

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA EN ANESTESIA Y REANIMACIÓN

IM Verdrinne, SDuperret, JJ Lehot

RESUMEN

Aunque el uso de la vía esofágica en ecocardiografía data de 1976, sólo desde hace 15 años se ha impuesto progresivamente como una técnica de diagnóstico y de monitorización en anestesia y reanimación. Disponible en forma rápida y fácil la ecocardiografía transesofágica (ETE) dispone actualmente de todas las tecnologías de sondas de superficie. Las contraindicaciones a la exploración son raras y las complicaciones excepcionales. Todas las estructuras cardíacas se visualizan a partir de cuatro planos de corte fundamentales. Las indicaciones son múltiples: evaluación de la función ventricular izquierda global (precarga, postcarga, contractilidad) y segmentaria; evaluación de las presiones, volúmenes y contractilidad ventricular derecha; interés a nivel operatorio en numerosas especialidades quirúrgicas; utilización en reanimación para el diagnóstico de las insuficiencias circulatorias agudas y de las hipoxemias y en el estudio de las personas con traumatismos torácicos y con embolias arteriales. La mayor utilización de la ecocardiografía en anestesia y reanimación plantea la cuestión de una formación específica en esta técnica por parte de los médicos.

Palabras clave: ecocardiografía transesofágica, doppler, ultrasonidos, hemodinámica, ventrículo izquierdo, ventrículo derecho, anestesia, reanimación, monitorización y diagnóstico.

IM Verdrinne, S Duperret, JJ Lehot c) 2001, Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, París. Todos los derechos reservados.

INTRODUCCIÓN

La aparición de la ETE³³ ha permitido un nuevo progreso de la ecocardiografía en los pacientes inexplorables por vía transtorácica (ETE). La anestesia y la reanimación se han beneficiado, en forma privilegiada, de esta técnica. Parece evidente que gran parte de la información que aporta el cateterismo directo, podría obtenerse por ecocardiografía. Por otra parte, el carácter invasivo del catéter de Swan-Ganz y el hecho de cuestionarse continuamente sobre su utilidad²² han favorecido la exploración hemodinámica no invasiva por medio de la ecocardiografía.

La ecocardiografía aporta datos anatómicos gracias al diagnóstico por imagen bidimensional y permite una evaluación de los flujos transvalvulares gracias al doppler. De esta manera, pueden evaluarse en tiempo real numerosos parámetros hemodinámicos tanto en el ventrículo izquierdo (VI) como en el ventrículo derecho (VD). Mediante la ETE se obtienen imágenes de una calidad excepcional. Por otra parte, posee la doble ventaja de permitir la exploración precisa de estructuras que no siempre son accesibles por vía transtorácica (venas pulmonares, aurícula, aorta torácica) y de poder practicarse cada vez que la vía transtorácica se encuentre limitada.

TÉCNICAS Y COLOCACIÓN DE DISPOSITIVOS

La sonda ETE se compone de un endoscopio modificado que está provisto de un pequeño sensor mecánico o electrónico

situado en su extremidad. El diámetro del endoscopio es de 9-11mm. Su extremo está reforzado (10-14mm) para alojar los cristales. Inicialmente limitadas sólo al plano transversal (horizontal) y al doppler pulsado y color, las sondas actuales son multi u omniplanos (es decir, capaces de desglosar el corazón grado a grado y pasar de un plano transversal a un plano longitudinal de 0° a 90° y, después, a 180°) y disponen del doppler continuo. La extremidad distal de la sonda puede estar provista de movimientos anteroposteriores y laterales a partir de dos ruedas dentadas de transmisión presentes en la extremidad proximal. Un motor permite hacer variar, grado a grado, la orientación del sensor multiplano. En estos últimos años se aportaron numerosas mejoras. Se trata de procedimientos dirigidos a mejorar la calidad de la imagen (sonda de paso de banda ancha, diagnóstico por imagen armónico) o evaluar la cinética global (cuantificación acústica) o segmentaria (color kinesis y doppler tisular) de los ventrículos.

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA EN EL PACIENTE NO INTUBADO

Excepto en casos de urgencia, se recomienda un ayuno de 4 a 6 horas antes de realizar la exploración. La monitorización debe comprender como mínimo el electrocardiograma (ECG) que se visualiza en la pantalla. Es aconsejable el control de la saturación de oxígeno de la hemoglobina mediante un pulsioxímetro (SpO_2) y de la presión arterial. También se aconseja la posesión de un material de reanimación y de aspiración de las mucosidades en los pacientes hipoxémicos y cuando es imperativo

Jean-Marc Verdrinne Praticó en hospitales: Serge Duperret Praticó en hospitales: hospital Edouard Herriot, pavillon Greanimation, place Arsonval, 69437 Lyon cedex 03, France. Jean-Jacques Lehot Professeur des Universités, praticó en hospitales: hospital cardiovascular et Pneumologique Louis Pradel, 28, avenue du Doyen Lépine, 69500 Bron, France.

controlar la presión arterial (ejemplo: disección aórtica). Puede administrarse una premedicación (hidroxicina, 100mg). Suele ser suficiente una anestesia tópica (lidocaína gel al 5% en gargarismos) pero algunos profesionales prefieren realizar una anestesia general con midazolam o propofol. Después de explicar la exploración al paciente, la ETE se efectúa en decúbito lateral izquierdo para limitar los riesgos de broncoaspiración y con la cabeza flexionada para facilitar la introducción en el esófago. Tras ablación de las prótesis dentales, la sonda se introduce en la boca con o sin la colocación de un protector. En ausencia de protector, el examinador debe introducir la sonda con uno o dos dedos. Cuando se alcanza la orofaringe, el paciente tiene que tragar saliva y el examinador debe hacer progresar la sonda hasta el esófago sin forzar jamás. En este momento, los dedos del examinador se substituyen por un protector previamente colocado en la sonda.

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA EN EL PACIENTE INTUBADO Y VENTILADO

Para realizar la ETE, el paciente debe estar ubicado en decúbito dorsal. Las molestias que causa la exploración en los pacientes ventilados a menudo hace necesaria la anestesia general. Por otra parte, casi siempre es necesario retirar, tras aspiración, la sonda gástrica que dificulta la adquisición de imágenes de buena calidad. La introducción de la sonda puede llevarse a cabo con control visual gracias a un laringoscopio o bien a ciegas, guiando la sonda en la orofaringe y subluxando la mandíbula hacia delante. De esta manera, la sonda puede permanecer colocada varias horas sin ninguna dificultad ni complicación.

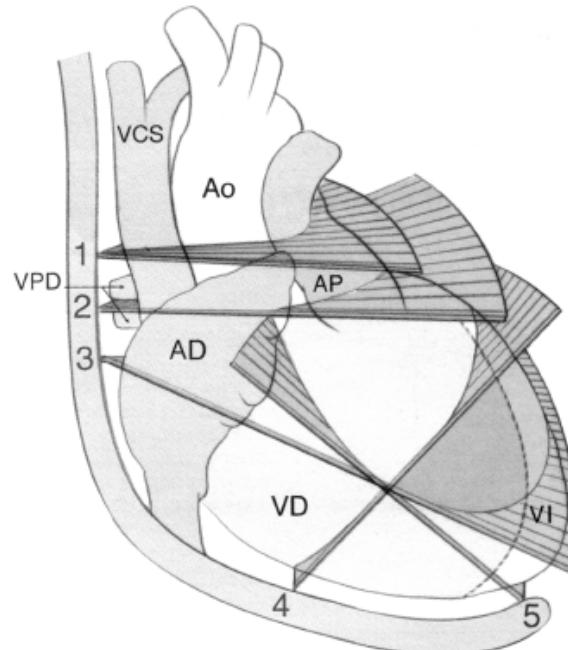
DESARROLLO DE LA EXPLORACIÓN

Debido a las firmes relaciones entre el esófago y la aorta, el plano transversal no permite la correcta exploración de todas las estructuras cardíacas y aórticas. Las sondas multiplanos ofrecen nuevos planos de corte indispensables para evaluar las patologías del cayado aórtico, de la vía de eyección pulmonar, de las válvulas aórtica y mitral y de cualquier patología que no pueda individualizarse sólo con la proyección transversal. La utilización de la sonda multiplano disminuye las causas de error y aumenta la rentabilidad de la exploración.¹⁰² El plano transversal continúa siendo, sin embargo, el plano de referencia y la exploración transesofágica puede dividirse en cuatro proyecciones principales (Figura 1) a partir de las cuales puede iniciarse la utilización del multiplano.

Proyección basal (25 - 30 cm de los arcos alveolares)

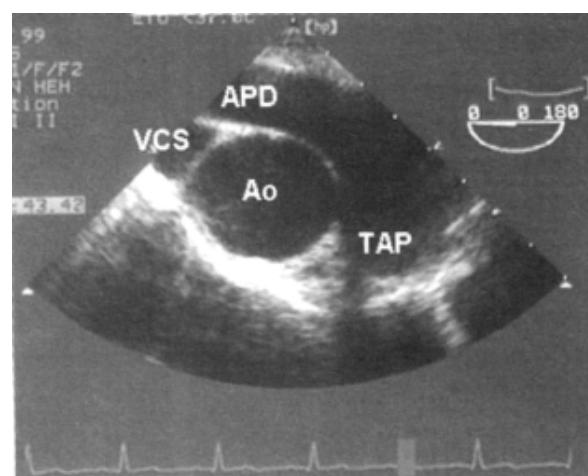
Permite la visión de los vasos de la base del corazón. Comprende un examen superior para visualizar el tronco de la arteria pulmonar, su división en arteria

Figura 1



1 Vista esquemática del corazón y de los diferentes planos de corte. VI: ventrículo izquierdo; VD: aurícula derecha; VPD: venas pulmonares derechas; Ao: aorta; VCS: vena cava superior; AP: arteria pulmonar; 1 Base del corazón, parte superior; 2 Base del corazón, parte inferior; 3 Cuatro cavidades; 4 Corte transgastrico; 5 vista apical transgástrica.

Figura 2

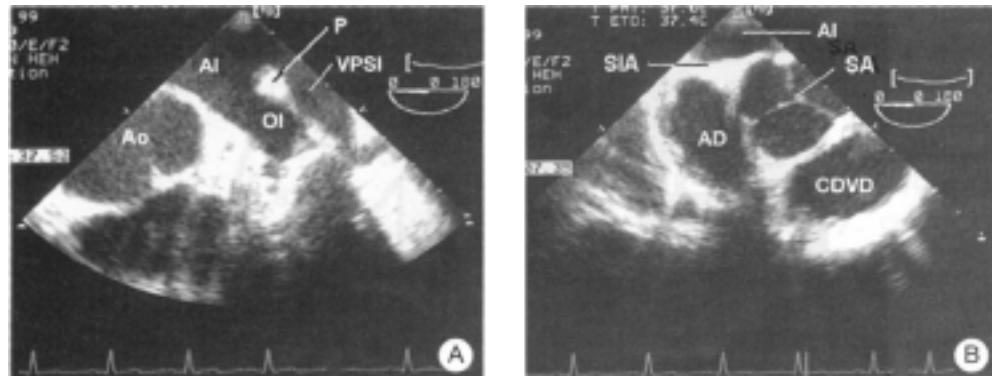


2 Proyección basal superior.

TAP: tronco de la arteria pulmonar; APD: arteria pulmonar derecha Ao: aorta ascendente; VCS: vena cava superior.

pulmonar derecha e izquierda, la arteria pulmonar derecha retroaórtica, la aorta ascendente en sus primeros centímetros, antes de que el origen del bronquio izquierdo la cruce y la vena cava superior (Figura 2). El examen inferior permite observar la aurícula y la orejuela izquierdas separadas de la vena pulmonar izquierda por el promontorio, las válvulas sigmoides aórticas y la salida de los troncos coronarios, la vena

Figura 3



A. Proyección basal inferior. VPSI: vena pulmonar superior izquierda; P: promontorio; OI: orejuela izquierda; AI: auricula izquierda; Ad: aorta ascendente.
 B. Proyección basal inferior. SA: sigmoides aórticas; SIA: septum interauricular; AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda; CDVD: cámara de carga del ventrículo derecho.

pulmonar superior derecha, el septum interauricular y la parte alta de la aurícula derecha (Figura 3).

Proyección de las cuatro cavidades (30 - 35 cm de los arcos alveolares)

Permite el estudio longitudinal del corazón. Se visualizan las cuatro cavidades cardíacas y las dos válvulas auriculoventriculares así como el seno coronario (Figura 4). Sin embargo, se trata de una visión truncada de los dos ventrículos ya que el haz ultrasonoro no pasa por su punta.

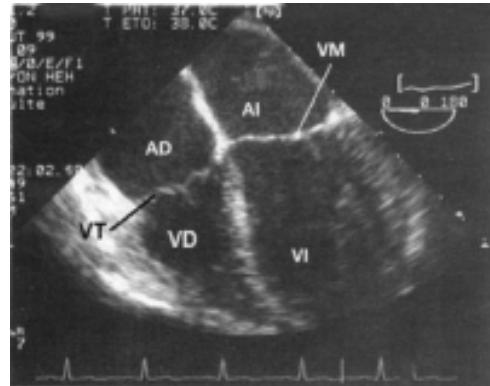
Proyección transgástrica (40 - 45 cm de los arcos alveolares)

Permite el examen transversal del corazón. Se obtiene por una anteversión de la sonda, una vez franqueado el cardias. Proporciona una visión de los dos ventrículos en pequeño eje (Figura 5). Esta proyección, posicionada en la parte media de los pilares, es la mejor forma de apreciar la función ventricular izquierda y derecha en anestesia y reanimación puesto que el ventrículo izquierdo se reduce al 87%⁸⁴ según su pequeño eje. Por otra parte, explora las cuatro paredes ventriculares y los tres territorios coronarios. Haciendo avanzar la sonda varios centímetros, se puede obtener una visión "cinco cavidades" separando la cámara de salida y la vía aórtica (Figura 6), hecho que permite muchas veces medir el flujo transaórtico.²⁷

Proyección aórtica

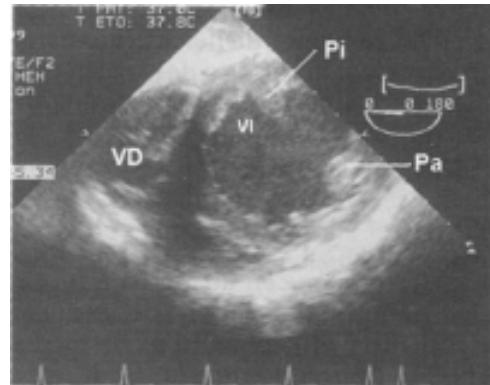
A partir del examen transgástrico, se puede explorar la aorta subdiafragmática mediante una rotación de la sonda de 180°. Al retirarla progresivamente, se descubre la aorta torácica descendente que pasa del borde derecho al borde izquierdo del esófago a nivel del istmo aórtico. Despues, efectuando un movimiento antihoratorio con la sonda, se puede seguir el cayado aórtico hasta la parte distal de la aorta ascendente.

Figura 4



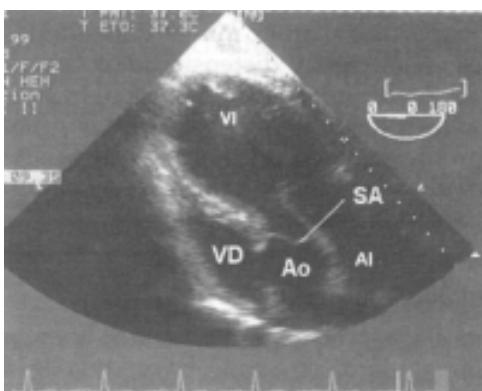
4 Proyección de las cuatrocavidades.
 AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda; VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo;
 VT: válvula tricuspidea; VM: válvula mitral.

Figura 5



5 Poyeccción transgastrica.
 VI: ventrículo izquierdo; VD: ventrículo derecho; Pi: pilar inferoposterior; Pa: pilar lateral.

Figura 6



6 Visión "cinco cavidades" transgástrica.

VI: ventrículo izquierdo; VD: ventrículo derecho; AI: aurícula izquierda;
SA: sigmoides aórticas; Ao: aorta ascendente.

CONTRAINDICACIONES. COMPLICACIONES

Las contraindicaciones absolutas son la ausencia de cooperación o el rechazo del paciente o bien la presencia de ciertas patologías esofágicas como un postoperatorio, un megaesófago. Todas las otras contraindicaciones son relativas (lesiones cervicales, radioterapia, varices esofágicas, etc.) y deben evaluarse junto con la información que se espera obtener de la exploración. Es rara la aparición de incidentes durante una ETE.²⁶ La ruptura esofágica es un accidente grave pero excepcional.⁴⁹ No es necesaria la profilaxis con antibióticos incluso en el paciente de riesgo.^{67,68}

DESCONTAMINACIÓN DEL MATERIAL

Después de cada procedimiento, la sonada tiene que lavarse con agua fría sumergiéndola durante 10 minutos en un predesinfectante tipo amfolisina y, luego, durante 20 minutos en un desinfectante de tipo glutaraldehido al 10%. En caso desospecha de enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, se debe utilizar un estuche de látex que recubre toda la sonda, en el interior de lacual se habrá puesto previamente gel ecográfico.

ECOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y FUNCIÓN VENTRICULAR IZQUIERDA

EVALUACIÓN DE LA PRECARGA

La precarga puede estimarse por el volumen telediastólico ventricular izquierdo. La medida de la superficie telediastólica (STD) en un examen de pequeño eje transgástrico a nivel de los pilares del ventrículo derecho está en buena correlación con el volumen¹⁸ y puede utilizarse como un índice de precarga.^{23,108} Una STD calculada en $9 \pm 2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, puede considerarse normal.³⁰ Una STD inferior a $5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ expresa la

existencia de hipovolemia²³ pero su sensibilidad es reducida. Es ilusorio querer fijar un valor único. Un método mejor consiste en medir el efecto de un llenado vascular en la STD. Cuando esta última ya no aumenta más, se puede considerar que el paciente ha alcanzado su precarga óptima y que su presión arterial pulmonar de oclusión (PAPO) es de aproximadamente 15mmHg.¹⁰⁶ Los valores de superficie telesistólica (STS) evolucionan en el mismo sentido que la STD sin aportar información suplementaria incluso en el caso de unión de los pilares de la cavidad ventricular izquierda en sistole puesto que la STS depende también de la postcarga y de la contractilidad.⁶¹

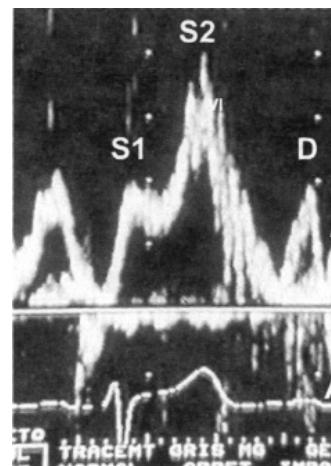
EVALUACIÓN DE LAS PRESIONES DE LLENADO

La velocidad doppler de un flujo sanguíneo a través de un orificio que separa dos cavidades es el reflejo del gradiente de presión instantánea que existe entre éstas. El estudio concomitante del flujo de las venas pulmonares y del flujo mitral permite el análisis de la función sistólica y, sobre todo, de la función diastólica ventricular izquierda.

Flujo de las venas pulmonares

Se descompone en un flujo sistólico (onda S) bífásico anterógrado (ondas S1 y S2), un flujo diastólico anterógrado (onda D) y un flujo telediastólico retrógrado durante la sistole auricular (onda A) (figura 7). Algunos índices calculados a partir de los componentes de este flujo permiten una estimación bastante fiable de las presiones de llenado ventricular izquierdo.^{54,66,88} Sin embargo, los límites del análisis del flujo de las venas pulmonares son numerosos: la edad, la insuficiencia mitral, la arritmia y la distensibilidad auricular, que están entre los más frecuentes.

Figura 7

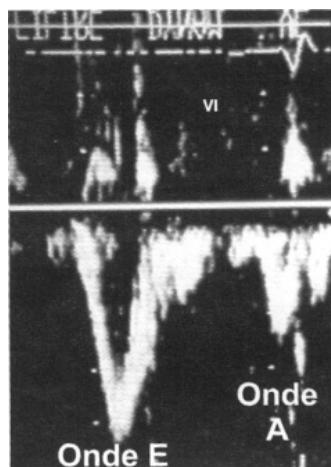


7 Flujo venoso pulmonar normal. S1 y S2: ondas sistólicas; D: onda diastólica; A: onda invertida.

Flujo mitral

El flujo mitral normal se descompone en una onda E protodiastólica cuya velocidad y amplitud dependen del gradiente de presión entre la aurícula y el ventrículo izquierdos y una onda A telediastólica que corresponde a la sístole auricular. En el individuo joven normal, la onda E es predominante en relación a la onda A (Figura 8), pero esta relación tiene tendencia a invertirse, por ejemplo, con la edad o ante una hipovolemia. El aspecto del flujo mitral depende de numerosos parámetros (relajación y destensibilidad ventriculares, condiciones de carga, interacción ventricular, función de la aurícula izquierda y patología pericárdica). Sin embargo, algunos aspectos sugieren un trastorno de la destensibilidad del ventrículo izquierdo^{73,74,107} incluso cuando los pacientes están en arritmia completa.¹⁰³

Figura 8



8 Flujo mitral normal. Onda E: onda pasiva protodiastólica; onda A: onda ligada a la sístole auricular.

EVALUACIÓN DE LA POSTCARGA

La postcarga representa el conjunto de fuerzas que se oponen a la eyeción ventricular izquierda en sístole. La medida de la tensión (o) sistólica ventricular izquierda por ecografía es un reflejo excelente de esta postcarga⁸⁵ porque intervienen en su medición no solamente el factor vascular sino también las propiedades intrínsecas del miocardio (grosor y diámetro ventriculares en sístole). Esta tensión es un mejor reflejo de la postcarga que las resistencias vasculares sistémicas.⁵⁶ La medida de esta postcarga ecocardiográfica se ha utilizado para estudiar la repercusión de ciertas técnicas quirúrgicas (laparoscopia)^{9,25,40} o para controlar la postcarga y estudiar la contractilidad ventricular durante la administración de un compuesto halogenado⁵⁰ o de un vasoconstrictor.³⁵

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO VENTRICULAR

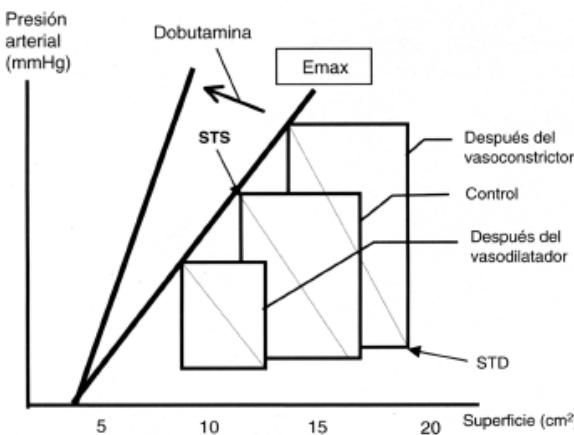
El rendimiento ventricular se rige por las interacciones permanentes entre la precarga, la postcarga, la función diastólica, el ritmo ventricular y la contractilidad.⁸⁷ En la práctica clínica, el índice de rendimiento ventricular medible con mayor rapidez y bien correlacionado con la fracción de eyección,^{18,62} con la que a menudo se confunde, es la fracción de reducción de superficie ($FRS = [(STD - STS) / STD] \times 100$). Aunque la FRS es precarga y, sobre todo, postcarga dependiente,⁸⁷ es el parámetro que se utiliza con mayor frecuencia para estimar el rendimiento global del ventrículo izquierdo.^{111,112} La medida de la velocidad de acortamiento circunferencial de las fibras miocárdicas (V_{cf}) es precarga independiente. Su cálculo en la postcarga²⁰ permite, por ejemplo, comparar grupos de pacientes sometidos a un medicamento que modifica la contractilidad.⁵⁰ La existencia de un programa de cuantificación acústica con detección automática de los contornos endocárdicos autoriza la medida de las superficies ventricular y de la FRS en tiempo real.^{10,79} De esta manera es posible, gracias a la colocación de un dispositivo aún no disponible de forma rutinaria, acoplar superficie ventricular y presión arterial inmasiva para obtener un bucle presión/superficie³⁶ cuya pendiente telesistólica, denominada pendiente de elastancia, es un índice de contractilidad miocárdica relativamente independiente de las condiciones de carga y de la frecuencia cardiaca (Figura 9).²⁸

EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA SEGMENTARIA

Experimentalmente, existe una excelente correlación entre la reducción del flujo coronario y la aparición de una hipocinesia.³⁴ La apreciación de la cinética segmentaria se realiza según dos criterios: el desplazamiento segmentario y el engrosamiento sistólico de la pared. El ventrículo izquierdo puede dividirse en ocho segmentos.¹⁷ En la práctica, normalmente sólo se utilizan cuatro segmentos que corresponden a las cuatro paredes inferior, lateral, anterior y septal. El análisis de esta cinética segmentaria puede hacerse de forma semicuantitativa comparando los segmentos normocinéticos, hipocinéticos, acinéticos y discinéticos.¹¹ Por último, el color kinesis⁵⁷ y el doppler hístico,³⁸ son dos enfoques recientes y prometedores del análisis de la cinética segmentaria tropieza con dos obstáculos. El primero es que es imposible visualizar todos los segmentos del ventrículo izquierdo en un solo corte. Aunque las sondas biplanas y multiplanas permiten una mayor detección,⁹⁴ pueden pasar desapercibidos numerosos episodios isquémicos.⁸⁹ La segunda dificultad es la falta de especificidad de la hipocinesia como expresión de la isquemia miocárdica.⁹³

La aparición de un trastorno de la cinética segmentaria en período per o postoperatorio de cirugía cardiaca y vascular mayor es un factor predictivo de la aparición de complicaciones cardiovasculares postoperatorias.^{21,52} En cambio, en la cirugía no cardiaca no se ha encontrado esta relación y no se recomienda un seguimiento con ETE para detectar la isquemia.^{31,63}

Figura 9



9 Budes presión/superficie y pendiente de elastancia. Emax: pendiente de elastancia; STS: superficie telesistólica; STD: superficie telediástólica. La perfusión de dobutamina produce una modificación de la pendiente de elastancia (mejora de la contractilidad).

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y FUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

EVALUACIÓN DE LAS PRESIONES

Presión arterial pulmonar

La velocidad del flujo de una insuficiencia tricuspídea depende directamente del gradiente de presión entre el ventrículo derecho y la aurícula derecha en sístole ya que, bajo ciertas condiciones (flujo turbulento), la velocidad de un flujo sanguíneo puede convertirse en presión gracias a la ecuación simplificada de Bernouilli en la que $\text{presión} = 4 \cdot V_{\text{max}}^2$ (V_{max}^2 expresa, en este caso, la velocidad máxima instantánea de la insuficiencia tricuspídea elevada al cuadrado). En ausencia de patología valvular pulmonar, la presión arterial pulmonar sistólica (PAPS) es igual a la presión deducida de la velocidad de la insuficiencia tricuspídea a la cual se añade la presión de la aurícula derecha entre la PAPS obtenida por cateterismo y la calculada a partir del flujo doppler de insuficiencia tricuspídea es excelente.¹¹⁹ Sin embargo, en ETE, el alineamiento entre la emisión doppler y el flujo auriculoventricular no es perfecto y, la mayoría de veces, esta medición sólo se puede realizar en buenas condiciones de alineamiento con una ecocardiografía transtorácica. En cambio, en ETE, el alineamiento es mucho más favorable con la válvula pulmonar, hecho que permite, en caso de insuficiencia pulmonar, evaluar

la PAP diastólica y media.⁶⁵ Además, la medida con doppler pulsado del tiempo de aceleración sistólica del flujo pulmonar es un indicador cualitativo del nivel de la PAP.⁵¹

Presión auricular derecha

Existe una correlación media ($r=0,60$) entre el diámetro de la vena cava inferior (VCI) y la presión que existe en la aurícula derecha. En ventilación espontánea, una variación respiratoria del diámetro de la VCI menor al 40%, traduce una elevación de la presión en la aurícula derecha.⁷¹ Es más estrecha la correlación que existe entre la presión en la aurícula derecha y los índices doppler del flujo tricuspidéo anterógrado y, sobre todo, del flujo venoso supráshepático.⁷¹ Aunque el análisis doppler y la medida de la VCI pueden realizarse mediante ETE, esta vía no supone ningún beneficio real en relación con la vía transtorácica.

EVALUACIÓN DE LOS VOLÚMENES VENTRICULARES DERECHOS

La geometría particular del ventrículo derecho, que rodea literalmente las estructuras basales del ventrículo izquierdo, hace difícil su evaluación. Sin embargo, numerosos autores han intentado, por vía transtorácica, medir las dimensiones transversales y las superficies del ventrículo derecho en proyección apical de cuatro cavidades.^{7,32} La ETE permite estudiar el ventrículo derecho mediante dos proyecciones: en cuatro cavidades o corte septolateral del ventrículo derecho y a partir del corte transgástrico 0° , el ventrículo derecho adopta la forma de una media luna a la izquierda del ventrículo izquierdo. En el animal, la proyección en pequeño eje medioventricular permite una evaluación fiable de los volúmenes a partir de la superficie ventricular derecha.⁷⁶ Conociendo la presión intraventricular, es posible establecer una curva de elastancia ventricular derecha haciendo variar la precarga. En el hombre, la pendiente de estas curvas "presión-superficie", se ha utilizado como índice de contractilidad ventricular derecha.^{37,75} Así, las variaciones de superficie asimilables a las variaciones de volúmenes pueden usarse en la práctica clínica (medida de fracción de eyección, medida de elastancia).

CINÉTICA Y GROSOR PARIETAL DEL VENTRÍCULO DERECHO

Tanto si se practica una ETE como una ETT, el análisis de la cinética ventricular derecha suele ser cualitativo en comparación con el ventrículo izquierdo, con la impresión bidimensional que da el observador. Sin embargo, con ETE, es posible el análisis segmentario.¹¹⁴ En caso de hipertensión arterial pulmonar (HTAP) crónica, la pared libre del ventrículo derecho puede alcanzar 8 - 10 mm de grosor (normal=4mm).⁸²

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA EN ANESTESIA

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA EN CIRUGÍA CARDIACA

Las indicaciones son numerosas. La ETE está indicada en el diagnóstico urgente de patologías que requieren una corrección quirúrgica inmediata (disección aórtica, disfunción valvular aguda, etc.),¹⁶ en la detección de ateroma aórtico antes de la canulación o pinzamiento aórticos,¹⁰⁴ en el control de la calidad de la distribución del líquido de cardioplejía¹ y en la detección de las retenciones aéreas intra cardíacas tras circulación extracorporea (CEC).⁴² La ETE también es útil, incluso indispensable, en numerosos procedimientos quirúrgicos⁷⁰ tales como la cirugía de corrección ("plastia")⁹⁹ o de recambio valvular⁹⁵ así como en los pacientes de alto riesgo que pueden beneficiarse de una cirugía de revascularización coronaria.⁹² Por último, la ETE tiene un interés considerable en el diagnóstico de las diferentes causas de insuficiencias circulatorias agudas postoperatorias⁸⁶ tales como las disfunciones ventriculares izquierdas y ventriculares derechas y, también, los obstáculos dinámicos subaórticos favorecidos por una insuficiencia de llenado vascular y una estimulación inotropa¹² y por los taponamientos segmentarios.⁹⁰

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA EN CIRUGÍA PULMONAR

Las indicaciones de la ETE conciernen fundamentalmente a la cirugía de la reducción del enfisema pulmonar puesto que los pacientes presentan interacciones importantes entre ventilación y hemodinamia. La medida de la STD durante una prueba de desconexión permite optimizar estas interacciones. La ETE también es útil en el trasplante pulmonar para monitorizar el corazón derecho y asegurarse del vaciado y de la ausencia de estenosis en las anastomosis de las venas pulmonares.⁶⁹

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y CIRUGÍA HEPÁTICA

El interés potencial de la ETE es importante dado que se trata de una cirugía responsable de modificaciones hemodinámicas relevantes en los pacientes frágiles. Paradójicamente, los trabajos sólo se refieren a la evaluación preoperatoria¹⁰⁹ o al impacto de la monitorización por ETE¹⁰¹ durante el trasplante hepático.

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y CIRUGÍA ORTOPÉDICA

Se ha utilizado mucho la ETE para detectar la aparición de embolias en la atroplastia de cadera cimentada,⁵⁵ de la cirugía de rodilla⁷⁷ y de la traumatología.⁷⁸ Desafortunadamente, no se ha

observado ninguna correlación entre el tamaño de los émbolos y las modificaciones hemodinámicas. Por último, la composición exacta de los émbolos no se ha podido establecer con certeza si bien es muy probable que sean de naturaleza lipídica. El impacto clínico de la ETE durante la cirugía ortopédica está todavía por demostrar.

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

Las consecuencias de la insuflación intraperitoneal de CO₂ sobre la función circulatoria no son desdeñables y han hecho comparar el período de insuflación con un "estado de insuficiencia cardiaca experimental".¹⁰⁰ De hecho, los estudios ecocardiográficos muestran un aumento de la postcarga fugaz ligado a la insuflación y desaparecen con la exsuflación⁹ así como una modificación de la precarga ligada a la postura.⁴⁰ Sin embargo, ningún estudio ha demostrado que la cirugía laparoscópica sea una contraindicación anestésica en el paciente que sufre insuficiencia cardiaca. Por último, la constatación mediante ETE de émbolos gaseosos en las cavidades cardíacas derechas sin alteración hemodinámica o caída de la presión teleespatoria en gas carbónico (PetCO₂) parece frecuente en el curso de una colecistectomía laparoscópica.²⁹

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA EN REANIMACIÓN

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA E HIPOXEMIA

La ecocardiografía es un instrumento diagnóstico excelente cuando la causa de la hipoxemia no es evidente. Una hipovolemia, un derrame pleural abundante, una embolia pulmonar, un shunt intracardíaco derecho/izquierdo por un foramen oval permeable (FOP) y un shunt intrapulmonar (SIP) son las causas más frecuentes. El diagnóstico de shunt se realiza mediante ecografía de contraste que consiste en inyectar una mezcla de líquido (9,5ml)-aire (0,5 ml) con dos jeringas unidas por un grifo de tres vías. Las microburbujas crean microinterfases líquido-aire que dan lugar al contraste. El test se considera positivo cuando las microburbujas aparecen en las cavidades cardíacas izquierdas. La distinción FOP/SIP se basa en el intervalo de aparición de contraste en las cavidades izquierdas: FOP=aparición inmediata (<tres latidos); SIP=aparición retardada (>tres latidos). La ETE es la técnica de referencia en el diagnóstico del FOP y del SIP.^{3,109}

Foramen oval permeable

La frecuencia del FOP es variable. Si bien en un estudio realizado con autopsias fue del 27%,³⁹ varía de un 5% en caso decardiopatía izquierda⁹⁶ a un 39% en caso de embolia pulmonar grave.⁴⁸ Con ventilación

artificial, este porcentaje es intermedio.¹¹⁰ Las dos complicaciones que se asocian a la presencia de un FOP son la hipoxemia y la embolia arterial. En ventilación artificial, durante la espiración, el gran aumento del retorno venoso en la aurícula derecha aumenta suficientemente su presión como para sobrepasar la de la aurícula izquierda y provocar un shunt intracardíaco derecho-izquierdo. La presión inspiratoria positiva (PEP) actúa como una sensibilización del método de evidencia del FOP. Las consecuencias prácticas son numerosas: aumento de un shunt intracardíaco derecho-izquierdo para los niveles altos de PEP, hecho que incita a un cese precoz de la respiración asistida; error en la medida del gasto cardíaco por termodilución; por último, un FOP multiplica por seis el riesgo de embolia arterial considerada paradógica en caso de embolia pulmonar.⁴⁸

Shunt intrapulmonar

En condiciones normales, las microburbujas que se inyectan quedan atrapadas en el echo vascular pulmonar. Dos circunstancias dan lugar a un SIP: la existencia de una fisura arteriovenosa pulmonar o la dilatación de los capilares pulmonares. Si bien la primera causa es anecdótica, la segunda se ha estudiado ampliamente a lo largo de hepatopatías en el marco de la búsqueda de un síndrome hepatopulmonar.^{43,53,109} Sólo los shunts masivos se acompañan de una hipoxemia significativa.

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y TRAUMATISMO TORÁCICO

La ETT es suficiente para establecer el diagnóstico de derrame pericárdico.¹⁵ Sin embargo, para apreciar la función ventricular izquierda, los tamaños respectivos del ventrículo derecho y del izquierdo o una disfunción valvular, se impone la ETE en el estudio de un traumatismo torácico grave, sobre todo cuando se sospecha una lesión aórtica o cuando la exploración transtorácica no es contributiva. En cerca del 20%, la ETE es necesaria por este único motivo.⁴⁷ En el 20% de los traumatizados torácicos graves, la ETE sistemática permite un nuevo diagnóstico y un tratamiento de urgencia.¹⁴ La sensibilidad y la especificidad de la ETE en el diagnóstico de ruptura traumática de la aorta torácica está cerca del 100%.^{97,113} La ETE permite el diagnóstico y la cuantificación de un hemomediastino⁶⁰ cuya presencia aislada obliga a buscar una lesión vascular. Durante la ETE, a menudo se descubren lesiones en la íntima de la aorta torácica que requieren un control regular.⁸ Sin embargo, esta exploración es dependiente del operador.⁹¹ Por otra parte, en la autopsia sólo se encuentra una lesión de la aorta torácica ístmica y descendente en el 77% de los casos y la afección de la aorta torácica es múltiple en el 13%.¹¹⁶ El límite de la ETE es la imposibilidad de explorar correctamente los troncos supraaórticos⁴ y la aorta abdominal.

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA E INSUFICIENCIA CIRCULATORIA AGUDA

Una insuficiencia circulatoria aguda es un problema frecuente que puede relacionarse con tres situaciones principales: aquélla en la que es responsable el miocardio (miocardiopatía dilatada o valvular, disfunción segmentaria y/o complicación del infarto de miocardio, disfunción ventricular de origen séptico), aquélla en la que una patología extracardíaca repercute sobre el miocardio (embolia pulmonar, taponamiento cardíaco) y, por último, aquélla en la que el miocardio no está involucrado (hipovolemia, disección aórtica). Gracias a la ETE,⁴¹ se realiza un nuevo diagnóstico en más de un cuarto de los casos y se efectúa una modificación terapéutica entre un 30 y un 75% de las ocasiones según la causa. Incluso cuando el paciente es portador de un catéter arterial pulmonar, la ETE implica una modificación terapéutica en cerca de un caso sobre dos⁸¹ o una indicación operatoria de urgencia en más del 20% de los casos.⁹⁸

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y DISFUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

La dilatación del ventrículo derecho significa una adaptación de la precarga a un aumento de su postcarga. Esta sobrecarga es el primer signo que debe buscarse en ecografía durante el estudio del corazón derecho. Puede generar un aplastamiento septal. Este desplazamiento septal, designado con el término de interdependencia ventricular, dificulta el llenado y la contracción del ventrículo izquierdo. La relación de las superficies diastólicas ventrículo derecho /ventrículo izquierdo en proyección apical de cuatro cavidades no debe exceder el 0,6. A partir de 1, la dilatación del ventrículo derecho es importante. La embolia pulmonar aguda representa la típica situación clínica en la que el corazón derecho está sometido a un aumento brusco de su postcarga, hecho, de la arteria pulmonar y de las estructuras situadas por encima. La sobrecarga y la hipocinesia ventricular derecha son signos claros de embolia pulmonar grave y deben hacer temer una recidiva.¹¹⁸

Excepto en el paciente intubado y ventilado, la ETE no es necesaria ni está indicada para establecer el diagnóstico de sobrecarga y de fallo ventricular derecho. La ETE, en el contexto de una embolia pulmonar, debe considerarse más bien como uno de los elementos del diagnóstico positivo para poner en evidencia un trombo en las cavidades derechas o en el árbol arterial pulmonar. La presencia de un trombo en la arteria pulmonar proximal o antes significa siempre una embolia pulmonar grave. Entre los pacientes que presentan una embolia pulmonar con sobrecarga derecha, en un 58% de los casos se encuentra un trombo en la arteria pulmonar

cuando se practica una ETE.¹¹⁷ La tomografía computarizada helicoidal es una alternativa a la ETE en el diagnóstico de trombos en la arteria pulmonar⁸³ puesto que la arteria pulmonar izquierda y las ramas a partir de la primera división se visualizan mal en ETE. Sin embargo, la ETE es irremplazable en caso de choque o de hipoxia aguda que se presenta en reanimación o en el período operatorio⁹⁸ durante los cuales se ha establecido el diagnóstico de embolia pulmonar masiva.⁶⁴

Otras situaciones clínicas en anestesia y reanimación de una sobrecarga derecha, consecuencia de un "estancamiento pulmonar", sea cual sea su origen, debe hacer limitar el llenado vascular incluso si la precarga del ventrículo izquierdo es baja. Cualquier aporte líquido suplementario agrava la dilatación derecha y la hipertensión venosa proximal;

- dilatación derecha e insuficiencia respiratoria: la existencia de un corazón pulmonar agudo se observa en menos del 10% de los casos de síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.^{44,45} Debe considerarse eventualmente responsable una ventilación demasiado agresiva. La ETE permite evaluar la tolerancia ventricular derecha para las PEP o los volúmenes circulantes elevados.

ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA Y EMBOLIA ARTERIAL

Del quince al veinte por ciento de los casos de embolias arteriales son de origen cardíaco¹⁵ y la ETE es de tres²⁴ a ocho⁵ veces más sensible que la ETT en el diagnóstico etiológico de estas embolias. Las anomalías más frecuentes son: un contraste espontáneo¹³ o un trombo en la aurícula izquierda o en la orejuela derecha, una patología valvular (válvula patológica, vegetación, trombo) o una anomalía del septum interauricular (aneurisma, FOP). La ETT conserva su lugar en el diagnóstico de los trombos del ápex del ventrículo izquierdo, de prolapsos mitral y en el análisis de las disfunciones segmentarias que constituyen factores de riesgo reconocidos.

La presencia de residuos intraaórticos se describe desde hace un decenio gracias a los aportes de la ETE.⁵⁹ Esta patología (placas, trombos) es muy frecuente después de los 60 años. Se encuentran trombos aórticos en el 36% de los pacientes ancianos víctimas de una embolia arterial periférica⁵⁰ pero la presencia de trombos en el individuo joven no es excepcional.⁵⁸ El riesgo embólico aumenta cuando las placas alcanzan 4mm o más de espesor o cuando no están calificadas.⁹ El ateroma aórtico es un marcador de ateroma difuso, particularmente coronario,⁷² así como un factor de riesgo autónomo de embolia al mismo nivel que la hipertensión arterial o la diabetes.¹⁰⁵

Las aplicaciones en anestesia y reanimación son numerosas: aprovechar la anestesia general para realizar

el estudio del accidente embólico durante la cirugía de desobstrucción vascular. Esta práctica se generaliza y permite evitar la exploración en un paciente despierto. La detección de placas de ateroma en la aorta ascendente es útil antes de colocar la cánula de CEC¹⁰⁴ y permite una mejor posición del balón de contrapulsión.⁴⁶ Se puede citar el interés de la ETE en el diagnóstico del síndrome de embolia de colesterol.⁶

DESARROLLOS Y FORMACIÓN EN ECOCARDIOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA

Los desarrollos recientes de la ETE se refieren a las sondas con haz numérico de banda ancha que analizan las informaciones de las altas y bajas frecuencias para obtener una imagen de mejor calidad y el diagnóstico por imagen armónico, que reduce los artefactos y los ruidos de reverberación, mejorando significativamente la ecogenicidad en los pacientes técnicamente difíciles. La gestión numérica de las imágenes y la mejora de los ordenadores hace que sea posible la reconstrucción tridimensional. La tarea más difícil es la formación de los médicos. La American Society of Anesthesiologists y la Society of Cardiovascular Anesthesiologists han formulado recomendaciones² con una formación en tres niveles crecientes.

Puntos importantes

- La ETE se ha convertido, en algunos años, en la principal investigación hemodinámica en anestesia y en reanimación debido a la rapidez de su ejecución ya la posibilidad de llevarla a cabo en la cama del enfermo.
- La ETE puede realizarse en cualquier circunstancia si la técnica de realización respeta las contraindicaciones y un procedimiento riguroso.
- La medida de la STD del ventrículo izquierdo y, sobre todo, su variación, son un buen reflejo de la precarga.
- El análisis concomitante del flujo doppler mitral y de las venas pulmonares permite una evaluación precisa de las presiones de llenado.
- La fracción de reducción de superficie es el parámetro de rendimiento ventricular izquierdo más utilizado en la práctica clínica. Refleja la fracción de eyección. Es, pues, muy dependiente de las condiciones de carga.
- La ETE individualiza fácilmente las sobrecargas de volumen y de presión del ventrículo derecho.
- La ETE es una exploración indispensable en el estudio de un traumatizado torácico grave.
- La ETE es un aporte irreemplazable en el estudio de un estado de choque, de una hipoxia, de una embolia arterial y en numerosas circunstancias en el contexto quirúrgico.
- El coste y el mantenimiento de los aparatos de ecocardiografía así como la inversión humana requieren

el desarrollo de aparatos específicos y una enseñanza adaptada a la anestesia y reanimación.

REFERENCIAS

1. Aronson S, Lee BK, Wiencek JG, Feinstein SB, Roizen MF, Karp RB et al. Assessment of myocardial perfusion during CABG surgery with two-dimensional transesophageal contrast echocardiography. *Anesthesiology* 1991; 75 : 433-440.
2. ASA and SCA task force on transesophageal echocardiography. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 1996; 84: 886-1006.
3. de Belder MA, Tourikis L, Griffith M, Leech G, Camm AJ. Transesophageal contrast echocardiography and color flow mapping: methods of choice for the detection of shunts at the atrial level? *Am Heart J* / 1992; 124: 1545-1550.
4. Ten Berg JM, Jaarsma W, Hamerlynck RP, Suttorp MJ. Rupture of the left coronary cusp of the aortic valve caused by blunt chest trauma: early diagnosis by transesophageal echocardiography. / *Am Soc Echocardiogr* 1995; 8 : 766-769.
5. Black IW, Hopkins AP, Lee LC, Jacobson BM, Walsh WF. Role of transoesophageal echocardiography in evaluation of cardiogenic embolism. *Br Heart J* / 1991; 66 : 302-307.
6. Bojar RM, Payne DD, Murphy RE, Schwartz SL, Belden JR, Caplan LR et al. Surgical treatment of systemic atheroembolism from the thoracic aorta. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1389-1393.
7. Brommer W, Weinert L, Neumann A, Neff J, Mason D, Demaria A. Determination of right atrial and right ventricular size by two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1979; 60 : 91-100.
8. Bourgeois M, Duperret S, Vedrinne JM, Bui-Xuan B, Allaouchiche B, Motin J. Dissection post-traumatique de l'isthme de l'aorte d'évolution favorable sans traitement chirurgical: intérêt de l'échocardiographie transoesophagienne. *Ann Fr Anesth Réanim* 1995; 14 : 218-221.
9. Brache PE, Duperret SL, Sagnard PE, Boulez JL, Petit PL, Viale JP. Left ventricular loading modifications induced by pneumoperitoneum: a time course echocardiographic study. *Anesth Analg* 1998; 86: 482-487.
10. Cahalan MK, Ionescu P, Melton HE, Adler S, Kee LL, Schiller NB. Automated real-time analysis of intraoperative transesophageal echocardiograms. *Anesthesiology* 1993; 78 : 477-485.
11. Cahalan MK, Litt L, Botvinick E, Schiller NB. Advances in non invasive cardiovascular imaging: implications for the Anesthesiologist 1987; 66 : 356-372.
12. Canivet JL, Sakaihassan N, Creemers E, Damas P, Lamy M. Preoperative cardiogenic shock related to dynamic obstruction of left ventricular outflow in a patient with acute aortic dissection: diagnosis by transesophageal echocardiography. / *Cardiothorac Vasc Anesth* 1996; 10 : 781-784.
13. Castello R, Pearson AC, Labovitz AJ. Prevalence and clinical implications of atrial spontaneous contrast in patients undergoing transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1990; 65 : 1149-1153.
14. Catoire P, Orliaquet G, Liu N, Delaunay L, Guerrini P, Beydon L et al. Systematic transesophageal echocardiography for detection of mediastinal lesions in patients with multiple injuries. / *Trauma* 1995; 38 : 96-102.
15. Cerebral embolism task force. Second report on cardiogenic brain embolism. *Arch Neural* 1989; 46 : 727-743
16. Cicek S, Demirilic U, Kuralay E, Tatar H, Ozturk O. Transesophageal echocardiography in cardiac surgical emergencies. / *Card Surg* 1995; 10 : 236-244.
17. Clemets FM, De Brujin NP. Perioperative evaluation of regional wall motion by transesophageal two-dimensional echocardiography. *Anesth Analg* 1987; 66 : 249-261.
18. Clemets FM, Harpole DH, Quill T, Jones RH, Mc Cann RL. Estimation of left ventricular volume and ejection fraction by two-dimensional transesophageal echocardiography: comparison of short axis imagin and simultaneus radionuclide angiography: comparison of short axis and imaging and simultaneus radionuclide angiography. *Br J Anaesth* 1990; 64 : 331-336.
19. Cohen A, Tzourio C, Bertrand B, Chauvel C, Bousser MG, Amarenco P. Aortic plaque morphology and vascular events: a follow-up study in patients with ischemic stroke. FAPS investigators. French study of aortic plaques in stroke. *Circulation* 1997; 96: 3838-3841.
20. Coland SD, Borow KM, Neumann A. Left ventricular end systolic wall stress-velocity of fibre shortening relation: a load independent index of myocardial contractility. / *Am Coll Cardiol* 1974; 4 : 715-724.
21. Comunale ME, Body SC, Ley C, Koch C, Roach G, Mathew JP, for the Mc SPI Research Group. Et al. The concordance of intraoperative left ventricular wall-motion abnormalities and electrocardiographic S-T changes. Association with outcome after coronary revascularisation. *Anesthesiology* 1998; 88 : 945-954.
22. Connors AF, Speroff T, Dawson NV, Thomas C, Harrell FE, Wagner D et al. The effectiveness of right heart catheterisation in the initial care of critically ill patients. / *AMA* 1996; 276 : 889-897
23. Coriat P, Vrillon M, Perel A, Baron JF, Le Bret F, Saada Metal. A comparison of systolic blood pressure variations and echocardiography estimates of end-diastolic left ventricular size in patients after aortic surgery. *Anesth Analg* 1994; 78 : 46-53.
24. Cujeć B, Polasek, Voll C, Shuai B. Transesophageal echocardiography in the detection of potential cardiac source of embolism in stroke patients. *Stroke* 1991; 22: 727-733.
25. Cunningham AJ, Turner J, Rosebaum S, Rafferty T. Transesophageal echocardiographic assessment of haemodynamic function during laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth* 1993; 70 : 621-625.
26. Daniel WG, Erbel R, Kasper W, Visser CA, Engberding R, Sutherland GR et al. Safety of transesophageal echocardiography. A multicenter survey of 10419 examinations. *Circulation* 1991; 83 : 817-821.
27. Darmon PL, Hiller Z, Mogtader A, Mindich B, Thys D. Cardiac output by transesophageal echocardiography using continuous-wave Doppler across the aortic valve. *Anesthesiology* 1994; 80: 796-805.
28. Declerck C, Hillel Z, Shih H, Kudora M, Connery CP, Thys DM. A comparison of left ventricular performance indices measured by transesophageal echocardiography with automated border detection. *Anesthesiology* 1998; 89 : 341-349.
29. Derouin M, Couture P, Boudreault D, Girard D, Gravel D. Detection of gas embolism by transesophageal echocardiography during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1996; 82 : 119-124.
30. Drexler M, Erbel R, Muller U, Wittlich N, Mohr-Kahaly S, Meyer J. Measurements of intracardiac dimensions and structures in normal young adult subjects by transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1990; 65 : 1941-1946.
31. Eisenberg MJ, London MJ, Leung JM, Browner WS, Hollenberg M, Tubau JF, for the SPI Research group. Et al. Monitoring of myocardial ischemia during non cardiac surgery. A Technology assessment of transesophageal echocardiography and 12-lead electrocardiography. / *AMA* 1992; 268 : 210-216.
32. Foale R, Nihoyannopoulos P, McKenna W, Klene-Benne A, Nadazdin A, Rowland E et al. Echographic measurements of the normal adult right ventricle. *Br Heart J* / 1986 ; 56 : 33-44
33. Frazin L, Talano JV, Stephanides L, Loeb HS, Kopel L, Gunnar RM. Esophageal echocardiography. *Circulation* 1976 ; 54 : 102-108
34. Gallagher KP, Kumada T, Kozlak JA, Mc Kown MD, Kemper WS, Ross JJ. Significance of regional wall thickening abnormalities relative to transmural myocardial perfusion in anesthetized dogs. *Circulation* 1980; 62 : 1266-1273.
35. Goertz AW, Lindner KH, Seefelder C, Schirmer U, Beyer M, Georgieff M. Effect of phenylephrine bolus administration on global left ventricular function in patients with coronary artery disease and patients with valvular aortic stenosis. *Anesthesiology* 1993; 78 : 843-841.
36. Gorcsan J 3rd, Denault A, Gasior TA, Mandarino WA, Kancel MJ, Deneault LG et al. Rapid estimation of left ventricular contractility

- from end-systolic relations by echocardiographic automated border detection and femoral arterial pressure. *Anesthesiology* 1994; 81: 553-562.
37. Gorcsan J 3rd, Murali S, Counihan PJ, Mandarino WA, Kormos RL. Right ventricular performance and contractile reserve in patients with severe heart failure. Assessment by pressure-area relations and association without outcome. *Circulation* 1996; 94 : 3190-3197.
 38. Gorcsan J 3RD , Strum DP, Mandarino WA, Gulati VK, Pinsky MR. Quantitative assessment of alterations in regional left ventricular contractility with color-coded tissue Doppler echocardiography. Comparison with sonomicrometry and pressure-volume relations. *Circulation* 1997; 95 : 2423-2433.
 39. Hagen PT, Scholz DG, Edwars WD. Incidence and size of patent foramen ovale during the first decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. *Mayo Clin Proc* 1984; 59: 17-20.
 40. Harris SN, Ballantyne GH, Luther MA, Perrino AC. Alterations of cardiovascular performance during laparoscopic colectomy: a combined hemodynamic and echocardiographic analysis. *Anesth Analg* 1991; 83 : 482-487.
 41. Heidenreich PA, Stainback RF, Redberg RF, Schiller NB, Cohen NH, Foster E. Transesophageal echocardiography predicts mortality in critically ill patients with unexplained hypotension. / Am Coll Cardiol 1995; 26 : 152-158
 42. Hoka S, Okamoto H, Yamura K, Takahashi S, Tominaga R, Yasui H. Removal of retained air during cardiac surgery with transesophageal echocardiography and capnography./ Clin Anesth 1997; 9 : 457-461.
 43. Hopkins WE, Waggoner AD, Barzilai B. Frequency and significance of intrapulmonary right-to-left shunting in endstage hepatic disease. Am / Cardiol 1992; 70 . 516-519.
 44. Jardin F, Duborg O, Bourdarias JP. Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. Chest 1997; 111 : 209-217.
 45. Jardin F, Gueret P, Duborg O, Farcot JC Margairaz A, Bourdarias JP. Two-dimensional echocardiographic evaluation of right ventricular size and contractility in acute respiratory failure. Crit Care Med 1985; 13 : 952-956.
 46. Karalis DG, Quinn V, Victor MF, Ross JJ, Polansky M, Spratt KA et al. Risk of catheter-related emboli in patients with atherosclerotic debris in the thoracic aorta. Am Heart / 1996; 131: 1149-1155.
 47. Karalis DG, Victor MF, Davis GA, Mc Allister MP, Covalesky VA, Ross JJ Jr et al. The role echocardiography in blunt chest trauma: a transthoracic and transesophageal echocardiographic study. / Trauma 1994; 36: 53-58.
 48. Kasper W, Geibel A, Tiege N, Just H. Patent foramen ovale in patients with haemodynamically significant pulmonary embolism. Lancet 1992; 340: 561-564.
 49. Kharasch ED, Sivarajan M. Gastroesophageal perforation after intraoperative transesophageal echocardiography Anesthesiology 1996; 85: 426-428.
 50. Kikura M, Ikeda K. Effects of isoflurane-nitrous oxide and halothane-nitrous oxide anaesthesia on myocardial contractility assessed by transoesophageal echocardiography Br/Anesth 1994; 72: 315-320.
 51. Kitabatake A, Inoue M, sao M, Masuyama T, Tanouchi J, Morita Tetal. Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed doppler technique. Circulation 1983; 68: 302-309.
 52. Koolen JJ, Visser CA, Reichert SL, Jaarsma WJ, Kromhout JG, Van Wesel HB et al. Improved monitoring of myocardial ischemia during major vascular surgery using transesophageal echocardiography. Eur Heart / 1992; 13: 1028-1033.
 53. Krowka MJ, Tajik AJ, Dickson ER, Wiesner RH, Cortese DA. Intrapulmonary vascular dilatations (IPVD) in liver transplant candidates. Chest 1990; 97: 1165-1170.
 54. Kuecherer HF, Muhiudeen IA, Kusumoto FM, Lee E, Moulinier LE, Chalan MK et al. Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed doppler echocardiography of pulmonary venous flow. Circulation 1990; 82: 1127-1139.
 55. Lafont N, Kalonji MK, Barre J, Guillaume C, Boogaerts JG. Clinical features and echocardiography of embolism during cemented hip arthroplasty. Can J Anaesth 1997; 44: 112-117.
 56. Lang RM, Borow KM, Neumann A, Jansen D. Systemic vascular resistance: an unreliable index of left ventricular after load. Circulation 1986; 74: 1114-1123.
 57. Lang RM, Vignor P, Weinert L, Bednarz J, Korcarz C, Sandelski J et al. Echocardiographic quantification of regional left ventricular wall motion with color kinesis. Circulation 1996; 93: 1877-1885.
 58. Laperche T, Laurian C, Roudaut R, Steg PG. Mobile thromboses of the aortic arch without aortic debris. A transesophageal echocardiographic finding associated with unexplained arterial embolism. The filiale echocardiographie de la Société française de cardiologie. Circulation 1997; 96: 288-294.
 59. Lau LS, Blanchard DJ, Hye RJ. Diagnosis and management of patients with peripheral macroemboli from thoracic aortic pathology. Ann Vasc Surg 1997; 11: 348-353.
 60. LeBret F, Ruel P, Rosier H, Goarin JP, Riou B, Viars P. Diagnosis of traumatic mediastinal hematoma with transesophageal echocardiography. Chest 1994; 105: 373-376.
 61. Leung JM, Levine EH. Left ventricular end-systolic cavity obliteration as an estimate of intraoperative hypovolemia. Anesthesiology 1994; 81 1102-1109.
 62. Liu N, Darmon PL, Saada M, Catoire P, Rosso I, Berger G et al. Comparison between radionuclide ejection fraction and fractional area changes derived from transesophageal echocardiography using automated border detection. Anesthesiology 1996 ; 85 468-474.
 63. London MJ, Tubau JF, Wong MG, Layung E, Hollenberg M, Krupski WC et al. The "natural history" of segmental wall motion abnormalities in patients undergoing noncardiac surgery. SPI Research Group. Anesthesiology 1990; 73 : 664-655.
 64. Marti RA, Ricou F, Tassonyi E. Life-threatening pulmonary embolism at induction of anesthesia: utility of transesophageal echocardiography. Anesthesiology 1994; 81 : 501-503.
 65. Masuyama T, Kodama K, Kitabatake A, Sato H, Nauto 5, Inoue M. Contiguous-waoe doppler echocardiographic detection of pulmonary regurgitation and its application to non invasive estimation of pulmonary artery pressure. Circulation 1986; 74: 484-492 .
 66. Masuyama T, Lee JM, Nagano R, Nariyama K, Yamamoto K, Naito J et al. Doppler echocardiographic pulmonary venous flow-velocity pattern for assessment of the haemodynamic profile in acute congestive heart failure. An Heart / 1995; 129 : 107-113.
 67. Melendez LJ, Chan KL, Cheung PK, Sochowski RA, Wong S, Austin TW. Incidence of bacteremia in transesophageal echocardiography: a prospective study of 140 consecutive patients. / Am Coll Cardiol 1991; 18 : 1650-1654.
 68. Mente H, Vignon P, Terre S, Cholley B, Roupie E, Legrand P et al. Frequency of bacteremia associated with transesophageal echocardiography in intensive care unit: a prospective study of 139 patients. Crit Care Med 1995; 23: 1194-1199.
 69. Michel-Cherqui M, Brusset A, Liu N, Raffin L, Schlumberger S, Cedaha A et al. Intraoperative transesophageal echocardiographic assessment of vascular anastomoses in lung transplantation. A report of 18 cases. Chest 1997; 111: 1229-1235.
 70. Mishra M, Chauhan R, Sharma KK, Dhar A, Bhise M, Dhole S et al. Real-time intraoperative transesophageal echocardiography. How useful? Experience of 5016 cases, / Cardiothorac Vasc Anesth 1998; 12 : 625-632.
 71. Nagueh S, Kopelen H, Zoghbi W. Relation of mean atrial pressure to echocardiographic and doppler parameters of right atrial and right ventricular function. Circulation 1996; 93: 1160-1169.
 72. Nihoyannopoulos P, Joshi J, Athanasiopoulos G, Oakley CM. Detection of atherosclerotic lesions in the aorta by traosesophageal echocardiography. Am / Cardiol 1993; 71: 1208-1212.
 73. Nishimura RA, Appleton CP, Redfield MM, Ilstrup DM, Holmes DR, Tajik AJ. Noninvasive Doppler echocardiographic evaluation of left ventricular filling pressures in patients with cardiomyopathies: a simultaneous doppler echocardiographic and cardiac catheterisation study. / Am Coll Cardiol 1996; 28: 1226-1233.
 74. Nomura M, Hillel Z, Shih H, Kuroda MM, Thys DM. The association between Doppler transmural flow variables measured by

- transesophageal echocardiography and pulmonary capillary wedge pressure. *Anesth Analg* 1997; 84 : 491-496.
75. Ochiai Y, Morita S, Tanoue Y, Kawachi Y, Tominaga R, Yasui H. Use of transesophageal echocardiography for postoperative evaluation of right ventricular function. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 146-152.
 76. Oe M, Gorcsan J 3dr, Mandario WA, Kawai A, Griffith BP, Kormos RL. Automated echocardiographic measures of right ventricular area as an index of volume and end systolic pressure-area relations to assess right ventricular function. *Circulation* 1995; 92: 1026-1033.
 77. Parmet JL, Horow JC, Berman AT, Miller F, Pharo G, Collins L. The incidence of large venous emboli during total knee arthroplasty without pneumatic tourniquet use. *Anesth Analg* 1998; 87: 439-444.
 78. Pell AC, Christie J, Keating JF, Sutherland GR. The detection of fat embolism by transesophageal echocardiography during reamed intramedullary nailing. / bone / oint Surg Br 1993; 75: 921-925.
 79. Perrino AC, Luther MA, O'Connor TZ, Cohen IS. Automated echocardiographic analysis: examination of serial intraoperative measurements. *Anesthesiology* 1995; 83: 285-292.
 80. Petit H, Barrionuevo D, Boux O, Kieny R, Eisenmann B. Échographie transoesophagiennes et embolies artérielles périphériques. Nouvelle approche étiologique. A propos de 87 cas. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1992; 85: 403-409.
 81. Poelaert JI, Trouerbach J, Colardyn FA. Evaluation of transesophageal echocardiography as a diagnostic and in a critical care setting. *Chest* 1995; 107: 774-779.
 82. Prakas R, Matsukobo H. Usefulness of echocardiographic right ventricular measurements in estimating right ventricular systolic pressure. *Am J Cardiol* 1983; 51: 1036-1040.
 83. Pruszczynski P, Torbicki A, Pacho R, Chlebus M, Kuch-Wocial A, Pruszynski B et al. Noninvasive diagnosis of suspected severe pulmonary embolism: transesophageal echocardiography vs spiral CT. *Chest* 1997; 112: 722-728.
 84. Rankin JS, McHale PA, Arentzen CE, Ling D, Greenfield JC, Anderson RW. Three-dimensional dynamic geometry of the left ventricle in the conscious dog. *Circ Res* 1976; 39: 304-313.
 85. Reichek N, Wilson J, St JhonSutton M, Plappert TA, Goldberg S, Hirshfeld JW. Noninvasive determination of left ventricular end-systolic stress: validation of the method and initial application. *Circulation* 1982; 65: 99-108.
 86. Reichert CL, Visser CA, Koolen JJ, v.d. Brink RB, VanWezel HB, Meyne NG et al. Transesophageal echocardiography in hypotensive patients after cardiac operations. Comparison with hemodynamic parameters. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 104: 321-326.
 87. Robotham JL, Takata M, Berman M, Harasawa Y. Ejection fraction revisited. *Anesthesiology* 1991; 74: 172-183.
 88. Roosvoll O, Hatle LK. Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound: relation to left ventricular diastolic pressures. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 1687-1669.
 89. Rouine Rapp K, Ionescu P, Balea M, Foster E, Cahalan MK. Detection of intraoperative segmental wall-motion abnormalities by transesophageal echocardiography: The incremental value of additional cross selections in the transverse and longitudinal planes. *Anesth Analg* 1996; 83: 1141-1148.
 90. Russo AM, O'Connor WH, Waxman HL. Atypical presentations and echocardiographic findings in patients with cardiac tamponade occurring and late after cardiac surgery. *Chest* 1993; 104: 71-78.
 91. Saletta S, Lederman E, Fein S, Singh A, Kuehler DH, Fortune JB. Transesophageal echocardiography for the initial evaluation of the widened mediastinum in trauma patients. *J Trauma* 1995; 39: 137-141.
 92. Savage RM, Lytle BW, Aronson S, Navia JL, Licina M, Stewart WJ et al. Intraoperative echocardiography is indicated in high-risk coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1997; 64: 368-374.
 93. Seeberger MD, Cahalan MK, Rouine-Rapp K, Foster E, Ionescu P, Balea Metal, Acute hypovolemia may cause segmental wall motion abnormalities in the abnormalities in the absence of myocardial ischemia. *Anesth Analg* 1997; 85: 1252-1257.
 94. Shah PM, Kyo S, Matsumura M, Omoto R. Utility of biplane transesophageal echocardiography in left ventricular wall motion analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1991; 5: 316-319.
 95. Sheikh KH, De Brujin NP, Rankin JS, Clements FM, Stanley T, Wolfe WG et al. The utility of transesophageal echocardiography and doppler color flow imaging in patients undergoing cardiac valve surgery. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 363-372.
 96. Siostrzonek P, Lang W, Zangeneh M, Gossinger H, Stumpflen A, Rosenmayr G et al. Significance of left-sided heart disease for the detection of patent foramen ovale by transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1992; 19: 1192-1196.
 97. Smith MD, Cassidy JM, Souther S, Morris EJ, Sapin PM, Johnson SB et al. Transesophageal echocardiography in the diagnosis of traumatic rupture of the aorta. *N Engl J Med* 1995; 332: 356-362.
 98. Sohn DW, Shin GJ, Oh JK, Tajik AJ, Click RL, Miller FA et al. Role of transesophageal echocardiography in hemodynamically unstable patients. *Mayo Clin Proc* 1995; 70: 925-931.
 99. Stewart WJ, Curie PJ, Salcedo EE, Lytle BW, Gill CC, Schiavone WA et al. Intraoperative doppler color flow mapping for decision-making in valve repair for mitral regurgitation. Technique and results in 100 patients. *Circulation* 1990; 81: 556-566.
 100. Struthers AD, Cuschieri A. Cardiovascular consequences of laparoscopic surgery. *Lancet* 1998; 352: 568-570.
 101. Suriani RJ, Cutrone A, Feierman D, Konstadt S. Intraoperative transesophageal echocardiography during liver transplantation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1996; 10: 699-707.
 102. Tardif JC, Schwartz SL, Vannan MA, Cao Q, Pandian NG. Clinical usefulness of multiplane transesophageal echocardiography: comparison to biplanar imaging. *Am Heart J* 1994; 128: 156-166.
 103. Temporelli PL, Scapellato F, Corrá U, Eleuteri E, Imparato A, Giannuzzi P. Estimation of pulmonary wedge pressure by transmural doppler in patients with chronic heart failure and atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 1999; 83: 724-727.