las alteraciones hemodinámicas severas (12%) y cirugía con grandes cambios de volumen (11%). Otros motivos para monitorizar fueron la detección de embolias durante cirugía traumatológica, abdominal o neurocirugía en posición sentada.

Para lograr objetivar la percepción clínica de la utilidad que prestó la ETE, cada enfermo fue clasificado por el anestesiólogo a cargo del paciente, diferente al anestesiólogo operador del ETE, en uno de los siguientes 4 grupos:

- 1 = sin utilidad
- 2 = cambio en el manejo de volúmenes y drogas
- 3 = cambio en el manejo perioperatorio
- 4 = sustituto de catéter de arteria pulmonar

Del total de pacientes, 9 casos (4.5%) se clasificaron en grupo 1, en el grupo 2 126 pacientes (48%), en el grupo 3 se incluyeron 49 enfermos (18,5%) y en el grupo 4, 79 pacientes (18,5%) (Tabla 6).

En el grupo 2 se ubicó el mayor número de casos. El cambio se produjo en la racionalidad del aporte de fluidos, manejando los volúmenes de acuerdo a lo observado en las imágenes. Para el manejo de drogas también se evaluó su efecto visualizando el miocardio. Del total de casos en grupo 2, 70 pacientes (56%) fueron monitorizados durante cardiocirugías y los otros 56, durante cirugía no cardíaca (Tabla 6).

En el grupo 4 se clasificaron un tercio de los casos, todos durante cirugía no cardíaca, en que por contarse con ETE no se indicó catéter de arteria pulmonar durante todo el perioperatorio, es decir, hasta que el paciente se fue de alta.

Tabla 7. Nuevos diagnósticos de pacientes ubicados en grupo 3

Nuevo diagnóstico	Pacientes
Isquemia intraoperatoria	11
Sin isquemia intraoperatoria	21
Taponamiento	3
Embolia durante cementación de prótesis de cadera	4
Orejuela AI sin trombo	1
Embolia aérea	2
Trombo en VI	2
Insuficiencia mitral	1
Insuficiencia aórtica	1
Calcificación velos aórticos	1

En los 49 enfermos que se clasificaron en grupo 3, se consideró que por la monitorización con ETE intraoperatoria, hubo un cambio en el manejo médico perioperatorio, el cual fue: no ingresar un paciente a UCI por determinarse que no existió isquemia intraoperatoria o no realizar curva enzimática o determinación de troponina. También se consideró en esta categoría nuevos diagnósticos, como taponamiento pericárdico, embolia pulmonar e isquemia miocárdica, entre otros (Tabla 7).

DISCUSIÓN

La introducción de la ETE como monitor hemodinámico intraoperatorio es un avance importante para el manejo de los pacientes. Visualizar en forma directa el corazón y los grandes vasos

permite hacer nuevos diagnósticos, evaluar el estado de cada latido, manejar el aporte de volumen y la indicación de drogas vasoactivas de manera fisiológica¹⁹⁻²¹.

En clínica y especialmente en el manejo de pacientes críticos y complejos, es importante validar e introducir tecnologías que sean eficientes y seguras y representen para el médico tratante un aporte real al momento de responder interrogantes con respecto al estado fisiológico y, principalmente, fisiopatológico de sus pacientes^{22,23}.

En este sentido, la ETE intraoperatoria es una tecnología mínimamente invasiva, que permite en pocos minutos obtener imágenes reales del estado cardiovascular. Esto contrasta con la técnica actualmente utilizada para el manejo hemodinámico del enfermo crítico, el catéter de arteria pulmonar, que requiere la invasión de un vaso venoso con un índice de complicaciones no despreciable, un operador entrenado, hábil y tiempo para su instalación^{24,25}.

La medición de volúmenes con ETE es directa y no una inferencia de mediciones de presión, como se realiza en la práctica habitual con el controvertido catéter de Swan Ganz. Esto es una clara ventaja, sobre todo con el miocardio dañado y con alteraciones de distensibilidad en que los valores de presión no se correlacionan con los valores de volumen. La ecocardiografía permite evaluar la función diastólica del VI, hecho no despreciable, ya que hasta 30% de los pacientes con insuficiencia cardíaca tienen función sistólica conservada y sólo alteración del diástole ventricular. Así se obtiene una aproximación más exacta de la fisiología cardíaca, evaluando la precarga dependiente del volumen diastólico final en la imagen de eje corto del VI. La postcarga puede estudiarse mejor que con resistencia vascular sistémica (RVS), calculando el estrés meridional de pared, correlacionando valores de presión y radio de fin de sístole ($\text{estrés} = P \times \text{radio} / 2 \text{ h}$ (grosor) asumiendo al VI como una esfera). Por último, la contractilidad miocárdica se observa en forma directa.

En la mayoría de los pacientes de nuestra serie, la ETE fue útil. Un alto porcentaje de los casos se ubicó en grupo 2, es decir, según la evaluación que hizo el anestesiólogo a cargo del paciente, la ETE le facilitó el manejo y guía del aporte de fluidos y fármacos. A un número

importante de enfermos sometidos a cirugía no cardíaca no se les instaló Swan Ganz por contarse con ETE, hecho que implica dos cosas: primero, desaparecen las complicaciones derivadas de la punción venosa central y segundo, la cantidad de información hemodinámica que se obtuvo en ellos fue mayor.

En el grupo 3, esto es, cambio en el manejo perioperatorio de los enfermos, se clasificaron 49 pacientes. En estos casos, la ETE permitió realizar un nuevo diagnóstico que cambió la forma del manejo perioperatorio. Entre estos se incluyeron pacientes que venían a pabellón con diagnóstico de cardiopatía coronaria severa y que durante el intraoperatorio se constató función cardíaca normal y por lo tanto no requirieron ser ingresados a UCI en su postoperatorio. En contraste, los pacientes que durante su intraoperatorio presentaron isquemia miocárdica fueron manejados en su postoperatorio en UCI, indicación no planificada en el preoperatorio²⁷⁻³⁰.

Sin duda que esta técnica de monitorización semiinvasiva ofrece ventajas y tiene grandes áreas de desarrollo, pero también presenta desventajas, como el alto costo de equipamiento e imposibilidad para monitorizar los períodos de intubación y extubación. Además, no todos los cambios de la motilidad de la pared ventricular corresponden a isquemia: bloqueos en la conducción y el uso de inótrópos pueden producirlos. Otra restricción de tipo técnico se plantea en cuanto a la imposibilidad de mantenerlo en el postoperatorio, por ser muy mal tolerado por el paciente³¹⁻³³.

Por otro lado, es importante implementar en forma adecuada esta tecnología de imágenes, ya que sus diagnósticos son operador-dependiente y requiere una adecuada formación, por lo que otro punto a considerar es el entrenamiento de los operadores. En nuestro medio, se debe definir el tiempo y forma de enseñanza, su certificación y acreditación para lograr criterios y calidad similar entre los diferentes centros. Este debiera ser específicamente enfocado a la ecocardiografía transesofágica perioperatoria. En Norteamérica y Europa, el entrenamiento ha sido dividido en niveles básico y avanzado. En el nivel básico, el anestesiólogo debe ser capaz de reconocer todas las estructuras cardíacas, diagnosticar isquemia miocárdica, evaluar la hemodinamia y función ventricular. Es muy importante que sepa recono-

cer sus limitaciones, no aventure diagnósticos y solicite ayuda precozmente. En la etapa más avanzada deberá, además, manejar *doppler* para mediciones de gradientes y áreas, el diagnóstico de disección de aorta, endocarditis y trombos, entre otros requisitos. No cabe duda que un factor importante es la experiencia y la ejecución sistemática y constante en el tiempo de la técnica. Otro factor a considerar es el apoyo que se requiere de cardiólogos con experiencia para la discusión e intercambio de opiniones³⁴⁻³⁵.

Nuestra experiencia empezó en 1995, apoyada por el Departamento de Cardiología, logrando así un buen nivel básico y, posteriormente, por un año de entrenamiento de un anestesiólogo en un laboratorio de ecocardiografía extranjero, para alcanzar el nivel más avanzado. Para la implementación del sistema se tuvo en cuenta lo limitado de los recursos. Por esto fue fundamental compartir el equipo con el Departamento de Cardiología.

Las principales recomendaciones nuestras para el desarrollo adecuado de este sistema en un Departamento de Anestesia, es sistematizar las indicaciones y contraindicaciones, que deben ser conocidas por todos los anestesiólogos, mantener un trabajo integrado y contar con un

Tabla 8 Indicaciones de ETE Intraoperatoria

<p>I. Cirugía cardíaca
 Revascularización miocárdica con mala fracción de eyección (bajo 30%)
 Plastias valvulares
 Reemplazos valvulares
 Sospecha de disección de aorta</p> <p>II. Cirugía no cardíaca
 Paciente cardiópata coronario con riesgo de isquemia
 Paciente valvulópata severo
 Hipotensión refractaria
 Riesgo de embolización</p> |
|--|

sistema de registro. El esquema de indicaciones propuesto por nosotros y acorde a la realidad de nuestros tipos de cirugías y pacientes se resume en la Tabla 8.

Creemos que éste es un aporte valioso que nos acerca a un manejo más fisiológico y racional de la hemodinamia de los pacientes, pero que tiene importantes limitantes y sólo logra su mejor rendimiento con indicaciones muy precisas.

REFERENCIAS

- SUTTON DC, CAHALAN MK, REUBEN M, SMITH A, TROTÓN R. Intraoperative assessment of ventricular function with transesophageal echocardiography. *Cardiol Clin* 1993; 11: 389-98.
- POELAERT J, VAN HAKEN H, COLARDYN F. Transesophageal Echocardiography in critically ill patients. A comprehensive approach. *Eur J Anaesth* 1997; 14: 350-8.
- CHEUNG AT, SAVINO JS, WEISS SJ, SINATRA R. Echocardiographic and hemodynamic indexes of left ventricular preload in patients with normal and abnormal ventricular function. *Anesthesiology* 1994; 82: 376-87.
- SEWARD JB, KHANDERIA BK, FREEMAN WK, POELAERT M. Multiplane transesophageal echocardiography-Image orientation, examination technique, anatomic correlations and clinical application. *Mayo Clin Proc* 1993; 68: 523-51.
- VISSER CA, KOOLEN JJ, VAN WESSEL HB, VAN AKEN H, POELAERT M, BIEN N. Transesophageal echocardiography: technique and clinical applications. *J Cardiothorac Anesth* 1988; 2: 74-91.
- SHANWISE J, CHEUNG A, ARONSON S, STEWARD W, WEISS R, MARK J, SAVAGE P ET AL. Practice Guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 1996; 84: 986-1006.
- SHANWISE J, CHEUNG A, ARONSON S. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive multiplane transesophageal echocardiography examination. *Anesth Analg* 1999; 89: 870-84.
- SAVAGE RM, LICINA MG, KOCH CJ, SAVINO J, CAHALAN M, QUIÑONES M. Educational program for intraoperative transesophageal echocardiography. *Anesth Analg* 1995; 81: 399-403.
- CAHALAN MK, FOSTER E. Training transesophageal echocardiography: in the lab or on the job? *Anesth Analg* 1995; 81: 217-8.
- SHAH PM, SHAPIRO J. Intraoperative transesophageal echocardiography: an anesthesiologist perspective. *Acta Anaesthesiol Scand* 1991; 35: 683-92.
- O'QUINN R, MARTINI J. Pulmonary artery occlusion pressure: clinical physiology, measurements and

- interpretation. *Am Rev Resp Dis* 1983; 128: 319-26.
12. TUMAN K, CARROLL G, IVANKOVIC A. Pitfalls in interpretation of pulmonary artery catheter data. *J Cardiothorac Anesth* 1989; 3: 625-41.
13. TRIBOULLY C, SHEN WF, QUERE P, PAULSEN M, DIER N, BAHL M ET AL. Assessment of severity of mitral regurgitation by measuring regurgitant jet width at its origin with transesophageal Doppler color flow imaging. *Circulation* 1992; 85: 1248-53.
14. SMITH MD, HARRISON MR, PINTON R, PRAKASH E, CHU E, LEVY L ET AL. Regurgitant jet size by transesophageal compared with transthoracic Doppler color flow imaging. *Circulation* 1991; 83: 70-86.
15. HONG YW, KAZUMASA O, OKA Y. Intraoperative monitoring of regional wall motion abnormalities for detecting myocardial ischemia by transesophageal echocardiography. *Echocardiography* 1990; 3: 323-32.
16. SMITH JS, CAHALAN MK, BENEFIEL DJ. Intraoperative detection of myocardial ischemia in high risk patients: electrocardiography versus two dimensional echocardiography. *Circulation* 1985; 72: 1015-21.
17. FLEISHER L. Real time intraoperative monitoring of myocardial ischemia in non cardiac surgery. *Anesthesiology* 2000; 92: 1183-8.
18. OKA Y, MORIWAKI KM, HONG Y. Detection of air emboli in left heart by transesophageal echocardiography following cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1985; 63: 109-13.
19. BENSON M, CAHALAN M. Cost-benefit analysis of transesophageal echocardiography in cardiac surgery. *Echocardiography* 1995; 12: 171-83.
20. LONDON MJ, TUBAU JF, WOMG MG, CUJEC B, KONSTAND SN, MYCYK ET AL. The natural history of segmental wall motion abnormalities in patients undergoing noncardiac surgery. *Anesthesiology* 1990; 73: 644-55.
21. MISHRA M, CHAUHAN R, SHARMA K, WONG MG, TUBAU J, ROIZEN MF ET AL. Real time echocardiography: How useful? Experience of 5016 cases. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 625-32.
22. CLEMENTS FM, HARPOLE DH, QUILL T, MATHEW N. Estimation of left ventricular volume and ejection fraction by two dimensional echocardiography: comparison of short axis imaging and simultaneous radionuclide angiography. *Br J Anaesth* 1990; 64: 331-6.
23. BENSON MJ, CAHALAN MK. Cost benefit analysis of transesophageal echocardiography in cardiac surgery. *Echocardiography* 1995; 12: 171-83.
24. LEUNG JM, LEVINE EH. Left ventricular end systolic cavity obliteration as an estimate of intraoperative hypovolemia. *Anesthesiology* 1994; 81: 1102-9.
25. HEINDENDRICH PA, STEINBACK RF, RADBERG RF, HARPOLE R. Transesophageal echocardiography predicts mortality in critically ill patients with unexplained hypotension. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26: 153-8.
26. SHEIK K, BRUJIN N, RANKIN J, SMITH D, RAGERS I, TUBAU L ET AL. Utility of transesophageal echocardiography and doppler color flow imaging in patients undergoing cardiac valve operations. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 363-6.
27. DARMON PL, HILLEL Z, MOGTADER A, CAHALAN M. Cardiac output by transesophageal echocardiography using continuous-wave doppler across aortic valve. *Anesthesiology* 1994; 80: 796-805.
28. PERRINO AC, HARRIS SN, LUTHER MA. Intraoperative determination of cardiac output using TEE: a comparison to thermodilution. *Anesthesiology* 1998; 89: 350-7.
29. YONG W, KAZUMASA O, OKA M. Intraoperative monitoring of wall motion abnormalities for detecting ischemia by transesophageal echocardiography. *Echocardiography* 1990; 7: 323-32.
30. SCHMIDT C, ROOSENS C, STRUYS M, CAHALAN M, RESNIK H ET AL. Contractility in humans after coronary artery surgery. Echocardiographic assessment with preload adjusted maximal power. *Anesthesiology* 1999; 91: 58-70.
31. SEWARD JB, KANDHERIA BK, OH JK, LAUNG H, LANIS M, SMITH C. Critical appraisal of transesophageal echocardiography: limitation pitfalls and complications. *J Am Soc Echocardiogr* 1992; 5: 288-305.
32. RAFFERTY T, LAMANTIA KR, DAVIES E, FOSTER M. Quality assurance for intraoperative transesophageal echocardiography monitoring: a report of 846 procedures. *Anesth Analg* 1993; 76: 228-32.
33. EISENBERG MJ, LONDON MJ, LEUNG JM. Monitoring for myocardial ischemia during noncardiac surgery. *JAMA* 1992; 268: 210-6.
34. CARABELLO BA, SPANN JF. The uses and limitations of end systolic indexes of LV function. *Circulation* 1984; 69: 1058-67.
35. SIMON KH, OWEN AN, HAWEL M. Transesophageal Echocardiography in emergency surgical management of patients with aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 103: 1113-7.