

Actualización en técnicas de imagen cardiaca: ecocardiografía, cardiorresonancia y tomografía computarizada

Río Aguilar-Torres^a, José-Juan Gómez de Diego^b, José Francisco Forteza-Albert^c y Ricardo Vivancos-Delgado^d

^aServicio de Cardiología. Hospital Universitario de Bellvitge. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. España.

^bServicio de Cardiología. Hospital Universitario La Paz. Madrid. España.

^cServicio de Cardiología. Hospital Son Dureta. Palma de Mallorca. Baleares. España.

^dServicio de Cardiología. Hospital Carlos Haya. Málaga. España.

En este artículo se realiza una revisión de las aportaciones más relevantes del ecocardiograma, la resonancia magnética y la tomografía computarizada a la cardiología que han sido publicadas durante 2009. En este periodo, hemos asistido a la consolidación, en distintos contextos clínicos, de parámetros de deformación miocárdica que nos han permitido comprender mejor tanto la función sistólica como la diastólica de ambos ventrículos. La ecocardiografía tridimensional en tiempo real ha abierto nuevas vías para seleccionar y monitorizar mejor a los candidatos a un creciente número de procedimientos intervencionistas no coronarios, tales como el implante percutáneo de prótesis valvulares aórticas o la reparación mitral percutánea. La resonancia magnética se ha convertido definitivamente en la técnica de elección para el estudio de entidades diferentes, como la miocarditis y varios tipos de miocardiopatías, y se ha asentado como el patrón de referencia en la práctica clínica para la determinación del tamaño del infarto y el área de miocardio en riesgo. Las posibilidades diagnósticas de la tomografía computarizada en el diagnóstico cardiológico se ven confirmadas en grandes ensayos multicéntricos.

Palabras clave: *Ecocardiografía. Resonancia magnética. Tomografía computarizada.*

Update on Cardiac Imaging Techniques: Echocardiography, Cardiac Magnetic Resonance and Computed Tomography

This article contains a review of the most important contributions made by echocardiography, magnetic resonance imaging and computed tomography to the field of cardiology in 2009. During this period, we helped establish values for myocardial deformation parameters in a number of different clinical settings that have enabled us to achieve better understanding of systolic and diastolic function in both ventricles. Real-time three-dimensional echocardiography has provided new ways to improve the selection and monitoring of potential candidates for an increasing number of noncoronary interventions, such as percutaneous aortic valve implantation and percutaneous mitral valve repair. Magnetic resonance imaging has clearly become the technique of choice for studying a range of different conditions, such as myocarditis and various forms of cardiomyopathy, and is now established as the reference standard in clinical practice for determining the sizes of infarcts and myocardial areas at risk. The diagnostic potential of computed tomography for assessing heart disease has been confirmed in large multicenter trials.

Key words: *Echocardiography. Cardiac magnetic resonance. Computed tomography.*

INTRODUCCIÓN

A pesar de la crisis económica, 2009 ha sido muy productivo en el campo de la imagen cardiaca. Asistimos a algo más que una revolución tecnológica, estamos cambiando nuestra forma de pensar y de trabajar. Los objetivos de las técnicas de imagen son obtener el máximo rendimiento diagnósti-

co con mayor seguridad, menores molestias para los pacientes y costes más bajos. La imagen no invasiva, además de diagnosticar, ayuda a establecer el pronóstico y seleccionar las mejores estrategias de tratamiento y enriquece el conocimiento fisiopatológico en cardiología. Estas técnicas, portátiles, en tiempo real y tridimensionales, nos permiten seleccionar y monitorizar mejor a los candidatos a diversos procedimientos invasivos. Son raros los centros de excelencia en reparación mitral o en el implante de dispositivos intracardiacos donde no exista un programa multidisciplinario en el que la imagen ocupe una posición destacada. Pero además de ver, queremos medidas

Correspondencia: Dr. R. Aguilar Torres.
Servicio de Cardiología. IDIBELL. Hospital de Bellvitge.
Feixa Llarga, s/n. 08907 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. España.
Correo electrónico: rioaguilar@pulso.com

ABREVIATURAS

DTI: Doppler tisular.
 Ea: onda E del anillo mitral.
 ETE: ecocardiografía transesofágica.
 FD: función diastólica.
 FE: fracción de eyección.
 ICFEN: insuficiencia cardiaca con fracción de eyección normal.
 IVA: Aceleración isovolúmica.
 MD: miocardiopatía dilatada.
 MH: miocardiopatía hipertrófica.
 RT-3DE: ecocardiografía tridimensional en tiempo real.
 ST: *speckle tracking*.
 TRC: terapia de resincronización cardiaca.
 UT: *untwisting*.
 VD: ventrículo derecho.
 VI: ventrículo izquierdo.

fiables y reproducibles, imágenes de calidad tomadas sistemáticamente, interpretables rápidamente, con menor dependencia del operador y evitando la repetición de una misma prueba o la realización de pruebas más caras o invasivas.

Al disponer de información objetiva de calidad, la necesidad inicial de comparar con patrones de referencia se ve reemplazada por la evaluación de la técnica o combinación de técnicas más apropiadas para un determinado proceso. No hay que practicar a cada paciente todas las pruebas disponibles, como ha quedado demostrado en sistemas sanitarios con grandes recursos. El concepto de uso apropiado de las técnicas de diagnóstico por la imagen va calando en nuestra comunidad.

Vivimos tiempos de *twist* y realce, nuevos parámetros llegarán y se deberá demostrar que su rendimiento diagnóstico, su seguridad y su coste sean mejores. Ésos serán los imprescindibles.

A la ingente producción de originales, hay que sumar guías y recomendaciones, de gran valor, varias dedicadas específicamente a las técnicas de imagen¹⁻⁷, pero también a áreas donde la imagen cardiaca ocupa un papel fundamental, como las estenosis valvulares⁸ o la endocarditis infecciosa⁹. Basados en la mejor evidencia disponible, estos documentos definen el marco de actuación más comúnmente aceptado. Su difusión permitirá avanzar en la estandarización de procedimientos, con pautas comunes para Europa y, cada vez más, para América. Se agradece la invitación a participar en este suplemento. Los lectores podrán comprobar que la imagen en cardiología en 2009 es algo más que una foto bonita.

ECOCARDIOGRAFÍA: FUNCIÓN VENTRICULAR

Según un reciente editorial, la ecocardiografía está inmersa en una revolución¹⁰. La incorporación del Doppler tisular (DTI) y el *speckle tracking* (ST) ha supuesto un gran impulso para el estudio de la mecánica y la función ventricular sistólica y diastólica. Después de la implosión de trabajos sobre *strain* longitudinal y radial, ahora es el turno de la deformación circunferencial.

Se estudió mediante ST¹¹ los patrones de rotación en individuos sanos, y se constató mayor grado de rotación en segmentos inferoseptales que en anterolaterales con duración del *untwisting* (UT) mayor a nivel basal que apical. La participación de las diferentes capas del miocardio en el *strain* y el *strain rate* circunferencial muestra que la deformación es mayor a nivel endocárdico que en el epicardio en todos los segmentos normales¹². En un estudio de experimentación animal¹³ se observó que las adherencias pericárdicas afectan a la torsión ventricular a nivel epicárdico y endocárdico, aunque se mantiene el gradiente transmural, lo que es coherente con el concepto de que la afección epicárdica del miocardio daña más la deformación circunferencial, y la lesión endocárdica, como la isquemia, afecta preferentemente al *strain* longitudinal¹⁴. Rüssel et al¹⁵ realizan una revisión exhaustiva de la torsión con datos del *modus operandi* y la relación con las condiciones de carga.

En el campo de la función diastólica (FD), destaca la aparición de nuevas recomendaciones de las sociedades europea y americana¹, documento llamado a ser referente en la práctica habitual; en su índice caben tanto los nuevos datos aportados por DTI y ST como los clásicos, así como valoraciones separadas de las propiedades diastólicas, cálculos de presiones de llenado y diagramas actualizados. Dos relevantes trabajos han venido a relacionar la FD con la torsión. En el primero¹⁶ se estudió la torsión por ST en pacientes con diferentes grados de disfunción diastólica según parámetros clásicos. La torsión y el UT estaban aumentados en pacientes con disfunción leve respecto al grupo control, y se normalizaron en pacientes con mayor grado de disfunción. El otro, de muestra más reducida pero con estudio invasivo de presiones, establece la relación existente entre UT e índices de relajación, pero no con los de distensibilidad¹⁷; se evidencia también la conexión entre fenómenos sistólicos (torsión) y diastólicos (UT). El artículo merece un explícito editorial¹⁸ donde se precisa la necesidad de discriminar entre las propiedades del miocardio activas y las pasivas, se previene acerca del espejismo de las clasificaciones de disfunción diastólica y se menciona el UT como la manifestación mecánica inicial de la diástole.

La utilización de la onda E del anillo (Ea) como sucedáneo de la relajación ventricular tiene limitaciones, no siempre tenidas en cuenta. Así, en un modelo animal, la Ea está determinada, también en condiciones fisiológicas, por las fuerzas de restauración (*recoil*) y la carga de estiramiento aplicada¹⁹. Dumesnil et al²⁰, en un trascendente editorial, reflexionan sobre la validez de las clasificaciones de FD, de Ea como marcador de relajación y de E/Ea para evaluar presiones de llenado en reposo y en ejercicio.

El estudio ecocardiográfico de la función ventricular derecha se ha visto impulsado por los desarrollos en las técnicas de deformación y la tridimensionalidad. Es incuestionable que la tecnología tridimensional mejora la fiabilidad del eco-2D para la estimación de parámetros volumétricos de función sistólica²¹, y también que los cambios geométricos, fácilmente determinables mediante 3D, son determinantes de la función sistólica²². No obstante, el espaldarazo definitivo para el estudio de la función sistólica del ventrículo derecho (VD) ha sido la incorporación de parámetros de velocidad y deformación miocárdica, donde ya se dispone también de valores de referencia según la edad²³. En entidades en que la valoración funcional y pronóstica son de enorme interés —como la hipertensión pulmonar o algunas cardiopatías congénitas como la D-transposición de las grandes arterias (TGA), con condiciones de poscarga-impedancia elevada o sobrecarga de volumen como la CIA que dificultan la evaluación de la función sistólica mediante parámetros basados en volumen o geometría— es donde parecen imponerse parámetros como la aceleración isovolumétrica (IVA), el *strain* longitudinal o incluso la rotación²⁴⁻²⁷.

En la enfermedad tromboembólica crónica, se ha demostrado que el índice de Tei obtenido en la cara lateral del VD mediante DTI, un parámetro relativamente independiente de la geometría ventricular, tiene una buena correlación ($R = 0,75$) con el cambio en las resistencias pulmonares ocurrido a 93 pacientes sometidos a trombendarterectomía en un centro de reconocida experiencia²⁸.

MIOCARDIOPATÍAS

La regurgitación mitral asociada a miocardiopatía dilatada (MD) es un factor pronóstico conocido; sus determinantes han sido estudiados por Donal et al²⁹, que hallaron que el diámetro del anillo, la altura del *tenting*, el retraso de la pared lateral y el *strain* del segmento lateromedial fueron los mejores factores predictivos de su severidad.

La tecnología ST ha sido utilizada para el estudio de la fisiopatología en la MD. Meluzin et al³⁰ hallaron marcada reducción de los valores de *strain* y *strain rate* longitudinal, radial y circunferencial, con

estrecha correlación entre los parámetros sistólicos y los protodiastólicos. Los patrones de rotación mostraron amplia dispersión de valores, sin torsión ventricular en la mayoría. En un estudio dirigido a conocer los determinantes del UT en pacientes con MD³¹, se encontró una disminución de la velocidad de UT que se relacionó con la reducción del pico de torsión, con la asincronía radial y con la razón E/Ea, de manera independiente.

Al cumplirse 50 años de los primeros artículos sobre la obstrucción dinámica intraventricular y la miocardiopatía hipertrófica (MH), se han publicado algunas revisiones y actualizaciones que ponen de relieve el estudio de la deformación y la eco-3D en el estudio regional del miocardio^{32,33}. En un estudio de casos y controles realizado con ST, los autores³⁴ encuentran en pacientes con MH mayor grado de torsión a expensas de mayor rotación basal y UT más lento. Se hallaron también diferencias llamativas de la rotación apical según el patrón de hipertrofia y la morfología del septo. En otro estudio realizado con ST por eco y RM con contraste³⁵, se investigó la relación entre grado de hipertrofia, fibrosis y deformación. El *strain* longitudinal regional fue un predictor independiente de fibrosis y grosor parietal, por lo que un *strain* disminuido en zonas poco hipertróficas indicaría fibrosis.

INSUFICIENCIA CARDIACA

Un reciente estudio advierte de las limitaciones de la razón E/Ea para valorar presiones de llenado³⁶ respecto a la estimación directa de la presión capilar (PCP) en 106 pacientes descompensados con deterioro del grado funcional y fracción de eyección (FE) < 30%; no se halló asociación significativa. Para E/Ea > 15, la sensibilidad fue del 66% y la especificidad, del 50% en el diagnóstico de PCP > 18 mmHg. La discrepancia parece mayor en los casos con ventrículos más dilatados o resincronizados.

En el seguimiento de pacientes con cardiopatía isquémica estable se han buscado parámetros ecocardiográficos predictivos de insuficiencia cardiaca³⁷; el aumento del índice de masa del ventrículo izquierdo (VI) y del volumen auricular, la disfunción diastólica de grado II-III, la integral volumen-tiempo < 22 cm en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) y una regurgitación mitral más que mínima resultaron predictores independientes del riesgo.

Los péptidos natriuréticos son marcadores bioquímicos de insuficiencia cardiaca establecidos; su interrelación con parámetros ecocardiográficos, estructurales y funcionales ha sido revisada en profundidad para el diagnóstico, el seguimiento y el valor pronóstico en la insuficiencia cardiaca³⁸.

En un trabajo llevado a cabo con eco de ejercicio, DTI y ST, se estudió a pacientes en insuficiencia cardíaca con FE normal (ICFEN)³⁹, y se encontró *strain* basal anormal y menor velocidad de UT en el grupo de pacientes. El consumo máximo de O₂ se correlacionó con las ondas del anillo mitral, la rotación apical, E/Ea y UT en ejercicio. Wang et al⁴⁰ publicaron una recomendable revisión fisiopatológica de la ICFEN en la que se valora al detalle la función sistólica, el acoplamiento ventriculoarterial y la FD.

RESINCRONIZACIÓN

La publicación del estudio Predictors of Response to CRT (PROSPECT) no ha aplacado la aparición de estudios sobre el papel de la ecocardiografía en la selección de pacientes para resincronización cardíaca (TRC), más bien lo contrario. Quizá prematuramente, algunos autores concluyen que la ecocardiografía no aporta ningún valor añadido al electrocardiograma en la selección de pacientes para TRC⁴¹, lo que —tratándose de una valoración de la asincronía mecánica— cuesta aceptar. Es cierto que el PROSPECT puso de relieve la ausencia de un predictor «mágico» de la respuesta, pero otros estudios evidenciaron que algunas determinaciones realizadas en modo M y DTI tenían capacidad para detectar asincronía potencialmente reversible y un valor predictivo aceptable, como explican Ghio et al⁴². Es criticable en el PROSPECT su diseño multicéntrico sin *corelab* ni aleatorización, la alta variabilidad entre observadores y en cada observador, la ausencia de medidas de deformación y la inadecuada indicación de TRC en más del 20% de los pacientes incluidos⁴³.

Algunos grupos, como el del Clínic de Barcelona, proponen criterios alternativos a los clásicos y miden por eco-3D los retrasos hasta alcanzar el mínimo volumen regional sistólico. Tras comparar los tiempos de todos los segmentos, en un mismo lado, de pacientes con MD isquémica y no isquémica⁴⁴, encuentran mayores retrasos en los segmentos basales en los no isquémicos, en contraposición con la afección predominantemente apical de los isquémicos. Estos hallazgos podrían tener importancia en el posicionamiento del electrodo. Otro tipo de información, no directamente basada en medidas temporales, la ofrece la presencia de *flash* septal, indicador de asincronía intraventricular que podría permitir seleccionar mejor a los candidatos a TRC⁴⁵. Además, el estudio con dosis bajas de dobutamina ayudaría a desenmascarar el *flash* septal e identificar a respondedores según los datos, algo escasos, de este grupo⁴⁶.

En un interesante artículo del grupo de Cleveland, se estudia la influencia de la rotación longitu-

dinal del ápex, el famoso *rocking*, medido con ST, en las velocidades del septo y la pared lateral medidas por DTI⁴⁷, de modo que la diferencia de velocidades (no de tiempos entre picos de velocidad) septo-lateral se correlaciona con la rotación apical y predice la respuesta a TRC en pacientes no isquémicos; aquellos con rotación horaria son mejores candidatos a TRC. El mismo grupo ha publicado el valor del *strain* postsistólico como marcador de respuesta a TRC⁴⁸. Otros trabajos confirman la tendencia a usar ST y parámetros de deformación en el estudio pre-TRC, con notable mejora del valor predictivo: el tiempo no lo es todo⁴⁹.

ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS

El documento de consenso elaborado por expertos de la Sociedad Europea sobre ecografía de estrés² muestra más rigor y erudición sobre indicaciones, metodología y modalidades que proyección hacia nuevas indicaciones y tecnologías. Imprescindible para una revisión de lo conocido, pero poco útil para prospección de futuro.

El bloqueo de rama izquierda supone una dificultad en la interpretación de las técnicas de provocación de isquemia. En un análisis de seguimiento retrospectivo de 609 pacientes con esta anomalía y ecografía de esfuerzo, Bouzas-Mosquera et al⁵⁰ muestran el valor pronóstico de la prueba basándose en los trastornos de motilidad segmentaria durante el ejercicio.

Los parámetros diastólicos de tardorrelajación son muy sensibles a la isquemia y persisten más en recuperación. El estudio regional de la caída del *strain* radial en protodiástole referido al pico sistólico tras ejercicio fue predictivo de estenosis coronarias significativas en pacientes con cardiopatía isquémica estable⁵¹.

Más allá de la cardiopatía isquémica, la ecografía de estrés muestra utilidad en otras áreas. En la selección de candidatos a TRC, no sólo el empleo del ecocardiograma con dobutamina podría servir para poner de manifiesto el *flash* septal, también la ecografía de esfuerzo podría facilitar la identificación de respondedores. En un interesante estudio, Lancellotti et al⁵² demuestran que los pacientes con reserva contráctil presentan mayor remodelado inverso y mayor incremento en la FE a los 6 meses. En ese trabajo, es destacable que los respondedores presentaban, además, mayores valores de *strain* en los segmentos diana del electrodo de VI, y que el incremento en el pico de esfuerzo del *strain*, otro estimador de reserva contráctil, también era significativamente superior.

El estudio de la reserva contráctil del VD es de gran importancia en pacientes con D-TGA sometidos a cirugía de *switch* auricular. Aunque habrá que

esperar a estudios con muestras mayores y objetivos de seguimiento más robustos, el grupo de Vogel, precursores del uso del IVA en la valoración de la función sistólica del VD, preconiza el estudio con dobutamina a dosis bajas para detectar reserva contractil mediante los cambios en el IVA, la velocidad sistólica o el *strain*⁵³.

El empleo de la ecografía de esfuerzo para la detección de hipertensión pulmonar inducible probablemente se difundirá con motivo de los estudios de cribado de familiares de casos afectados por hipertensión pulmonar de posible base genética, y en menor medida para el estudio de pacientes con estenosis mitral y situación funcional mal definida. Parece que la edad es un determinante importante de la respuesta patológica al esfuerzo de la presión sistólica de la arteria pulmonar, y es posible que ancianos sanos con buena capacidad funcional puedan presentar valores diagnósticos (> 60 mmHg) de hipertensión pulmonar cuando se someten a cargas de trabajo elevadas⁵⁴. La ecografía de esfuerzo también podría ser de utilidad en el estudio de la disfunción diastólica: parece que la respuesta tras estrés es diferente en pacientes con afección de la relajación basal, y los pacientes con menor reserva diastólica tienen menos capacidad de ejercicio⁵⁵.

ECOCARDIOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL EN TIEMPO REAL (RT-3DE)

Los transductores *matrix-array*, que permiten la adquisición de volúmenes instantáneos, junto con el potente *software*, sustentado por máquinas de gran poder computacional, han permitido el estallido de la RT-3DE. La reconstrucción cardiaca ve colmada sus expectativas con la aparición de sondas transesofágicas 3D en tiempo real (RT3D-TEE). No obstante, para que el uso del RT-3DE sea una realidad cotidiana⁵⁶, se necesita disminuir artefactos, mejorar la metodología de adquisición y adecuar la capacidad de almacenamiento y transmisión de datos. Aunque se espera alcanzar mayor familiaridad con esta tecnología, ya existen escenarios en los que hay evidencia suficiente para reconocer la supremacía del RT-3DE transtorácico⁵⁷: la valoración de volúmenes, FE y masa ventricular, y en la planimetría valvular en la estenosis mitral⁵⁸.

Determinación de volúmenes

La gran ventaja del 3D es que evita las asunciones geométricas, y esto hace que la técnica sea superior al 2D y casi la iguala con la RM. No obstante, se produce una constante subestimación, dependiente del operador, fundamentalmente por las dificultades para diferenciar trabéculas del borde miocárdico. Para minimizar este sesgo, se recomienda

incluir las trabéculas⁵⁹. Las nuevas herramientas semiautomáticas de detección de bordes 3D parecen ser muy útiles para determinar volúmenes y FE de forma rápida y precisa, con escasa variabilidad entre observadores⁶⁰. Esta herramienta aplicada a la determinación de volúmenes y función de la aurícula izquierda (AI) muestra excelente correlación con la RM. Un estudio compara la RT-3DE, la eco-2D con o sin contraste y la RM en pacientes con IAM previo. Se demuestra un 62% de acuerdo con la eco-2D, un 68% con la eco-2D de contraste, un 74% con la RT-3DA y un 80% con RT-3DA de contraste en la valoración de la FE. La eco-3D con y sin contraste es superior para determinar los volúmenes y FE de VI que la eco-2D con contraste, que a su vez es superior a la eco-2D sola⁶¹.

El ventrículo derecho es anatómicamente complejo y la metodología 3D para determinar su función aún no está bien establecida⁶². Aunque con baja variabilidad entre observadores, en la FE se produce subestimación sistemática de los volúmenes. Hay quien mejora la reproducibilidad *off-line* excluyendo el tracto de salida⁶³.

Imágenes de deformación tisular

Aunque la medida del *strain* por DTI depende del ángulo⁶⁴, un estudio con *strain* longitudinal⁶⁵ en 2D correlacionado con RM y eco-3D muestra buenas correlaciones de función del VI, siempre que los segmentos afectados sean más de 6. En un estudio reciente⁶⁶, el ST multidireccional por 3D, relativamente independiente del ángulo, parece superior al 2D, con una correlación más alta con los volúmenes por RM (0,87-0,92). El eco-3D permitiría estudiar el *strain* ventricular de manera aparentemente sencilla y más rápida, como indican Pérez de Isla et al⁶⁷, con un protocolo cuya aplicabilidad requerirá futuras confirmaciones.

Asincronía

Existen distintos métodos para valorar la asincronía por 3D, como la medida de la dispersión temporal de la contracción de distintos segmentos y la valoración de volúmenes ventriculares con distintos parámetros del resincronizador⁶⁸. Un reciente estudio demuestra que el ajuste 3D se correlaciona mejor que el 2D con aumentos del gasto cardiaco y la FE⁶⁹.

Ecografía de estrés 3D

La superioridad sobre el 2D en la ecografía de estrés parece obvia⁷⁰, pero para demostrar el auténtico potencial del 3D, se esperan mejoras en el análisis en un latido, el registro automático de imágenes

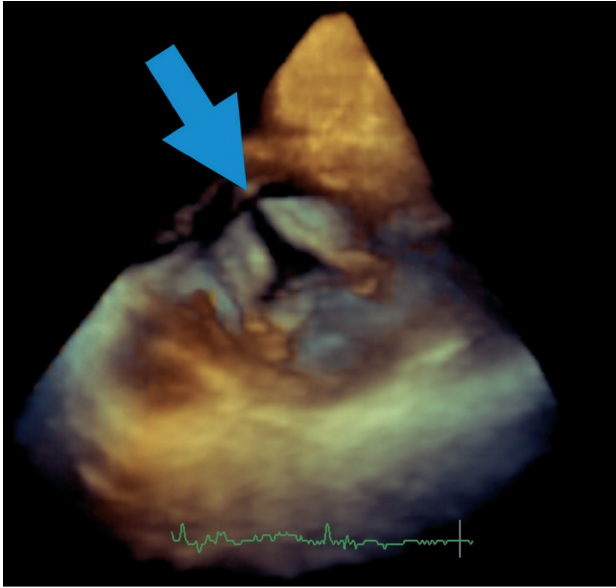


Fig. 1. Cleft mitral estudiado con ecocardiografía 3D. Se aprecia con gran detalle que el velo anterior de la válvula mitral está dividido en dos partes por una gran hendidura (flecha).

y nuevas técnicas cuantitativas. Hay poca información comparativa del eco de ejercicio 3D frente al 2D; Peteiro et al⁷¹ refieren que los estudios 3D sólo permiten analizar el 86% de los segmentos, mientras que no se puede interpretar un 8% de los estudios.

Ecopotenciadores

La gran destrucción de burbujas que produce el RT-3DE dificulta la captación de imágenes, pero el grupo de la Universidad de Chicago, pionero en 3D, está tratando de implementar maniobras y protocolos semiautomáticos que permitan el análisis de imágenes volumétricas de perfusión en modelos experimentales⁷².

Cardiopatías congénitas

Cuando se disponga de transductores que abarquen todo el espectro de tamaños corporales, las cardiopatías congénitas parecen un blanco idóneo⁷³ para el estudio 3D, debido a dos circunstancias favorables: alteraciones anatómicas evidentes y frecuentes buenas ventanas (fig. 1).

ECOGRAMA TRANSESOFÁGICO TRIDIMENSIONAL EN TIEMPO REAL (RT3D-TEE)

El RT3D-TEE permite la visualización óptima de múltiples estructuras: válvulas mitral (fig. 2), aórtica (fig. 3) y tricúspide; septo interauricular, orejuela y venas pulmonares; lo que le ha permitido situarse

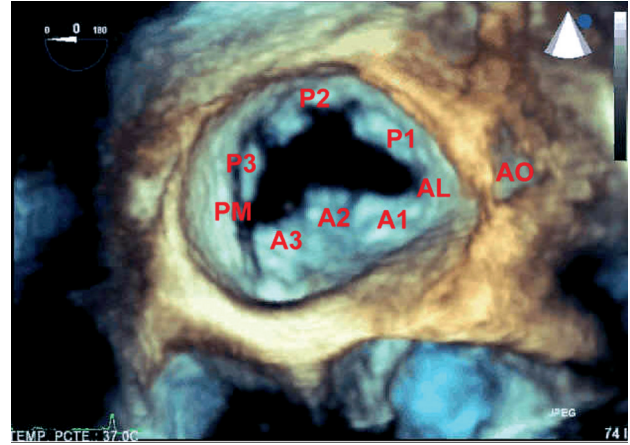


Fig. 2. Ecocardiograma 3D transesofágico: vista auricular de válvula mitral normal. AL: comisura anterolateral; AO: válvula aórtica; PM: comisura posteromedial.

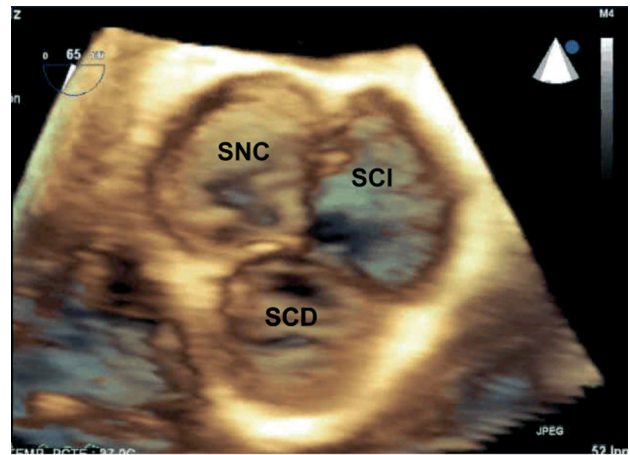


Fig. 3. Ecocardiograma 3D transesofágico: válvula aórtica normal. El SCD es anterior e izquierdo. El SCI es posterior y derecho. El SNC es posterior e izquierdo. SCD: seno coronario derecho; SCI: seno coronario izquierdo; SNC: seno no coronario.

en distintos escenarios quirúrgicos e intervencionistas como apoyo al diagnóstico y al éxito de estos procedimientos.

RT3D-TEE y cirugía

El RT3D-TEE se ha convertido en la técnica de elección para el eco intraoperatorio⁷⁴ de la reparación mitral, especialmente en cirugías complejas⁷⁵. El estudio de la válvula mitral es excelente, y se puede obtener todos los datos necesarios para una reparación, las dimensiones y la geometría del anillo, el estado de ambas valvas y comisuras por su caras auricular y ventricular, el ángulo mitroaórtico y también el estado del subvalvular y los papilares, con información superior a la de la inspección quirúrgica convencional⁷⁶. En el estudio funcional tras anuloplastia y en la localización de fugas perivalvu-

lares, el RT3D-TEE también parece superior a la ecocardiografía transesofágica (ETE)-2D^{77,78}.

RT3D-TEE e intervencionismo percutáneo

Ya sea en la comisurotomía mitral, la implantación de prótesis aórticas o el tratamiento de la regurgitación mitral con *clip* o sutura desde el seno coronario⁷⁹, el empleo del RT3D-TEE como apoyo a procedimientos percutáneos se ha consolidado en un tiempo récord⁸⁰.

Comisurotomía mitral

El éxito y la durabilidad del procedimiento se asocian al grado de apertura comisural: un área > 1,8 cm² es imprescindible para obtener éxito a medio y largo plazo⁸¹. La eco-2D subestima el resultado en un tercio de los pacientes, y la práctica convencional de RT3D-TEE podría mejorar la evaluación del procedimiento⁸².

Cierre de CIA

Un estudio⁸³ que comparó el RT3D-TEE frente al 2D demuestra que el 3D permite estudiar mejor la morfología de la CIA y sus diámetros, aunque no se encuentran diferencias en la medida de los bordes del defecto. El seguimiento de las maniobras para la colocación del dispositivo es óptimo en 3D⁸⁴.

Dehiscencias protésicas

No existe una alternativa tan eficaz como el RT3D-TEE para localizar los defectos perivalvulares y su abordaje mediante dispositivos de cierre⁸⁵, pues evita al operador que monitoriza el procedimiento con técnica bidimensional la necesidad de estar cambiando frecuentemente de planos⁸⁶.

Oclusión de orejuela izquierda

Un estudio con 66 pacientes⁸⁷ demuestra que el RT3D-TEE es superior al ETE convencional en la valoración de las dimensiones de la orejuela izquierda y, además, su gran capacidad en el guiado de catéteres.

Reparación mitral percutánea

La información procedente de casos aislados y de ensayos para el sistema de *clip* percutáneo permite reconocer la utilidad del RT3D-TEE para guiar estos procedimientos y monitorizar el resultado, que puede precisar del implante de más de un *clip*^{88,89}.

Implantación percutánea de prótesis aórtica

El RT3D-TEE sirve para monitorizar procedimientos transfemorales y transapicales, incluso, si es necesario, sin escopia⁹⁰, valorar el resultado, determinando si se precisa de dilataciones adicionales para hacer desaparecer regurgitaciones paravalvulares residuales, aunque con la posibilidad de producir insuficiencia intravalvular. La combinación de TC y RT3D-TEE parece muy favorable para la selección de candidatos, pues permiten evaluar aspectos cruciales como las dimensiones del anillo y la raíz aórtica, la cantidad y la distribución del calcio y la salida de las coronarias^{91,92}.

VALVULOPATÍAS

Válvula aórtica bicúspide (VAB)

Los pacientes con VAB sin repercusión relevante en el momento del diagnóstico parecen tener, a los 20 años de seguimiento, una mortalidad similar a la de la población general. Aunque la disección aórtica no es prevalente en estos pacientes, podrían tener hasta un 42% de eventos cardiovasculares precoces. Entre los factores de riesgo se cuentan la edad > 50 años y signos de degeneración valvular evidentes. Además, el diámetro de aorta ascendente > 40 mm implica riesgo de aneurisma de aorta ascendente. Los pacientes que no presentan estas alteraciones podrían no necesitar seguimiento clínico o ecocardiográfico tan estrecho⁹³. Una publicación reseña la alta prevalencia (32%) de dilatación de la raíz aórtica en familiares en primer grado de pacientes con VAB, asociada a alteración de las propiedades elásticas, y señala la conveniencia de realizar ecocardiogramas a familiares de estos pacientes⁹⁴.

Estenosis aórtica

En ocasiones el área valvular se puede correlacionar mal con otros criterios ecocardiográficos de severidad: velocidad máxima y gradiente medio, y se puede subestimar la severidad de la enfermedad. Un área no indexada < 1 cm² sólo diagnosticaría al 69% de las estenosis severas, incluso con función del VI conservada, debido al volumen-latido reducido⁹⁵. El cálculo del TSVI mediante eco-3D transtorácico puede mejorar la estimación del área aórtica mediante la ecuación de continuidad⁹⁶⁻⁹⁸. Si bien la presencia de estenosis aórtica severa con bajo flujo y FE conservada sigue discutiéndose en la literatura⁹⁹, hasta el 33% de pacientes asintomáticos con estenosis aórtica severa podrían estar en esa situación. Cuando se practican métodos no habituales como el índice

de pérdida de trabajo ventricular y el estrés circunferencial, se demuestra disfunción ventricular subclínica e impedancia elevada, junto a hipertrofia del VI severa que justificaría no demorar la intervención quirúrgica de estos pacientes¹⁰⁰. En cuanto al valor del eco-dobutamina en pacientes con FE deprimida y estenosis severa, cada vez parece más claro que no detectar reserva contráctil no es un argumento de peso para negar la capacidad de mejoría tras la intervención¹⁰¹. Otro tema en continuo debate es el auténtico significado del *missmatch* en pacientes con prótesis aórtica. Aparte de las especulaciones fisiopatológicas, lo más prioritario es reconocer qué situaciones requieren seguimientos estrechos y medidas terapéuticas por presentar peor pronóstico. De acuerdo con los resultados de seguimiento de un grupo con gran experiencia en el tema, los pacientes con FE deprimida, menores de 70 años y con índice de masa corporal normal son los que parecen presentar peor pronóstico¹⁰².

Estenosis mitral

Hay consenso unánime en considerar el área mitral medida por planimetría 3D como la más exacta y la que mejor se relaciona con el Gorlin¹⁰³.

Valoración de la regurgitación mitral

La valoración 3D del PISA nos muestra que este flujo, en la mayoría de los casos, no es hemisférico, sino hemielipsoide, lo que conlleva subestimar la severidad de la regurgitación por 2D. Se pretende buscar métodos volumétricos combinados con imágenes 3D para efectuar la planimetría semiautomática del orificio de regurgitación^{104,105}.

ECOCARDIOGRAFÍA CON CONTRASTE

La producción científica relativa al uso de contrastes en 2009 ha sido amplia. Las recomendaciones de la Asociación Europea de Ecocardiografía ofrecen una excelente revisión del estado de los contrastes. Las únicas dos contraindicaciones reconocidas para el uso de contraste son la sospecha de hipersensibilidad y la presencia de cortocircuito intracardiaco importante. La insuficiencia cardiaca, el SCA, las arritmias o las afecciones pulmonares ya no son una contraindicación. Parece recomendable que cuando se empleen en pacientes con afecciones cardiopulmonares inestables, como la hipertensión pulmonar severa, se vigile a los pacientes hasta 30 min tras la administración del contraste³.

Respecto a posibles efectos secundarios en estudios de perfusión miocárdica con contraste, un es-

tudio demuestra que el empleo de protocolos con baja potencia acústica, incluso en asociación con adenosina, no aumenta el riesgo de arritmia, tanto en voluntarios sanos como en pacientes con enfermedad coronaria estable¹⁰⁶. El empleo de vasodilatadores junto con contrastes para el estudio cuantitativo de la perfusión miocárdica se presenta como una excelente combinación. En un estudio comparativo que empleó como patrón de referencia la reserva de flujo coronario mediante guía de flujo, la ecocardiografía de perfusión durante la infusión de adenosina permitió obtener un elevado grado de acuerdo en pacientes sin lesiones coronarias significativas¹⁰⁷.

Aunque con menor rendimiento que los vasodilatadores para estudios de perfusión, el eco-dobutamina también se beneficia del contraste para el diagnóstico de enfermedad coronaria. Así lo demuestra un estudio multicéntrico aleatorizado con diseño cruzado, mismos pacientes con y sin contraste¹⁰⁸. La opacificación de bordes con contraste mejora la media de segmentos visualizados hasta un 95%, frente al 72% sin él.

Se han publicado resultados de ensayos en fase III de nuevas microburbujas con cubierta polimérica, más resistentes a la destrucción y de mayor persistencia circulatoria. Este contraste, administrado en bolos para el estudio de pacientes con dolor torácico con estrés con dipiridamol, muestra un adecuado perfil de seguridad y un rendimiento diagnóstico al menos igual al de la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT)¹⁰⁹.

En el área experimental cabría destacar varios trabajos relacionados con usos terapéuticos de los contrastes^{110,111}. El grupo de Porter muestra la posibilidad de lisar trombos *in vivo* en un modelo de injerto arteriovenoso animal mediante ultrasonidos diagnósticos y microburbujas en perfusión, sin necesidad de agregar tratamiento antitrombótico¹¹². Las terapias génicas vehiculadas en microburbujas son otra área de interés pues, mediante el proceso conocido como sonoporación, permite la liberación controlada y el paso al interior celular de plásmidos u otras macromoléculas. En un trabajo patrocinado por la SEC y el CNIC, además de obtener información sobre aspectos del *targeting* de microburbujas dirigidas contra marcadores endoteliales de inflamación, se demuestra por primera vez en un modelo *ex vivo* de cordón umbilical que es posible la sonotransfección en humanos sin causar daño histológico o ultraestructural¹¹³. Los usos potenciales de las terapias génicas dirigidas son de gran interés, como por ejemplo en la inducción de angiogénesis en áreas de infarto mediante la sonofección de plásmidos de VEGF y SCF en modelos murinos¹¹⁴.

RESONANCIA MAGNÉTICA EN CARDIOLOGÍA (CRM)

El desarrollo de la técnica está claramente marcado por su exquisita capacidad para demostrar la presencia de fibrosis o escara en multitud de contextos clínicos.

Cardiopatía isquémica

La CRM es una técnica que se está abriendo campo también en pacientes con cardiopatía isquémica aguda. Vicente et al¹¹⁵ comprobaron que la CRM es más precisa que el estudio del *blush* miocárdico para evaluar la reperfusión miocárdica tras angioplastia primaria. Wright et al¹¹⁶ demostraron que la RM puede demostrar las zonas del miocardio en las que hay edema y que, por lo tanto, estuvieron en riesgo en el momento agudo. La CRM puede dar información pronóstica y ayuda a seleccionar precozmente el grupo de pacientes con riesgo de padecer eventos en el seguimiento¹¹⁷.

CRM de estrés

Husser et al¹¹⁸ comprobaron que la disfunción del VI inducida con el estrés con adenosina añadía información adicional al resultado del estudio de perfusión. Klein et al¹¹⁹ demostraron la utilidad del estrés con adenosina en pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria. Un estudio muy interesante, ya que indica la precisión de la información obtenida con la técnica, es el de Doesch et al¹²⁰, en el que se evaluó a pacientes con lesiones coronarias de severidad intermedia tratados médicamente y en el que los eventos aparecieron exclusivamente en el grupo de pacientes con defectos de perfusión.

Estudio de las coronarias

Se han probado nuevas secuencias de captura para estudiar la anatomía de las arterias coronarias, con notables mejorías en los resultados¹²¹.

También se han estudiado directamente las placas en las coronarias, y se ha comprobado que las placas de aspecto hiperdenso en secuencias potenciadas en T1 podrían tener mayor tendencia a ser vulnerables¹²².

Asincronía

La identificación de escara posterolateral o asincronía mediante RM previa al implante ayuda a definir al grupo con mayor riesgo de eventos en el seguimiento¹²³.

Miocardiopatías

La CRM permite medir de modo preciso la hipertrofia cardiaca, y gracias a ello se puede evaluar sus consecuencias. Rudolph et al¹²⁴ estudiaron con RM a diferentes grupos de pacientes con hipertrofia del VI, y comprobaron que la fibrosis es relativamente frecuente y que se asocia con el remodelado ventricular. Weidemann et al¹²⁵ comprobaron que la presencia de fibrosis miocárdica se asocia a peor evolución tras la cirugía de la estenosis aórtica.

La CRM también es útil en pacientes con miocardiopatía dilatada, ya que aporta información útil para evaluar el pronóstico¹²⁶ o el estado funcional¹²⁷ de los pacientes. Bogun et al¹²⁸ comprobaron que el realce tardío permite establecer el sustrato de la arritmia en pacientes con miocardiopatía dilatada no isquémica y arritmias ventriculares.

Maron et al¹²⁹ evaluaron una serie amplia de pacientes con miocardiopatía hipertrófica, y comprobaron que, aunque la distribución de la hipertrofia puede ser caprichosa, los segmentos afectados más frecuentemente son el basal de la cara anterior y del septo anterior.

La CRM se ha consolidado como la técnica de referencia en el estudio de los pacientes con miocarditis (fig. 4). Se ha publicado un documento de consenso¹³⁰ en el que se recogen las principales indicaciones de CRM y se estandarizan los criterios de estudio y diagnóstico.

Displasia del VD

Es otra indicación clásica de CRM. Dalal et al¹³¹ han descrito el «signo del acordeón», un aspecto «arrugado» focal de la pared del ventrículo derecho, que sería especialmente interesante en el diagnóstico precoz. El grupo de McKenna¹³² señala que el espectro de la miocardiopatía arritmogénica se puede expandir a un grupo de pacientes caracterizado por ECG anormal con onda T negativa en cara lateral, arritmia de origen en el ventrículo izquierdo, coronarias normales y función sistólica del VI normal. Catalano et al¹³³ evaluaron con CRM una serie de pacientes con síndrome de Brugada, y comprobaron que estos pacientes tienen una proporción llamativamente alta de alteraciones sutiles.

Fibrilación auricular

Un nuevo campo para la CRM es el estudio de los pacientes con FA. La extensión del realce tardío en el estudio previo a la ablación parece tener relación directa con la tasa de recurrencia¹³⁴. Por otro lado, el remodelado auricular favorable asociado a la restauración del ritmo parece compensar el efecto negativo de la necrosis tras ablación^{135,136}.

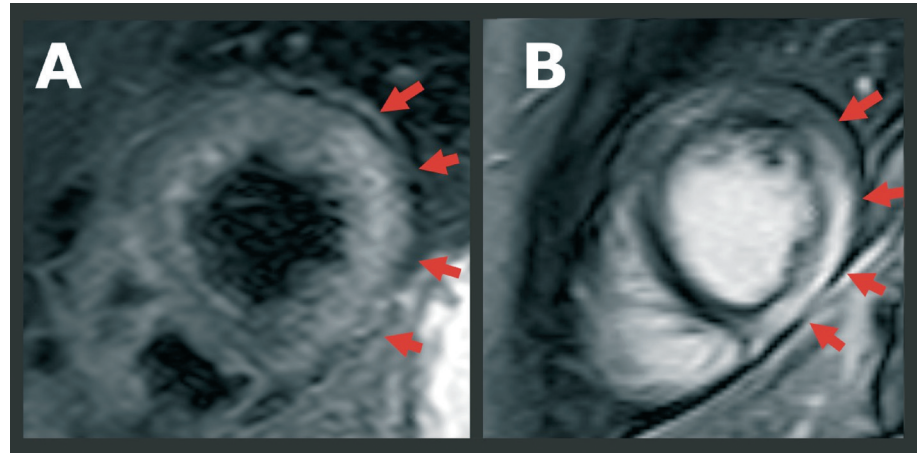


Fig. 4. Miocarditis aguda diagnosticada con cardiorensonancia magnética. A: se muestra la secuencia para detectar edema (aspecto blanquecino del miocardio). B: se comprueba la existencia de realce tardío de gadolinio subepicárdico característico (flechas).

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CARDIACA (cTC)

2009 ha sido un año importante para la cTC gracias a la aparición de los primeros estudios multicéntricos sobre rendimiento diagnóstico y, sobre todo, por los estudios sobre su capacidad para dar información pronóstica.

Calcio coronario

Budoff et al¹³⁷ señalan que la mejor forma de valorar el resultado de la prueba es usar el valor absoluto de calcio coronario, empleando valores de 100 y 400 para diferenciar entre pacientes en bajo y muy alto riesgo. Otros autores indican que incluso cantidades mínimas de calcio coronario conllevan un riesgo aumentado de eventos en el seguimiento¹³⁸.

Diagnóstico de enfermedad coronaria

El pionero de los estudios multicéntricos sobre rendimiento diagnóstico de la cTC fue el estudio Core 64¹³⁹, que tuvo un resultado descorazonador. Sin embargo, poco después se publicaron el estudio ACCURACY¹⁴⁰ (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) y el estudio de Meijboom et al¹⁴¹, con un diseño similar, que mostraron un rendimiento de la prueba excelente. Tomando en conjunto todos estos estudios, las cifras excelentes de sensibilidad y valor predictivo negativo indican que el resultado negativo de la cTC es muy fiable para descartar enfermedad coronaria. Sin embargo, unos resultados más discretos en especificidad y valor predictivo positivo indican que los falsos positivos son frecuentes. Un resultado positivo debe interpretarse con más cuidado, ya que la cTC puede sobrestimar la severidad de la obstrucción coronaria (fig. 5).

Caracterización de la placa

Motoyama et al¹⁴² han mostrado que los eventos cardíacos se asocian a la presencia de placas con remodelado positivo del vaso o placas con baja densidad radiológica.

Evaluación de *bypass* y *stent*

El estudio de los *bypass* coronarios es uno de los puntos fuertes de la cTC. El trabajo de Weustink et al¹⁴³ es un ejemplo del rendimiento de los equipos actuales, excelente en la detección de estenosis/oclusión de los injertos y muy bueno en la valoración de los vasos distales. Sin embargo, los resultados siguen siendo discretos en la evaluación de los vasos nativos, que aún son un reto. Los *stents* siguen siendo un problema importante para la técnica¹⁴⁴.

¿Anatomía o función en la enfermedad coronaria?

Parece evidente que el estudio de isquemia y el de la anatomía son formas diferentes de evaluar la enfermedad coronaria con poca relación entre sí¹⁴⁵. Un trabajo muy minucioso¹⁴⁶ que empleó el estudio de la reserva de flujo coronario demostró que es muy difícil predecir la repercusión funcional, de las alteraciones anatómicas (tanto para TC como para la coronariografía convencional). Sí es posible estudiar, con una fiabilidad razonable, a los pacientes con dolor torácico con un abordaje basado en la cTC. Nieman et al¹⁴⁷ publicaron su experiencia con la utilización de la ergometría y la cTC en su unidad de dolor torácico. En principio, la cTC parece una prueba en la que es más fácil obtener un estudio diagnóstico (el 0,7% de los estudios fueron no valorables con TC, frente al 33% de las ergometrías). A la hora de analizar el rendimiento, la cTC fue más sensible pero menos específica que la ergo-

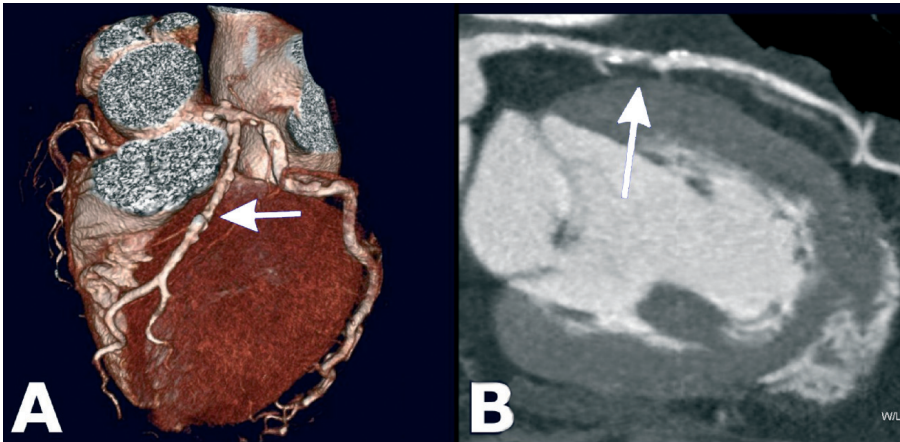


Fig. 5. Lesión coronaria en arteria descendente anterior diagnosticada con tomografía computarizada. La flecha señala una placa arteriosclerosa en la reconstrucción volumétrica (A) y en la reconstrucción multiplanar de la luz del vaso (B).

metría. El valor relativo de las pruebas basadas en anatomía y las basadas en isquemia es un tema controvertido; se puede concluir que tanto la anatomía como la función son abordajes válidos y complementarios.

Significado pronóstico de la cTC

Este año se ha publicado una serie de estudios de seguimiento de pacientes estudiados con cTC por sospecha de enfermedad coronaria. El estudio de Pundziute et al¹⁴⁸ fue el primero en demostrar que los eventos coronarios aparecen fundamentalmente en pacientes con lesiones significativas (el 63% de los pacientes al año de seguimiento), mientras que los pacientes con enfermedad no obstructiva tienen mucho mejor pronóstico (el 8% con eventos) y los pacientes con coronarias normales no tienen evento alguno. Estos resultados han sido prácticamente calcados en estudios posteriores¹⁴⁹⁻¹⁵² en los que se

ha seguido a grupos grandes de pacientes hasta 40 meses. Werkhoven et al¹⁵³ mostraron que la mayor capacidad para predecir eventos se consigue al combinar la información anatómica con los resultados de pruebas de detección de isquemia.

Otros investigadores han evaluado la mortalidad total en grupos amplios de pacientes seguidos durante largos periodos^{154,155}. Esos estudios también son congruentes al mostrar que los pacientes sin enfermedad coronaria tienen una tasa de mortalidad muy baja y que la mortalidad claramente aumenta en función del número de vasos con lesiones obstructivas.

Nuevas guías y recomendaciones de práctica clínica

La Society of Cardiovascular Computed Tomography ha publicado a lo largo del año diferentes guías clínicas sobre las recomendaciones básicas

TABLA 1. Indicaciones de tomografía computarizada cardiaca clasificadas como apropiadas por el panel de expertos

Evaluación de dolor torácico en sujetos con perfil de riesgo intermedio y ECG no interpretable o incapaces de hacer ejercicio
Sospecha de origen anómalo de las arterias coronarias
Evaluación de dolor torácico agudo en sujetos con bajo riesgo de enfermedad coronaria y ECG y enzimas cardíacas normales*
Evaluación de dolor torácico agudo en sujetos con riesgo intermedio de enfermedad coronaria y ECG y enzimas cardíacas normales
Estudio de <i>triple rule-out</i> para excluir enfermedad coronaria, embolia pulmonar y disección de aorta en urgencias*
Calcio <i>score</i> para evaluación del riesgo cardiovascular en sujetos con perfil de riesgo intermedio*
Estudio de dolor torácico en sujetos con test de isquemia no interpretable o equívoco
Evaluación prequirúrgica de pacientes con riesgo moderado o alto antes de cirugía no cardíaca de riesgo moderado o alto*
Evaluación de injertos aortocoronarios en pacientes con dolor torácico*
Evaluación de pacientes con cardiopatías congénitas complejas
Estudio de la anatomía coronaria para evaluación etiológica en pacientes con insuficiencia cardíaca de nueva aparición
Estudio de masas o trombos (en pacientes con ecocardiograma o resonancia de mala calidad)*
Estudio de enfermedad pericárdica (en pacientes con ecocardiograma o resonancia de mala calidad)
Estudio de las venas pulmonares previo a ablación de arritmias
Estudio de las venas coronarias previo a implante de electrodo de marcapasos biventricular
Evaluación de las arterias coronarias y de las arterias mamarias como parte del estudio previo a una nueva revascularización quirúrgica
Evaluación de pacientes con sospecha de disección o aneurisma aórtico
Evaluación de pacientes con sospecha de tromboembolia pulmonar

*Indicación incierta en la clasificación de 2006, aún sigue siendo objeto de debate.

para la realización de la prueba⁵, su interpretación y la realización del informe⁶, y se han propuesto modificaciones a la lista de indicaciones apropiadas de la técnica en cardiología realizadas por los comités de expertos en 2006 (tabla 1).

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:165-93.
- Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, et al. Stress echocardiography expert consensus statement-executive summary. *Eur Heart J.* 2009;30:278-89.
- Senior R, Becher H, Monaghan M, Agati L, Zamorano J, Vanoverschelde JL, et al. Contrast echocardiography: evidence-based recommendations by European Association of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:194-212.
- Evangelista A, Flachskampf F, Lancellotti P, Badano L, Aguilar R, Monaghan M, et al. European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies. *Eur J Echocardiogr.* 2008;9:438-48.
- Abbara S, Arbab-Zadeh A, Callister TQ, Desai MY, Mamuya W, Thomson L, et al. SCCT guidelines for performance of coronary computed tomographic angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2009;3:190-204.
- Raff GL, Abidov A, Achenbach S, Berman DS, Boxt LM, Budoff MJ, et al. SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary computed tomographic angiography. *Society of Cardiovascular Computed Tomography. J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2009;3:122-36.
- Carbonaro S, Villines TC, Hausleiter J, Devine PJ, Gerber TC, Taylor AJ. International, multidisciplinary update of the 2006 Appropriateness Criteria for cardiac computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2009;3:224-32.
- Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, Chambers JB, Evangelista A, Griffin BP, et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:1-25.
- Habib G, Hoen B, Tornos P, Thuny F, Prendergast B, Vilacosta I, et al. Guidelines on the prevention, diagnosis and treatment of infective endocarditis (new version 2009). *Eur Heart J.* 2009; doi:10.1093/eurheartj/ehp285
- Popovic ZA, Thomas JD. Echocardiography and a quest of the promised land of the accurate assessment of cardiac mechanics. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:583-84.
- Gustafsson U, Lindqvist P, Mörner S, Waldenström A. Assessment of regional rotation patterns improves the understanding of the systolic and diastolic left ventricular function: an echocardiographic speckle-tracking study in healthy individuals. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:56-61.
- Adamu U, Schmitz F, Becker M, Kelm M, Hoffmann R. Advanced speckle tracking echocardiography allowing a three-myocardial layer-specific analysis of deformation parameters. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:303-8.
- Alharthi MS, Jiamsripong P, Calleja A, Sengupta PP, McMahan EM, Khanderia BK, et al. Selective echocardiographic analysis of epicardial and endocardial left ventricular rotational mechanics in an animal model of pericardial adhesions. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:357-62.
- Sengupta PP, Tajik AJ, Chandrasekaran K, Khanderia BK. Twist mechanics of the left ventricle. *J Am Coll Cardiol Img.* 2008;1:366-76.
- Rüsell IK, Götte JW, Bronzwaer JG, Knaepen P, Paulus WJ, Van Rossum AC. Left ventricular torsion: An expanding role in the analysis of myocardial dysfunction. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:648-55.
- Park SJ, Miyazaki C, Bruce CJ, Ommen S, Miller FA, Oh JK. Left ventricular torsion by two-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with diastolic dysfunction and normal ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008;21:1129-37.
- Burns AT, La Gerche A, Prior DL, MacIsaac AI. Left ventricular untwisting is an important determinant of early diastolic function. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:709-16.
- Notomi Y, Thomas JD. Presto untwisting and legato filling. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:717-9.
- Opdahl A, Remme EW, Helle-Valle T, Lyseggen E, Vartdal T, Pettersen E, et al. Determinants of left ventricular early-diastolic lengthening velocity. *Circulation.* 2009;119:2578-86.
- Dumesnil JG, Pibarot P. Doppler assessment of diastolic function at rest and during exercise: distinguishing myth from reality. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:350-3.
- Chua S, Levine RA, Yosefy C, Handschumacher MD, Chu J, Qureshi A, et al. Assessment of right ventricular function by real-time three-dimensional echocardiography improves accuracy and decreases interobserver variability compared with conventional two-dimensional views. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:619-24.
- Tamborini G, Muratori M, Brusoni D, Celeste F, Maffessanti F, Caiani EG, et al. Is right ventricular systolic function reduced after cardiac surgery? A two- and three-dimensional echocardiographic study. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:630-4.
- Innelli P, Esposito R, Olibet M, Nistri S, Galderisi M. The impact of ageing on right ventricular longitudinal function in healthy subjects: a pulsed tissue Doppler study. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:491-8.
- Ramani GV, Bazaz R, Edelman K, López-Candales A. Pulmonary hypertension affects left ventricular basal twist: a novel use for speckle-tracking imaging. *Echocardiography.* 2009;26:44-51.
- Domingo E, Aguilar R, López-Meseguer M, Teixidó G, Vázquez M, Román A. New concepts in the invasive and non invasive evaluation of remodeling of the right ventricle and pulmonary vasculature in pulmonary arterial hypertension. *Open Respir Med J.* 2009;3:31-7.
- Jategaonkar SR, Scholtz W, Butz T, Bogunovic N, Faber L, Horstkotte D. Two-dimensional strain and strain-rate imaging of the right ventricle in adult patients before and after percutaneous closure of atrial septal defects. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:499-52.
- Friedberg MK, Mertens L. Tissue velocities, strain and strain-rate for echocardiographic assessment of ventricular function in congenital heart disease. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:585-93.
- Blanchard DG, Malouf PJ, Gurudev SV, Auger WR, Madani MM, Thistlethwaite P, et al. Utility of right ventricular Tei index in the non-invasive evaluation of chronic thromboembolic pulmonary hypertension before and after pulmonary thromboendarterectomy. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:143-9.
- Donal E, De Place C, Kervio G, Bauer F, Gervais R, Leclercq C, et al. Mitral regurgitation in dilated cardiomyopathy: value of both regional left ventricular contractility and dyssynchrony. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:133-8.

30. Meluzin J, Spinarova L, Hude P, Krejci J, Poloczko H, Podrouzkova H, et al. Left ventricular mechanics in idiopathic dilated cardiomyopathy: systolic-diastolic coupling and torsion. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:486-93.
31. Saito M, Okayama H, Nishimura K, Ogimoto A, Ohtsuka T, Inoue K, et al. Determinants of left ventricular untwisting behaviour in patients with dilated cardiomyopathy: analysis by two-dimensional speckle tracking. *Heart.* 2009;95:290-6.
32. Ommen SR, Shah PM, Tajik AJ Left ventricular outflow tract obstruction in hypertrophic cardiomyopathy: past, present and future. *Heart.* 2008;94:1276-81.
33. Alfonso LC, Bernal J, Bax JJ, Abraham TP. Echocardiography in hypertrophic cardiomyopathy: The role of conventional and emerging technologies. *J Am Coll Cardiol Img.* 2008;1:787-800.
34. Van Dalen BM, Kauer F, Soliman OI, Vletter WB, Michels M, Ten Cate FJ, et al. Influence of the pattern of hypertrophy on left ventricular twist in hypertrophic cardiomyopathy. *Heart.* 2009;95:657-61.
35. Popovic ZB, Kwon DH, Mishra M, Buakhamsri A, Greenberg NL, Thamilarasan M, et al. Association between regional ventricular function and myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy assessed by speckle tracking echocardiography and delayed hyperenhancement magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008;21:1299-305.
36. Mullens W, Borowski AG, Curtin RJ, Thomas JD, Tang WH. Tissue doppler imaging in the estimation of intracardiac filling pressure in decompensated patients with advanced heart failure. *Circulation.* 2009;119:62-70.
37. Stevens SM, Farzaneh-Far R, Na B, Whooley MA, Schiller NB. Development of an echocardiographic risk-stratification index to predict heart failure in patients with stable coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:11-20.
38. Troughton RW, Richards AM. B-Type natriuretic peptides and echocardiographic measures of cardiac structure and function. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:216-25.
39. Tan YT, Wenzelburger F, Lee E, Heatlie G, Leyva F, Patel K, et al. The pathophysiology of heart failure with normal ejection fraction. Exercise echocardiography reveals complex abnormalities of both systolic and diastolic ventricular function involving torsion, untwist, and longitudinal motion. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:36-46.
40. Wang J, Nagueh SF. Current perspectives on cardiac function in patients with diastolic heart failure. *Circulation.* 2009;119:1146-57.
41. Hawkins NM, Petrie MC, Burgess MI, McMurray JV. Selecting patients for cardiac resynchronization therapy: The fallacy of echocardiographic dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1944-59.
42. Ghio S, Cominesi IR. Papel de la ecocardiografía en la selección de los pacientes que responden a la terapia de resincronización cardiaca tras el estudio PROSPECT. *Rev Esp Cardiol.* 2009;62:843-6.
43. Bax JJ, Gorgans J. Echocardiography and noninvasive imaging in cardiac resynchronization therapy: Results of the PROSPECT study in perspective. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1933-43.
44. Delgado V, Sitges M, Vidal B, Silva E, Azqueta M, Tolosana JM, et al. Estudio de la asincronía ventricular izquierda con ecocardiografía tridimensional en tiempo real. *Rev Esp Cardiol.* 2008;6:825-34.
45. Parsai C, Bijmens B, Sutherland GR, Baltabaeva A, Claus P, Marciniak M, et al. Toward understanding response to cardiac resynchronization therapy: left ventricular dyssynchrony is only one of multiple mechanisms. *Eur Heart J.* 2009;30:940-9.
46. Parsai C, Baltabaeva A, Anderson L, Chaparro M, Bijnens B, Sutherland GR. Low-dose dobutamine stress echo to quantify the degree of remodelling after cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J.* 2009;30:950-8.
47. Phillips KP, Popovic ZB, Lim P, Meulet JE, Barrett CD, Di Biase L, et al. Opposing wall mechanics are significantly influenced by longitudinal cardiac rotation in the assessment of ventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:379-86.
48. Lim P, Buakhamsri A, Popovic ZB, Greenberg NL, Patel D, Thomas JD, et al. Longitudinal strain delay index by speckle tracking imaging: A new marker of response to cardiac resynchronization therapy. *Circulation.* 2008;118:1130-7.
49. Carasso S, Rakowski H, Witte KK, Smith P, Carasso D, Garceau P, et al. Left ventricular strain patterns in dilated cardiomyopathy predict response to cardiac resynchronization therapy: Timing is not everything. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:242-50.
50. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Álvarez-García N, Broullón FJ, García-Bueno L, Ferro L, et al. Prognostic value of exercise echocardiography in patients with left bundle branch block. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:251-9.
51. Ishii K, Imai M, Suyama T, Maenaka M, Nagai T, Kawanami M, et al. Exercise-induced post-ischemic left ventricular delayed relaxation or diastolic stunning: Is it a reliable marker in detecting coronary artery disease? *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:698-705.
52. Lancellotti P, Senechal M, Moonen M, Donal E, Magne J, Nellessen E, et al. Myocardial contractile reserve during exercise predicts left ventricular reverse remodelling after cardiac resynchronization therapy. *Eur J Ecocardiogr.* 2009;10:663-8.
53. Vogt M, Kühn A, Wiese J, Eicken A, Hess J, Vogel M. Reduced contractile reserve of the systemic right ventricle under dobutamine stress is associated with increased brain natriuretic peptide levels in patients with complete transposition after atrial repair. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:691-4.
54. Mahjoub H, Levy F, Cassol M, Meimoun P, Peltier M, Rusinaru D, et al. Effects of age on pulmonary artery systolic pressure at rest and during exercise in normal adults. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:635-40.
55. Ha JW, Choi D, Park S, Choi EY, Shim CY, Kim JM, et al. Left ventricular diastolic functional reserve during exercise in patients with impaired myocardial relaxation at rest. *Heart.* 2009;95:399-404.
56. Lang R, Mor-Avi V, Dent J, Kramer C. Three-dimensional echocardiography: is it ready for everyday clinical use? *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:114-7.
57. Mor-Avi V, Sugeng L, Lang R. Real-time 3-dimensional echocardiography —an integral component of the routine echocardiographic examination in adult patients? *Circulation.* 2009;119:314-29.
58. Velasco del Castillo S, Aguilar Torres R, Paré Bardera JC. Actualización en técnicas de imagen cardiaca: ecocardiografía, resonancia magnética en cardiología y tomografía computarizada con multidetectores. *Rev Esp Cardiol.* 2009;62 Supl 1:129-50.
59. Mor-Avi V, Jenkins C, Jul H, Nesser H, Marwick T, Franke A, et al. Real-time 3-Dimensional echocardiographic quantification of left ventricular volume multicenter study for validation with Magnetic Resonance Imaging and investigation of sources of error. *J Am Coll Cardiol Img.* 2008;1:413-23.
60. Hasegård J, Urheim S, Lunde K, Malm S, Rabben S. Semi-automated quantification of left ventricular volumes and ejection fraction by real-time three-dimensional echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2009;7:18.
61. Jenkins C, Moir S, Chan J, Rakhit D, Haluska B, Marwick TH. Left ventricular volume measurement with echocardiography: a comparison of left ventricular opacification, three-dimensional echocardiography, or both with magnetic resonance imaging. *Eur Heart J.* 2009;30:98-106.
62. Shiota T. 3D echocardiography: evaluation of the right ventricle. *Curr Opin Cardiol.* 2009;24:410-4.

63. Aune E, Baekkevar M, Rodevand O, Otterstad JE. The limited usefulness of real-time 3-dimensional echocardiography in obtaining normal reference ranges for right ventricular volumes. *Cardiovasc Ultrasound*. 2009;6:35.
64. Delgado V, Bax JJ, van der Wall EE. Towards assessment of left ventricular mechanics in true three dimensions. *Eur Heart J*. 2009;30:1554-55.
65. Brown J, Jenkins C, Marwick TH. Use of myocardial strain to assess global left ventricular function: a comparison with cardiac magnetic resonance and 3-dimensional echocardiography. *Am Heart J*. 2009;157:102-105.
66. Nesser HJ, Mor-Avi V, Gorissen W, Weinert L, Steringer-Mascherbauer R, Niel J, et al. Quantification of left ventricular volumes using three-dimensional echocardiographic speckle tracking: comparison with MRI. *Eur Heart J*. 2009;30:1554-5.
67. Pérez de Isla L, Vivas D, Fernández-Golfín C, Marcos-Alberca P, Almería C, Rodrigo JL, et al. Three-dimensional-wall motion tracking: A new and faster tool for myocardial strain assessment: comparison with two-dimensional-wall motion tracking. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22:325-30.
68. Ballo P, Motto A, Mondillo S, Galderisi M. Three-dimensional echocardiography for optimization of cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*. 2009;30:505.
69. Deplagne A, Bordachar P, Reant P, Montaudon M, Reuter S, Laborderie J, et al. Additional value of three-dimensional echocardiography in patients with cardiac resynchronization therapy. *Arch Cardiovasc Dis*. 2009;102:497-508.
70. Sawada SG, Thomaides A. Three-dimensional stress echocardiography: the promise and limitations of volumetric imaging. *Curr Opin Cardiol*. 2009;24:426-32.
71. Peteiro J, Piñon P, Perez R, Monserrat L, Perez D, Castro-Beiras A. Comparison of 2- and 3-dimensional exercise echocardiography for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20:959-67.
72. Veronesi F, Caiani EG, Toledo E, Corsi C, Collins KA, Lammertin G, et al. Semi-automated analysis of dynamic changes in myocardial contrast from real-time three-dimensional echocardiographic images as a basis for volumetric quantification of myocardial perfusion. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:485-90.
73. Mertens L, Friedberg MK. The gold standard for noninvasive imaging in congenital heart disease: echocardiography. *Curr Opin Cardiol*. 2009;24:119-24.
74. O'Gara P, Sugeng L, Lang R, Sarano M, Hung J, Raman S, et al. The role of imaging in chronic degenerative mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol Img*. 2008;1:221-37.
75. Burkhard Mackensen G. Real-time 3-dimensional echocardiography in the operating room. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2008;12:248-64.
76. Sai-Sudhakar CB, Vandse R, Armen TA, Bickle KM, Nathan NS. Efficacy of chordal cutting in alleviating ischemic mitral regurgitation: insights from 3-dimensional echocardiography. *J Cardiothorac Surg*. 2007;25:39.
77. Armen TA, Vandse R, Crestanello J, Raman SV, Bickle K, Nathan NS. Mechanisms of valve competency after mitral valve annuloplasty for ischemic mitral regurgitation using the Geofirm ring: insights from three-dimensional echocardiography. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:74-81.
78. Kronzon I, Sugeng L, Perk G, Hirsh D, Weinert L, Garcia Fernandez MA, et al. Real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography in the evaluation of post-operative mitral annuloplasty ring and prosthetic valve dehiscence. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1543-7.
79. Perk G, Lang RM, Garcia-Fernandez MA, Lodato J, Sugeng L, Lopez J, et al. Use of real time three-dimensional transesophageal echocardiography in intracardiac catheter based interventions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22:865-82.
80. Balzer J, Kelm M, Kühl HP. Real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography for guidance of non-coronary interventions in the catheter laboratory. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:341-9.
81. Song JK, Song JM, Kang DH, Yun SC, Park DW, Lee SW, et al. Restenosis and adverse clinical events after successful percutaneous mitral valvuloplasty: immediate post-procedural mitral valve area as an important prognosticator. *Eur Heart J*. 2009;30:1254-62.
82. Messika-Zeitoun D, Blanc J, Iung B, Brochet E, Cormier B, Himbert D, et al. Impact of degree of commissural opening after percutaneous mitral commissurotomy on long-term outcome. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:1-7.
83. Taniguchi M, Akagi T, Watanabe N, Okamoto Y, Nakagawa K, Kijima Y, et al. Application of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography using a matrix array probe for transcatheter closure of atrial septal defect. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22:1114-20.
84. Lodato JA, Cao QL, Weinert L, Sugeng L, Lopez J, Lang R, et al. Feasibility of real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography for guidance of percutaneous atrial septal defect closure. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:543-8.
85. Hamilton-Craig C, Boga T, Platts D, Walters DL, Burstow D, Scaglia G. The role of 3D transesophageal echocardiography during percutaneous closure of paravalvular mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol Img*. 2009;2:771-3.
86. Johri AM, Yared K, Durst R, Cubeddu RJ, Palacios IF, Picard MH, et al. Three-dimensional echocardiography-guided repair of severe paravalvular regurgitation in a bioprosthetic and mechanical mitral valve. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:572-5.
87. Shah SJ, Bardo DM, Sugeng L, Weinert L, Lodato JA, Knight BP, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography of the left atrial appendage: initial experience in the clinical setting. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21:1362-8.
88. Silvestry FE, Kerber RE, Brook MM, Carroll JD, Eberman KM, Goldstein SA, et al. Echocardiography-guided interventions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22:213-31.
89. Faletta F, Grimaldi A, Pasotti E, Klimusina J, Evangelista A, Alfieri O, et al. Real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography during double percutaneous mitral edge-to-edge procedure. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:1031-3.
90. Dumont E, Lemieux J, Doyle D, Rodés-Cabau J. Feasibility of transapical aortic valve implantation fully guided by transesophageal echocardiography. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009. doi:10.1016/j.jtcvs.2009.03.036.
91. Tops LF, Delgado V, Van der Kley F, Bax JJ. Percutaneous aortic valve therapy: clinical experience and the role of multimodality imaging. *Heart*. 2009;95:1538-46.
92. Moss RR, Ivens E, Pasupati S, Humphries K, Thompson CR, Munt B, et al. Role of echocardiography in percutaneous aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008;1:15-24.
93. Michelena HI, Desjardins VA, Avierinos JF, Russo A, Nkomo VT, Sundt TM, et al. Natural history of asymptomatic patients with normally functioning or minimally dysfunctional bicuspid aortic valve in the community. *Circulation*. 2008;117:2776-84.
94. Biner S, Rafique AM, Ray I, Cuk O, Siegel RJ, Tolstrup K. Aortopathy is prevalent in relatives of bicuspid aortic valve patients. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:2288-95.
95. Minners J, Allgeier M, Gohlke-Baerwolf C, Kienzle RP, Neumann FJ, Jander N. Inconsistencies of echocardiographic criteria for the grading of aortic valve stenosis. *Eur Heart J*. 2008;29:1043-8.
96. Pérez de Isla L, Zamorano J, Pérez de la Iglesia R, Cioccarelli S, Almería C, Rodrigo JL, et al. Utilidad de la ecocardiografía tridimensional en la cuantificación del área valvular aórtica. *Rev Esp Cardiol*. 2008;61:494-500.
97. Gutiérrez-Chico JL, Zamorano JL, Prieto-Moriche E, Hernández-Antolín RA, Bravo-Amaro M, Pérez de Isla L, et al. Real-time three-dimensional echocardiography in aortic

- stenosis: a novel, simple, and reliable method to improve accuracy in area calculation. *Eur Heart J*. 2008;29:1296-306.
98. Poh KK, Levine RA, Solis J, Shen L, Flaherty M, Kang YJ, et al. Assessing aortic valve area in aortic stenosis by continuity equation: a novel approach using real-time three-dimensional echocardiography. *Eur Heart J*. 2008;29:2526-35.
 99. Dumesnil JG, Pibarot P, Carabello B. Paradoxical low flow and/or low gradient severe aortic stenosis despite preserved left ventricular ejection fraction: implications for diagnosis and treatment. *Eur Heart J*. 2009. doi: 10.1093/eurheartj/ehp361.
 100. Cramariuc D, Cioffi G, Rieck AE, Devereux RB, Staal EM, Ray S, et al. Low-flow aortic stenosis in asymptomatic patients: valvular-arterial impedance and systolic function from the SEAS Substudy. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:400-3.
 101. Tribouilloy C, Lévy F, Rusinaru D, Guéret P, Petit-Eisenmann H, Baleynaud S, et al. Outcome after aortic valve replacement for low-flow/low-gradient aortic stenosis without contractile reserve on dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1865-73.
 102. Mohy D, Dumesnil JG, Echahidi N, Mathieu P, Dagenais F, Voisine P, et al. Impact of prosthesis-patient mismatch on long-term survival after aortic valve replacement: influence of age, obesity, and left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:39-47.
 103. Solis J, Sitges M, Levine R, Hung J. Ecocardiografía tridimensional. Nuevas perspectivas sobre la caracterización de la válvula mitral. *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:188-98.
 104. Ziania AB, Latcu DG, Abadira S, Paranona S, Dulaca Y, Guerrero F, et al. Assessment of proximal isovelocity surface area (PISA) shape using three-dimensional echocardiography in a paediatric population with mitral regurgitation or ventricular shunt. *Arch Cardiovasc Dis*. 2009;102:185-91.
 105. Sugeng L, Chandra S, Lang RM. Three-dimensional echocardiography for assessment of mitral valve regurgitation. *Curr Opin Cardiol*. 2009;24:420-5.
 106. Dijkmans PA, Juffermans LJM, Van Dijk J, Musters RJP, Spreeuwenberg, Kamp O. Safety and feasibility of real time adenosine myocardial contrast echocardiography with emphasis on induction of arrhythmias: a study in healthy volunteers and patients with stable coronary artery disease. *Echocardiography*. 2009;26:807-14.
 107. Bierig SM, Mikolajczak P, Herrmann SC, Elmore N, Kern M, Labovitz AJ. Comparison of myocardial contrast echocardiography derived myocardial perfusion reserve with invasive determination of coronary flow reserve. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:250-5.
 108. Plana JC, Mikati IA, Dokainish H, Lakkis N, Abukhalil J, Davis R, et al. A randomized cross-over study for evaluation of the effect of image optimization with contrast on the diagnostic accuracy of dobutamine echocardiography in coronary artery disease. The OPTIMIZE Trial. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008;1:145-52.
 109. Senior R, Monaghan M, Main ML, Zamorano JL, Tiemann K, Agati L, et al. for the RAMP-1 and RAMP-2 investigators. Detection of coronary artery disease with perfusion stress echocardiography using a novel ultrasound imaging agent: two phase 3 international trials in comparison with radionuclide perfusion imaging. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:26-35.
 110. Laing ST, Mc Pherson DD. Cardiovascular therapeutic uses of targeted ultrasound contrast agents. *Cardiovasc Res*. 2009;83:626-35.
 111. Porter TR. The utilization of ultrasound and microbubbles for therapy in acute coronary syndromes. *Cardiovasc Res*. 2009;83:636-42.
 112. Xie F, Lof J, Everbach C, He A, Bennett RM, Matsunaga T, et al. Treatment of acute intravascular thrombi with diagnostic ultrasound and intravenous microbubbles. *J Am Coll Cardiol*. 2009;2:511-8.
 113. Barreiro O, Aguilar RJ, Tejera E, Megías D, De Torres-Alba F, Evangelista A, et al. Specific targeting of human inflamed endothelium and in situ vascular tissue transfection by the use of ultrasound contrast agents. *J Am Coll Cardiol*. 2009;2:997-1005.
 114. Fujii H, Sun Z, Li SH, Wu J, Fazel S, Weisel RD, et al. Ultrasound-targeted gene delivery induces angiogenesis after myocardial infarction in mice. *J Am Coll Cardiol*. 2009;2:869-79.
 115. Vicente J, Mewton N, Croisille P, Staat P, Bonnefoy-Cudraz E, Ovize M, et al. Comparison of the angiographic myocardial blush grade with delayed-enhanced cardiac magnetic resonance for the assessment of microvascular obstruction in acute myocardial infarctions. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2009 [Epub ahead of print].
 116. Wright J, Adriaenssens T, Dymarkowski S, Desmet W, Bogaert J. Quantification of myocardial area at risk with T2-weighted CMR: comparison with contrast-enhanced CMR and coronary angiography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:825-31.
 117. Bodi V, Sanchis J, Nunez J, Mainar L, Lopez-Lereu MP, Monmeneu JV, et al. Prognostic value of a comprehensive cardiac magnetic resonance assessment soon after a first ST-segment elevation myocardial infarction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:835-42.
 118. Husser O, Bodí V, Sanchis J, Mainar L, Núñez J, López-Lereu MP, et al. Valor diagnóstico adicional de la disfunción sistólica inducida para la detección de enfermedad coronaria mediante resonancia magnética cardiaca de estrés con dipiridamol. *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:383-91.
 119. Klein C, Nagel E, Gebker R, Kelle S, Schnackenburg B, Graf K, et al. Magnetic resonance adenosine perfusion imaging in patients after coronary artery bypass graft surgery. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:437-45.
 120. Doesch C, Seeger A, Doering J, Herdeg C, Burgstahler C, Claussen CD, et al. Risk stratification by adenosine stress cardiac magnetic resonance in patients with coronary artery stenoses of intermediate angiographic severity. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:424-33.
 121. Yang Q, Li K, Liu X, Bi X, Liu Z, An J, et al. Contrast-enhanced whole-heart coronary magnetic resonance angiography at 3.0-T: a comparative study with X-ray angiography in a single center. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54:69-76.
 122. Kawasaki T, Koga S, Koga N, Noguchi T, Tanaka H, Koga H, et al. Characterization of hyperintense plaque with noncontrast T(1)-weighted cardiac magnetic resonance coronary plaque imaging: comparison with multislice computed tomography and intravascular ultrasound. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:720-8.
 123. Marsan NA, Westenberg JJ, Ypenburg C, Van Bommel RJ, Roes S, Delgado V, et al. Magnetic resonance imaging and response to cardiac resynchronization therapy: relative merits of left ventricular dyssynchrony and scar tissue. *Eur Heart J*. 2009 [Epub ahead of print].
 124. Rudolph A, Abdel-Aty H, Bohl S, Boyé P, Zagrosek A, Dietz R, et al. Noninvasive detection of fibrosis applying contrast-enhanced cardiac magnetic resonance in different forms of left ventricular hypertrophy relation to remodeling. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:284-91.
 125. Weidemann F, Herrmann S, Störk S, Niemann M, Frantz S, Lange V, et al. Impact of myocardial fibrosis in patients with symptomatic severe aortic stenosis. *Circulation*. 2009 [Epub ahead of print].
 126. Hombach V, Merkle N, Torzewski J, Kraus JM, Kunze M, Zimmermann O, et al. Electrocardiographic and cardiac magnetic resonance imaging parameters as predictors of a worse outcome in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J*. 2009 [Epub ahead of print].
 127. Iles L, Pfluger H, Phrommintikul A, Cherayath J, Aksit P, Gupta SN, et al. Evaluation of diffuse myocardial fibrosis

- in heart failure with cardiac magnetic resonance contrast-enhanced T1 mapping. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:1574-80.
128. Bogun FM, Desjardins B, Good E, Gupta S, Crawford T, Oral H, et al. Delayed-enhanced magnetic resonance imaging in nonischemic cardiomyopathy: utility for identifying the ventricular arrhythmia substrate. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1138-45.
 129. Maron MS, Maron BJ, Harrigan C, Buross J, Gibson CM, Olivetto I, et al. Hypertrophic cardiomyopathy phenotype revisited after 50 years with cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:220-8.
 130. Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, Holmvang G, Alakija P, Cooper LT, et al. International Consensus Group on Cardiovascular Magnetic Resonance in Myocarditis. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1475-87.
 131. Dalal D, Tandri H, Judge DP, Amat N, Macedo R, Jain R, et al. Morphologic variants of familial arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy a genetics-magnetic resonance imaging correlation study. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1289-99.
 132. Sen-Chowdhry S, Syrris P, Prasad SK, Hughes SE, Merrifield R, Ward D, et al. Left-dominant arrhythmogenic cardiomyopathy: an under-recognized clinical entity. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:2175-87.
 133. Catalano O, Antonaci S, Moro G, Mussida M, Frascaroli M, Baldi M, et al. Magnetic resonance investigations in Brugada syndrome reveal unexpectedly high rate of structural abnormalities. *Eur Heart J.* 2009 [Epub ahead of print].
 134. Oakes RS, Badger TJ, Kholmovski EG, Akoum N, Burgon NS, Fish EN, et al. Detection and quantification of left atrial structural remodeling with delayed-enhancement magnetic resonance imaging in patients with atrial fibrillation. *Circulation.* 2009;119:1758-67.
 135. Nori D, Raff G, Gupta V, Haines DE. Cardiac magnetic resonance imaging assessment of regional and global left atrial function before and after catheter ablation for atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol.* 2009 [Epub ahead of print].
 136. McGann CJ, Kholmovski EG, Oakes RS, Blauer JJ, Daccarett M, Segerson N, et al. New magnetic resonance imaging-based method for defining the extent of left atrial wall injury after the ablation of atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:1263-71.
 137. Budoff MJ, Nasir K, McClelland RL, Detrano R, Wong N, Blumenthal RS, et al. Coronary calcium predicts events better with absolute calcium scores than age-sex-race/ethnicity percentiles: MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:345-52.
 138. Blaha M, Budoff MJ, Shaw LJ, Khosa F, Rumberger JA, Berman D, et al. Absence of coronary artery calcification and all-cause mortality. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009;2:692-700.
 139. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Arbab-Zadeh A, Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med.* 2008;359:2324-36.
 140. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, Gitter M, Sutherland J, Halamert E, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY trial. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:1724-32.
 141. Meijboom WB, Meijjs MF, Schuijf JD, Cramer MJ, Mollet NR, Van Mieghem CA, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:2135-44.
 142. Motoyama S, Sarai M, Harigaya H, Anno H, Inoue K, Hara T, et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:49-57.
 143. Weustink AC, Nieman K, Pugliese F, Mollet NR, Meijboom WB, Van Mieghem C, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography angiography in patients after bypass grafting: comparison with invasive coronary angiography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009;2:816-24.
 144. Haraldsdottir S, Gudnason T, Sigurdsson AF, Gudjonsdottir J, Lehman SJ, Eyjolfsson K, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice multidetector CT for detection of in-stent restenosis in an unselected, consecutive patient population. *Eur J Radiol.* 2009 [Epub ahead of print].
 145. Di Carli MF, Dorbala S, Goldhaber SZ, Rybicki FJ, Hachamovitch R. Relationship between CT coronary angiography and stress perfusion imaging in patients with suspected ischemic heart disease assessed by integrated PET-CT imaging. *J Nucl Cardiol.* 2007;1:799-809.
 146. Meijboom WB, Van Mieghem CA, Van Pelt N, Weustink A, Pugliese F, Mollet NR, et al. Comprehensive assessment of coronary artery stenoses: computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:636-43.
 147. Nieman K, Galema T, Weustink A, Neefjes L, Moelker A, Musters P, et al. Computed tomography versus exercise electrocardiography in patients with stable chest complaints. *Heart.* 2009 [Epub ahead of print].
 148. Pundziute G, Schuijf JD, Jukema JW, Boersma E, de Roos A, van der Wall EE et al. Prognostic value of multislice computed tomography coronary angiography in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2007;49:62-70.
 149. Gaemperli O, Valenta I, Schepis T, Husmann L, Scheffel H, Desbiolles L, et al. Coronary 64-slice CT angiography predicts outcome in patients with known or suspected coronary artery disease. *Eur Radiol.* 2008;18:1162-73.
 150. Carrigan TP, Nair D, Schoenhagen P, Curtin RJ, Popovic ZB, Halliburton S, et al. Prognostic utility of 64-slice computed tomography in patients with suspected but no documented coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2009;30:362-71.
 151. Aldrovandi A, Maffei E, Palumbo A, Seitun S, Martini C, Brambilla V, et al. Prognostic value of computed tomography coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease: a 24-month follow-up study. *Eur Radiol.* 2009;19:1653-60.
 152. Gopal A, Nasir K, Ahmadi N, Gul K, Tian J, Flores M, et al. Cardiac computed tomographic angiography in an outpatient setting: an analysis of clinical outcomes over a 40-month period. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2009;3:90-95.
 153. Van Werkhoven JM, Schuijf JD, Gaemperli O, Jukema JW, Boersma E, Wijns W, et al. Prognostic value of multislice computed tomography and gated single-photon emission computed tomography in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:623-32.
 154. Min JK, Shaw LJ, Devereux RB, Okin PM, Weinsaft JW, Russo DJ, et al. Prognostic value of multidetector coronary computed tomographic angiography for prediction of all cause mortality. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50:1161-70.
 155. Ostrom MP, Gopal A, Ahmadi N, Nasir K, Yang E, Kakadiaris I, et al. Mortality incidence and the severity of coronary atherosclerosis assessed by computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:1335-43.