

Temas de actualidad en cardiología 2010

Novedades en técnicas de imagen cardiaca

Ricardo Vivancos-Delgado^{a,*}, José J. Gómez de Diego^b, Río Aguilar-Torres^c y José F. Forteza-Alberti^d^aServicio de Cardiología, Hospital Carlos Haya, Málaga, España^bServicio de Cardiología, Hospital Universitario La Paz, Madrid, España^cServicio de Cardiología, Hospital Universitario de Bellvitge, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España^dServicio de Cardiología, Hospital Son Dureta, Palma de Mallorca, Baleares, España**Palabras clave:**

Ecocardiografía tridimensional
 Resonancia magnética
 Tomografía computarizada
 Ecocardiografía de estrés
 Técnicas de deformación miocárdica
 Strain
 Speckle-tracking
 Terapia de resincronización cardiaca
 Valvulopatías
 Enfermedades de la aorta

Keywords:

Three-dimensional echocardiography
 Cardiac magnetic resonance
 Computerized tomography
 Stress echocardiography
 Myocardial deformation imaging
 Strain
 Speckle-tracking
 Cardiac resynchronization therapy
 Valvular heart disease
 Aortic disease

RESUMEN

Las pruebas diagnósticas no invasivas siguen una cronología típica: descripción, entusiasmo, evaluación y aplicabilidad clínica y epidemiológica. La ecocardiografía es una técnica sin efectos lesivos, altamente disponible y barata, por lo que su aplicabilidad clínica se difunde antes que su asentamiento y su evaluación. Los avances se están desarrollando con nuevas herramientas para el estudio de la deformación miocárdica y las aplicaciones clínicas del ecocardiograma tridimensional. La ecocardiografía transesofágica tridimensional ha vuelto a situar al ecocardiograma en el centro del diagnóstico cardiaco moderno que durante los últimos años había sido desplazado por la tomografía computarizada y la resonancia magnética. No obstante, nuevas tecnologías radiológicas que contribuyan a disminuir la irradiación de los pacientes y mejorar la adquisición de imágenes pueden llevar a la tomografía al eje capital del diagnóstico cardiológico global. Actualmente no podemos desplazar a la ecocardiografía como principal área de interés en imagen cardiaca. En este artículo revisamos las publicaciones más relevantes en las revistas de cardiología aparecidas principalmente durante 2010 en ecocardiografía, resonancia magnética y tomografía computarizada cardiaca.

Progress on Cardiac Imaging Techniques**ABSTRACT**

The development of a noninvasive diagnostic test follows a typical timeline: description, enthusiasm, clinical assessment and application, and epidemiological study. However, for techniques such as echocardiography that are widely available, have no harmful effects and are inexpensive, clinical applications may become widespread before they have been evaluated. Real progress is being made with the use of new methodologies, such as myocardial deformation echocardiography and three-dimensional echocardiography. Three-dimensional transesophageal echocardiography has returned echocardiography to its place at the center of modern cardiac diagnosis after it had been displaced in recent years by cardiac multislice CT and cardiac magnetic resonance. However, the new radiological techniques that have helped to reduce radiation exposure to patients and that have improved image acquisition could restore CT to the heart of general cardiac diagnosis. At the moment, it is not possible to displace the echocardiography from its central role in cardiac imaging. This article contains a review of the most important publications on echocardiography, magnetic resonance imaging and cardiac CT that have appeared recently in cardiology journals, mainly during 2010.

INTRODUCCIÓN

En ecocardiografía no ha habido nuevas aportaciones tecnológicas en el último año. La ecocardiografía tridimensional (3D) sigue aplicándose en múltiples situaciones para demostrar su valor e intentar encontrar parámetros de referencia para la normalidad y patologías específicas. Todavía no podemos hablar de superioridad en muchas aplicaciones, tanto de la 3D como de algunas herramientas asociadas,

en especial las técnicas de deformación miocárdica, ya sea mediante Doppler tisular (DTI), *strain* o codificación de variables en escala de grises de la imagen fundamental *speckle-tracking* (ST).

No obstante, la producción científica en este campo ha sido notable y difícil de recoger en una revisión. El año 2010 ha sido muy activo en tomografía computarizada cardiaca (cardio-TC). Superada la fase de validación de la técnica, aparecen cada vez más artículos sobre su aplicación en contextos clínicos concretos. Además, la posibilidad de

*Autor para correspondencia: Servicio de Cardiología, Hospital Carlos Haya, Avda. Carlos Haya, s/n, 29010 Málaga, España.
 Correo electrónico: rvivancosdel@telefonica.net (R. Vivancos Delgado).

Abreviaturas

2D: ecocardiografía bidimensional.
 3D: ecocardiografía tridimensional.
 Cardio-TC: tomografía computarizada cardiaca.
 DTI: Doppler tisular.
 Eao: estenosis aórtica.
 FD: función diastólica.
 MH: miocardiopatía hipertrófica.
 RM: resonancia magnética.
 RT-3DE: ecocardiografía tridimensional en tiempo real.
 RT3D-TEE: ecocardiografía transesofágica tridimensional en tiempo real.
 ST: *speckle-tracking*.
 TRC: terapia de resincronización.
 UT: *untwisting*.
 VD: ventrículo derecho.
 VI: ventrículo izquierdo.

hacer estudios de detección de isquemia con adenosina abre todo un nuevo campo de desarrollo.

Los trabajos publicados en resonancia magnética (RM) cardiaca en 2010 se centran en dos ejes: el primero, novedoso, la evidencia creciente de la exquisita capacidad de la técnica para caracterizar el daño tisular en el infarto agudo de miocardio reperfundido. El segundo, ya bien conocido, la utilidad del realce tardío en una gama aparentemente inagotable de circunstancias.

ECOCARDIOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL

La ecocardiografía tridimensional en tiempo real (RT-3DE) se expande inexorablemente, pero necesitamos nuevos transductores transtorácicos y metodologías¹ que permitan la fusión de las imágenes obtenidas en distintas ventanas, imágenes de calidad en un solo ciclo, mayores ángulos de sector para la visualización de los flujos en color y su relación con las estructuras anatómicas y la existencia de *aliasing* identificable.

Otras mejoras imprescindibles² son una mayor frecuencia de imágenes por segundo, la gradación adecuada para profundidades bajas y la utilización de programas informáticos de análisis simple e instantáneo. La adquisición de «volúmenes completos» ha de obviar la sincronización con el electrocardiograma, pues produce la fusión de subvolúmenes con muchos artefactos dependientes de la frecuencia cardiaca, los movimientos o la respiración del paciente. Estas limitaciones hacen que el 3D todavía no sea capaz de sustituir³ a la valoración clásica bidimensional (2D). La situación tecnológica de la RT-3DE, por lo tanto, actualmente es idéntica a la de 2009⁴. No obstante, la ecocardiografía transesofágica tridimensional en tiempo real⁵ (RT3D-TEE) nos muestra que «una imagen vale más que mil palabras».

Durante este año, la RT-3DE ha ido consolidando su potencial en distintas aplicaciones. En el cálculo de volúmenes se ha demostrado que es una prueba fiable⁶, en el mismo rango que la RM; esto se debe en gran parte a la superioridad de la RT3D para medir el tracto de salida del ventrículo izquierdo (VI) y el gasto cardiaco⁷. Las aplicaciones en cardiopatías congénitas se han diversificado, pues la caracterización tridimensional de las estructuras y su relación es superior. No obstante, un reciente estudio⁸ resalta la subestimación constante de los volúmenes del ventrículo derecho (VD) por RT-3DE respecto a la RM, hecho atribuible a la mala visualización del endocardio (pues un milímetro equivale a un 11% de subestimación), las dificultades por encontrar auténticas imágenes telediastólicas o telesistólicas por la baja resolución temporal y la controvertida valoración del infundí-

bulo. Unas herramientas muy útiles para las determinaciones de la función del VI están basadas en la detección automática de borde para RT-3DE, pero están muy diversificadas en distintos *softwares* dependientes de la marca comercial del ecógrafo. No hay evidencias para decir cuáles son la mejor herramienta y el mejor *software*. Algunos ensayos no controlados no consiguen demostrar la superioridad de ninguna de ellas⁹. Estas herramientas han de evolucionar mucho y demostrar su auténtica relevancia; hoy por hoy permanecen con una aplicabilidad clínica restringida.

Es clara la superioridad del RT-3DE para visualizar dispositivos intracardiacos como prótesis y catéteres, por lo que la técnica podría sustituir a la fluoroscopia incluso para la realización de biopsias endomiocárdicas, dada la correcta visualización del biotomo en casi el 100% de los casos¹⁰. Las enfermedades del pericardio se estudian bien con la RT-3DE. Estudios preliminares¹¹ permiten determinar con mayor seguridad la cantidad de derrame, su distribución y la distinción entre fibrina y otras masas o metástasis.

En cuanto al RT3D-TEE, se ha convertido de hecho en una herramienta indispensable para guiar el intervencionismo en los laboratorios de hemodinámica, y en el quirófano es objeto de deseo. Se siguen multiplicando los trabajos para guiar el cierre percutáneo de las «fugas» perivalvulares^{12,13} (figs. 1 y 2), la implantación percutánea de prótesis aórtica¹⁴ o el cierre de perforaciones valvulares¹⁵.

Un tratamiento percutáneo actualmente aplicable a un reducido número de pacientes de alto riesgo quirúrgico¹⁶ es la reparación mitral percutánea con grapa «borde a borde». Este tratamiento ha mostrado seguridad¹⁷ a corto y medio plazo. El RT3D-TEE también ha encontrado nicho para guiar estos procedimientos¹⁸. En un procedimiento percutáneo muy consolidado como el cierre de las comunicaciones interauriculares, ya se conoce bien el papel del RT3D-TEE en todo el proceso, tanto de selección (fig. 3) como de guía durante el procedimiento¹⁹.

METODOLOGÍA EN ECOCARDIOGRAFÍA

Discrepancias en los informes de ecocardiografía

Se calcula que casi el 25% de los informes transtorácicos y algo más del 10% de los transesofágicos (ETE) muestran discrepancias a pesar de un estudio adecuado; una semiautomatización mediante programas con ítems predeterminados podría mejorar este problema que asola la ecocardiografía²⁰.

Metodología en ecocardiografía intraoperatoria

Siguen las controversias sobre si conviene o no certificar como expertos en esta técnica a los anestelistas²¹. La complicación aumenta con la aplicación de RT3D-TEE, extremadamente útil en la cirugía de reparación mitral²². Se considera imprescindible que exista un informe del anestelista sobre estos estudios²³.

VALVULOPATÍAS

El área de interés sigue siendo similar a la del año pasado. Es muy llamativo el entusiasmo generalizado por las prótesis aórticas percutáneas, lo que parece un nuevo paradigma terapéutico²⁴. En los casos en que se utiliza la vía transapical, hay experiencia en la conveniencia de la monitorización mediante RT3D-TEE²⁵.

Estenosis mitral

Se ha estudiado la aplicabilidad de un nuevo *score* ecocardiográfico mediante RT3D, que al parecer selecciona mejor a los pacientes para valvuloplastia percutánea²⁶. Esto requiere validación porque podemos restringir el beneficio de un tratamiento percutáneo exitoso de bajo riesgo.

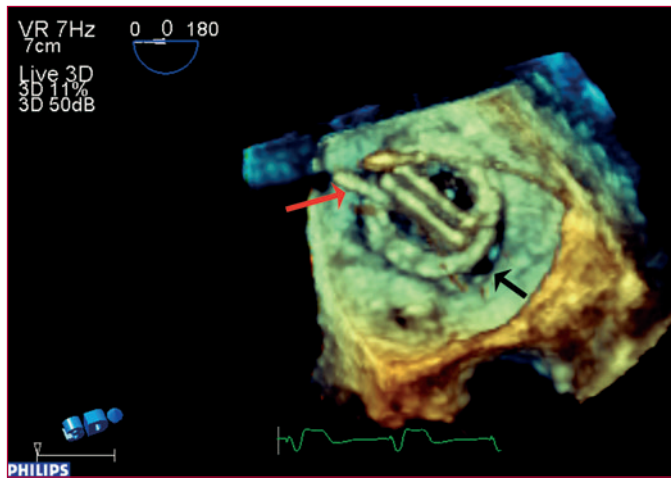


Figura 1. Seguimiento del cierre de un *leak* mitral mediante RT3D-TEE (ecocardiografía transesofágica tridimensional en tiempo real). Flecha negra: zona de dehiscencia. Flecha roja: catéter introducido dentro del anillo de la prótesis en un intento fallido durante el procedimiento.

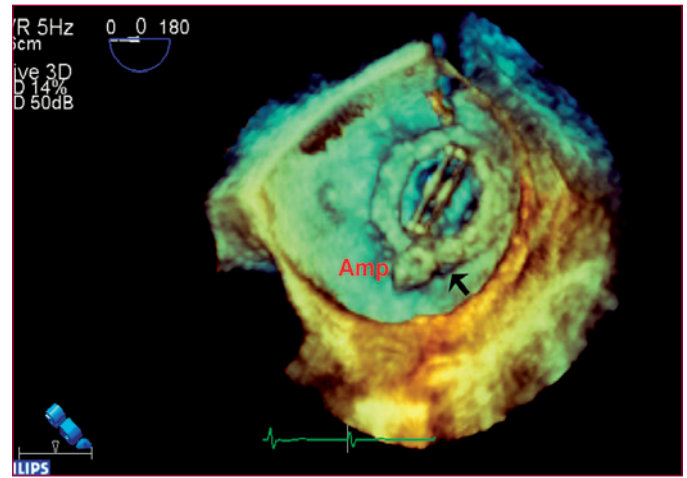


Figura 2. Dispositivo de cierre bien situado en el área de dehiscencia. La flecha corta negra indica una persistencia residual de un mínimo *leak*. Amp: Amplatzer.

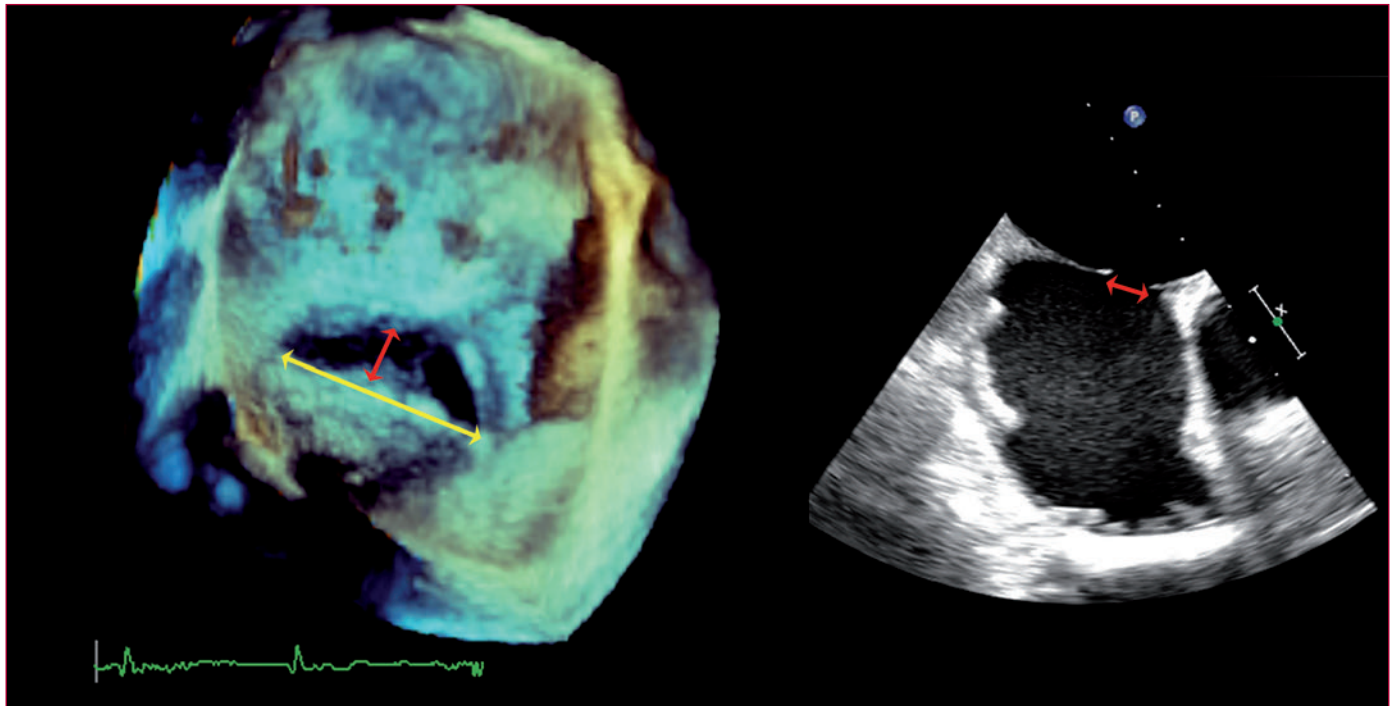


Figura 3. Ecocardiografía transesofágica tridimensional en tiempo real (RT3D-TEE). Valoración de la morfología y diámetro de una comunicación interauricular (CIA). La flecha roja indica falsamente una CIA pequeña entre los diámetros anterosuperior y posteroinferior del defecto. En RT3D-TEE se observa una morfología atípica en semiluna con un diámetro de lado a lado de 32 mm (flecha amarilla).

Insuficiencia mitral

Es imprescindible conocer detalladamente la anatomía mitral, pensando en la valoración tridimensional si llega a extenderse el tratamiento percutáneo²⁷. La anatomía del anillo y la coaptación es compleja. La RT3D-TEE con la herramienta informática Q-Lab nos ha mostrado que el anillo mitral normal no se modifica de forma importante en sus diámetros durante el ciclo cardíaco, pero la altura del anillo se incrementa notablemente en sístole exagerando la forma en «silla de montar», de manera que se mantiene la misma área con una mayor circunferencia²⁸. En las válvulas mixoides, el diámetro intercomisural, la circunferencia y el área en diástole son mucho mayores (43%), sin apenas modificaciones morfológicas en sístole.

Los parámetros clásicos de repercusión funcional de la insuficiencia mitral sobre el VI en pacientes asintomáticos resultan en cirugía

de rescate tardía y hay que modificarlos. De igual manera, la detección de síntomas mínimos debe llevar a cirugía de rescate²⁹. En cuanto a las insuficiencias mitrales (IM) funcionales, las herramientas 3D determinan la altura de coaptación más posterior y apical³⁰ con dilatación asociada del anillo en las válvulas con «restricción».

Respecto a la valoración objetiva de los parámetros de severidad en la IM, se muestra una concordancia entre observadoras baja³¹ en la determinación del área de isovelocidad proximal, vena contracta y área del chorro. La IM se caracteriza incompletamente si sólo se determina en eco basal; el ejercicio produce un aumento del grado de regurgitación en un tercio de los pacientes, que si estaban asintomáticos, tienen peor evolución³².

La hipertensión pulmonar basal > 50 mmHg es un dato de mal pronóstico³³ y mortalidad en la IM orgánica. Se correlaciona de forma significativa con el volumen de la aurícula izquierda, el tiempo de

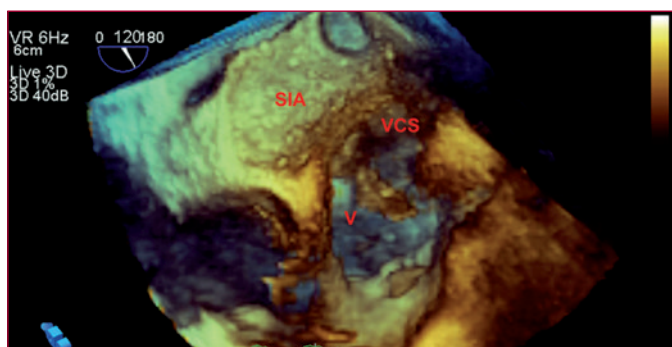


Figura 4. Vegetación en la desembocadura de la vena cava superior obtenida con ecografía tridimensional en tiempo real. Se trata de una vegetación persistente tras la retirada de un catéter infectado. SIA: septo interauricular; V: vegetación; VCS: vena cava superior.

deceleración del llenado mitral y la relación de la onda E del llenado mitral con la onda E en el anillo mediante Doppler tisular (E/Ea).

Estenosis aórtica

La medida del área anatómica 3D de la válvula aórtica, sobre todo en ETE, es más fiable que la bidimensional, aunque el orificio no es plano, sino tuneliforme, lo que dificulta en cualquier caso la medición, pues el *software* sólo nos permite medir el plano 2D que elijamos como más representativo³⁴. Sigue estudiándose la complejidad de la estenosis aórtica (EAo) en situaciones con «bajo flujo» y función conservada³⁵ y la importancia de la «recuperación de presión», que puede ajustarse al área valvular indexada y expresarse como «índice de pérdida de energía». Se puede definir una EAo severa³⁶ cuando el examen físico y el área valvular indexada o el «índice de pérdida de energía» es $\leq 0,6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$.

Válvula aórtica bicúspide

Los marcadores séricos y genéticos, no sólo los ecográficos, serán muy importantes para establecer el pronóstico de estos pacientes³⁷. En cuanto al fenotipo valvular, la fusión de los senos derechos e izquierdos tiene mayor asociación con la afección de la pared aórtica y la coartación. La fusión del seno no coronario y el derecho induce un grado de deterioro valvular precoz. En cualquier caso, estos fenotipos corresponden a trastornos morfogenéticamente distintos³⁸.

Insuficiencia aórtica

El ETE puede diagnosticar la reparabilidad de la válvula aórtica, pero el diagnóstico de insuficiencia aórtica (IAo) funcional³⁹ no es tan simple. El aneurisma aislado de la aorta ascendente, sin dilatación de la unión sinotubular, no causa una IAo «funcional». Cuando hay una IAo, interviene otro mecanismo. Asimismo, la dilatación aislada de los senos aórticos tampoco causa IAo, a no ser que las valvas sean anormales. El prolapso auténtico o el seudoprolapso presentan problemas diagnósticos⁴⁰. La presencia de un chorro excéntrico tras la reparación es un factor desfavorable en este caso, aun en ausencia de aparente lesión estructural de los velos. El cirujano debe explorar cuidadosamente la anatomía y la longitud del borde libre de los velos para diagnosticar prolapsos o fenestraciones que pudieran pasar inadvertidos.

Endocarditis

La realización de ecografía en paciente con bajo índice de sospecha de enfermedad u origen extracardiaco del cuadro no aporta ventajas diagnósticas⁴¹. La metodología transtorácica contemporánea

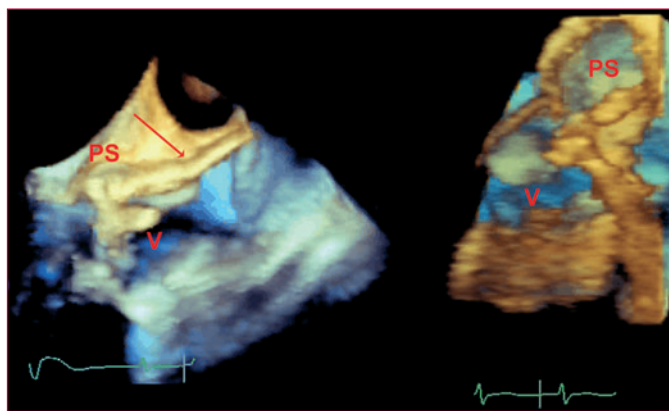


Figura 5. Endocarditis aórtica complicada con pseudoaneurisma y pequeña disección de la raíz aórtica detectada en ecografía tridimensional en tiempo real. La flecha roja indica la penetración del pseudoaneurisma realizando una pequeña disección de la raíz aórtica. PS: pseudoaneurisma; V: vegetación.

presenta una sensibilidad muy alta para el diagnóstico de endocarditis en válvulas nativas⁴². El ETE es la prueba que utilizar en sospecha sobre prótesis; tanto la bacteriemia aislada por estafilococo como los hemocultivos negativos presentan poca rentabilidad diagnóstica⁴³, por lo que hay que considerar cada caso en particular. Se debe considerar el ETE incluso cuando la ecografía transtorácica es positiva, por su mejor sensibilidad y su precisión, especialmente para el diagnóstico de abscesos y medición del tamaño de la vegetación⁴⁴. El RT3D-TEE muestra un valor añadido para el diagnóstico de vegetaciones y complicaciones (figs. 4 y 5) en situaciones habituales⁴⁵ y especialmente en las prótesis (fig. 6) o catéteres en cavidades derechas⁴⁶.

Prótesis

Los altos gradientes en las prótesis aórticas no son infrecuentes y no necesariamente por obstrucción significativa⁴⁷. El desajuste paciente/prótesis grave es infrecuente y previsible y se define por un área indexada $\leq 0,65 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. Es más frecuente el desajuste moderado, que no suele presentar problemas graves, sobre todo en la población anciana⁴⁸.

PATOLOGÍA DE LA AORTA

El estudio de la afección de la aorta torácica se encuentra en expansión y con un claro carácter multidisciplinario en su abordaje⁴⁹.

En el síndrome aórtico agudo (SAA), en muchas ocasiones se realiza más de un tipo de técnica. Es una enfermedad de riesgo elevado en la que la precisión y el tiempo hasta el diagnóstico tienen importantes consecuencias en la fase aguda^{50,51}. Más allá de la dilatación absoluta de la aorta, hallazgos frecuentemente sutiles como el ritmo de crecimiento, el grado de trombosis de una luz falsa o la modificación en la cantidad o sentido de un flujo, reflejo del estado de las presiones intraarteriales relacionado con el riesgo de rotura, deben obtenerse de estudios de imagen interpretados por expertos. Los avances en las técnicas de imagen son incuestionables y su conocimiento aparentemente se ha difundido, con lo que mejora la fiabilidad en el diagnóstico y disminuyen los tiempos hasta el tratamiento en el SAA. Aunque todo esto podría apuntar hacia cambios en paralelo en el tratamiento, el estudio procedente del Registro Español de Síndrome Aórtico⁵² muestra que la mortalidad intrahospitalaria todavía debe mejorar. En este Registro participaron durante 3 años 24 centros, en su mayoría terciarios, y se incluyó a 519 pacientes consecutivos, en muchos aspectos similares a los incluidos en el registro internacional IRAD, compuesto en su mayoría por centros de prestigio en esta patología. Los resultados de este registro transversal indican, ya que no se realiza una comparación directa, que las estrategias

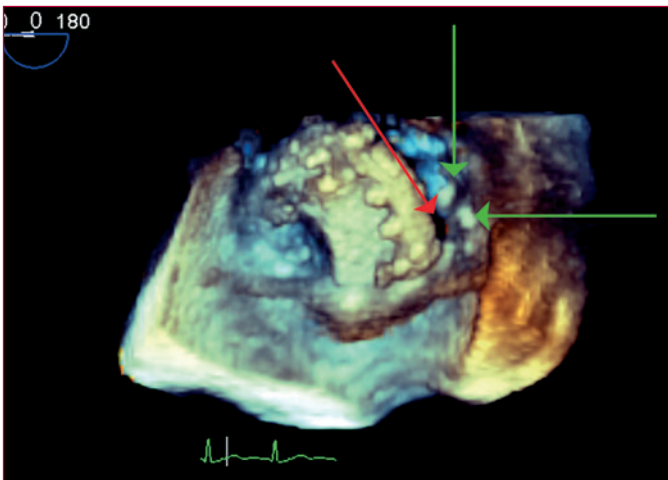


Figura 6. Absceso del anillo mitral con pequeños implantes (vegetaciones) en ecocardiografía trasesofágica tridimensional en tiempo real. La flecha roja indica una dehiscencia perivalvular y las verdes, pequeños implantes o vegetaciones alrededor del anillo.

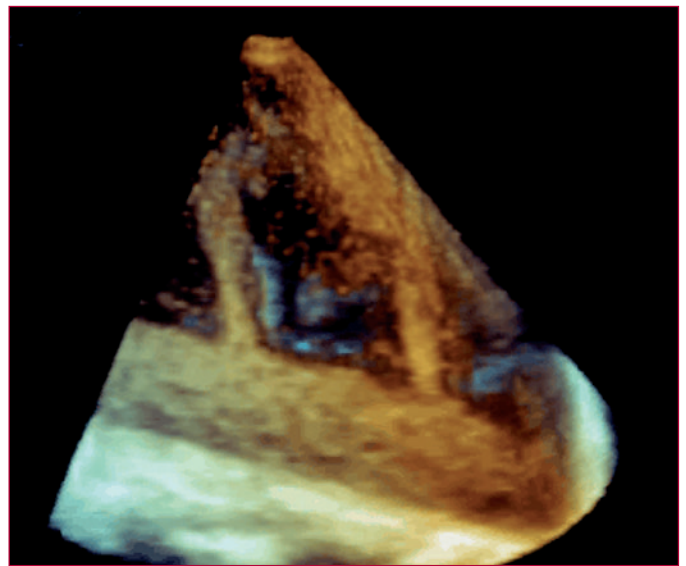


Figura 7. Disección aórtica con contraste estudiada con ecocardiografía trasesofágica tridimensional en tiempo real. Comunicaciones accesorias de la verdadera luz contrastada mediante ecopotenciadores en la aorta descendente. «Una imagen vale más que mil palabras.»

de diagnóstico en nuestro entorno parecen correctas en cuanto a fiabilidad y rapidez, bastante similares a las del IRAD aunque con peores resultados de mortalidad intrahospitalaria. Para analizar en profundidad las causas y las posibles mejoras, serán necesarios otros estudios que investiguen el impacto de las curvas de aprendizaje en el tratamiento intervencionista del tipo B, o si los pacientes con disección tipo A deben concentrarse en centros de referencia, tal como sucede en otros países y señalan Nienaber et al en un editorial a propósito de este estudio⁵³.

Un estudio original⁵⁴ con ecopotenciadores permite mejorar significativamente la capacidad diagnóstica del ecocardiograma, fundamentalmente transtorácico, en la disección aórtica, alcanzando valores de sensibilidad y especificidad parecidos a los del trasesofágico en la aorta ascendente y el cayado. Las consecuencias de esta mejora en el rendimiento diagnóstico del estudio transtorácico podrían ser importantes, ya que por su carácter no invasivo y su gran disponibilidad, al mejorar su rendimiento, el estudio transtorácico con contraste se podría consolidar como una herramienta de primera línea en los algoritmos diagnósticos, el «primer vistazo» de la sospecha de disección, como lo denomina Erbel en el comentario editorial⁵⁵. En cuanto a la utilización de contraste en RT3D-TEE, puede proporcionarnos una información adicional difícil de demostrar con otras técnicas (fig. 7).

FUNCIÓN VENTRICULAR

Las nuevas tecnologías del Doppler tisular (DTI) y *speckle-tracking* (ST) aplicadas a la ecocardiografía se han impuesto como herramientas muy utilizadas⁵⁶. Hay que resaltar que «deformación no es contracción»; algunos autores ya han estudiado la relación matemática entre ambos conceptos⁵⁷. En un estudio experimental se demuestra que el *strain* y *strain rate* longitudinal varían en relación inversa al tamaño del ventrículo dependiendo de las condiciones de carga⁵⁸. Por otra parte, la variabilidad hallada con diferentes equipos, especialmente en *strain* circunferencial y radial⁵⁹, implica una limitación importante.

La evaluación de la función ventricular por ST tridimensional es superior a la 2D a pesar de la escasa resolución temporal actual⁶⁰. Los índices isovolumétricos de función sistólica, especialmente la aceleración medida por DTI, se han propuesto como parámetros de contractilidad independientes de la poscarga, aunque la reproducibilidad de las medidas es baja, por lo que se desaconseja su uso clínico habi-

tual⁶¹. Es sabido que el ventrículo derecho no rota, pero su alteración puede afectar a la torsión del izquierdo y su *strain* longitudinal en pacientes con hipertensión pulmonar⁶². La relación entre contracción y relajación se puede demostrar con ST en hipertensos, miocardiopatía dilatada y sujetos normales⁶³. En todos ellos, el *strain rate* diastólico muestra una marcada dependencia de los parámetros sistólicos de contracción.

En lo referente a la función diastólica (FD), todavía hay polémica sobre si es necesario o no su estudio sistemático por ecocardiografía en pacientes con insuficiencia cardíaca y fracción de eyección normal⁶⁴. Se sabe que el tamaño de la aurícula izquierda es un marcador muy fiable de la alteración de la FD y específicamente de la relajación⁶⁵.

La relación de la E mitral con la E del anillo (E/Ea) es el parámetro más utilizado para la valoración de presiones de llenado, pese a presentar dificultades en bastantes circunstancias. Existe un amplio margen (entre 8 y 15) en el que es muy difícil saber si las presiones son altas o no. Un estudio apoya la probabilidad de presiones de llenado altas cuando E/Ea se sitúa en la zona gris⁶⁶. En la fibrilación auricular, la posibilidad de medir simultáneamente la E del llenado y la Ea mediante un sistema Doppler dual puede ser una alternativa que muestra buena correlación con la presión capilar y el BNP⁶⁷.

Un estudio plantea la posible influencia del entrenamiento físico en la FD (fig. 8) y concretamente en la relajación⁶⁸. Las conclusiones son bastante decepcionantes, ya que la actividad física regular y mantenida no impide la tendencia de la relajación a alterarse progresivamente con la edad.

Miocardiopatías

La discriminación entre hipertrofia fisiológica y la secundaria a miocardiopatía hipertrófica (MH) tiene un nuevo fundamento en que apoyarse: el *strain* longitudinal global del ventrículo derecho, aumentado en deportistas y reducido en la MH⁶⁹. En la valoración de la FD en MH mediante Vector Velocity Imaging, existe deterioro del *strain* y el *strain rate* longitudinal pero aumento del circunferencial, con *untwisting* (UT) más prolongados^{70,71}. En pacientes con MH apical se reduce la torsión ventricular a expensas de menor rotación apical⁷². Existen parámetros de deformación que podrían predecir arritmias malignas en pacientes con MH. En un estudio el *strain* longitudinal basal y medio septal > -10% se asociaba a esta arritmia⁷³ (fig. 9).

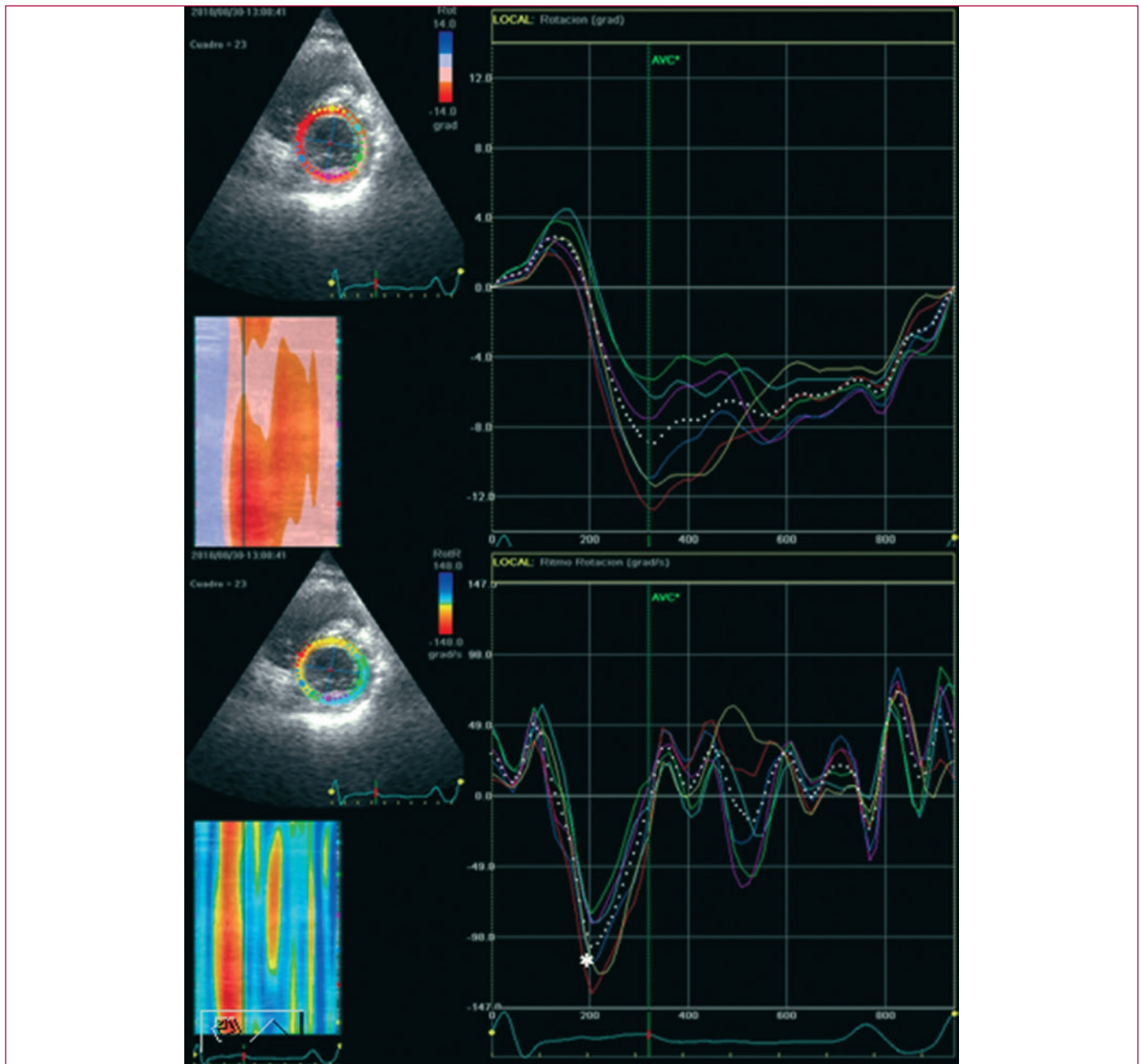


Figura 8. Influencia del entrenamiento físico en la función diastólica mediante Doppler tisular. Arriba: rotación del eje corto basal en atleta; inicialmente antihoraria, se hace horaria (negativa) durante la fase eyectiva. Abajo: *rotation rate* y *untwisting* en el mismo atleta y al mismo nivel, con pico de *untwisting* superior a $100^{\circ}/s$ (*).

En cardiopatía isquémica se ha comparado el *strain* longitudinal con la aparición de realce tardío en RM en pacientes crónicos, para valoración de viabilidad miocárdica⁷⁴. Los autores hallan un punto de corte de $-4,5\%$ por encima del cual el segmento no sería viable, con sensibilidad y especificidad del 81%. En el infarto agudo, el valor pronóstico del *strain* y el *strain rate* longitudinal inicial se muestra superior a la fracción de eyección y al índice de motilidad parietal⁷⁵. La amiloidosis primaria es una miocardiopatía de depósito devastadora. Un *strain* longitudinal global superior (menos negativo) a $-7,5\%$ es un factor de mal pronóstico⁷⁶.

INSUFICIENCIA CARDIACA Y RESINCRONIZACIÓN

En un estudio multicéntrico se investigó el valor adicional del BNP y del cociente E/Ea en la estratificación del riesgo de pacientes con

insuficiencia cardiaca sistólica⁷⁷. Ambos fueron predictivos de complicaciones.

La selección de pacientes para la terapia de resincronización (TRC) con ST muestra buenos resultados. El estudio multicéntrico STAR demuestra la capacidad predictiva del *strain* radial y transversal para detectar respondedores, mientras que el longitudinal y el circunferencial mostraron menor sensibilidad para valorar la asincronía⁷⁸. La aplicación del ST permite valorar no sólo la asincronía, sino también la descoordinación del *strain* radial (zonas que adelgazan mientras otras se engrosan). En un trabajo que valoró la «recoordinación» inmediata tras la TRC de las zonas descoordinadas, se halló elevada capacidad para predecir la respuesta a la TRC a los 6 meses⁷⁹.

Algunos estudios de TRC se han centrado en los mecanismos de rotación y torsión del ventrículo. En un artículo reciente, varios expertos investigan la importancia del *twist* para conocer la fisiopatolo-

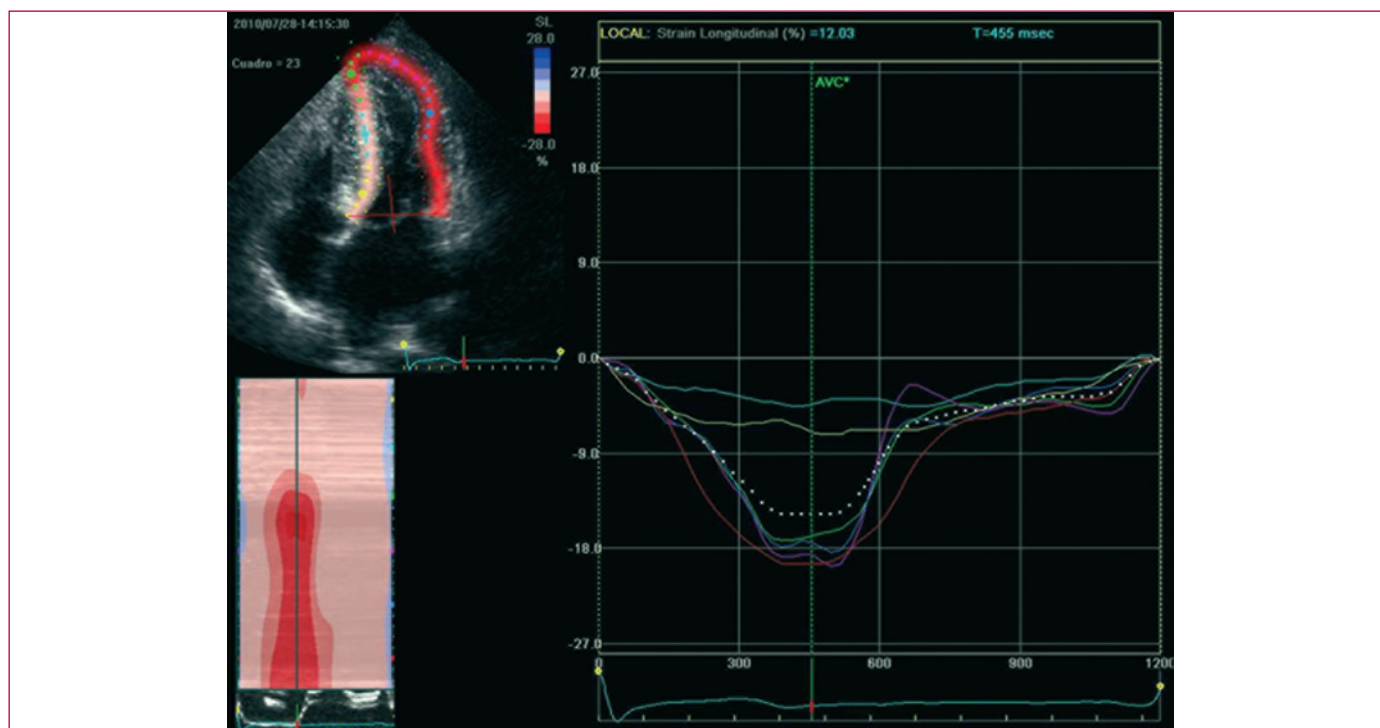


Figura 9. Strain longitudinal en paciente con miocardiopatía hipertrófica obstructiva. Obsérvese que los segmentos basal y medio del septo presentan una deformación mucho menor.

gía de la insuficiencia cardíaca⁸⁰ y caracterizar la respuesta a la TRC, efectiva cuando se recupera la torsión, que es el parámetro de éxito más predictivo⁸¹.

Un subestudio del PROSPECT analiza los criterios de asincronía cuya presencia se asoció a mejoría del grado funcional⁸². De los 12 parámetros estudiados, el retraso mecánico interventricular y el tiempo de llenado corregido fueron los únicos que se correlacionaron con la mejoría clínica a los 6 meses. A pesar de los pobres resultados globales del ensayo, numerosos expertos tienen la profunda convicción de la utilidad del ecocardiograma en el estudio de los candidatos a TRC⁸³.

Dos estudios españoles sobre la persistencia de la regurgitación mitral tras la TRC demuestran que su disminución acontece entre el 34 y el 38%; los parámetros más predictivos de éxito son el remodelado inverso y una menor área de *tenting*⁸⁴. Se da peor evolución cuando no se reduce la insuficiencia⁸⁵. Se publicó un artículo⁸⁶ en *REVISTA ESPAÑOLA DE CARDIOLOGÍA* que abre las puertas al estudio pormenorizado de la función y la sincronía en la aurícula izquierda mediante 3D, que proporciona unos valores teóricos de la normalidad.

Función ventricular derecha

Las Guías de la Sociedad Americana de Ecocardiografía, suscritas también por la Asociación Europea, reconocen que durante mucho tiempo el VD se ha explorado de forma insuficiente por la ecocardiografía y se insiste en la conveniencia de evaluarlo sistemáticamente e incluirlo obligadamente en los informes de parámetros cuantitativos⁸⁷. El estudio de la función sistólica del VD adolece de dos limitaciones principales; la primera es la dificultad para presunciones geométricas y obtener indicadores volumétricos fiables sobre el estado de la función sistólica. Esta limitación se ha resuelto con la difusión de la RMC y el 3D, y ya son objeto de artículos de revisión^{88,89}. La segunda dificultad ha sido la valoración funcional del VD mediante índices volumétricos sin incorporar información sobre el estado de poscarga-impedancia y sin tener en cuenta la interacción del VI, impidiendo la correcta interpretación del estado contráctil⁹⁰. Por su rapidez, sencillez y fiabilidad, las técnicas basadas en ST se están con-

virtiendo en el método de referencia ecocardiográfico para el análisis de la función del VD. El ST es adecuado para el VD y, en algunos aspectos, más sencillo que en el VI, al ser la componente longitudinal la predominante en la deformación del VD. La utilidad de algoritmos semiautomáticos⁹¹ ha permitido describir valores de referencia en poblaciones normales y se han empleado en trastornos con afección predominantemente de VD.

Uno de los grupos más frecuentes de disfunción de VD es el asociado a disfunción del VI. En un estudio se evalúa los parámetros de deformación longitudinal del VD, regional y global; además de su temporalidad para el estudio de la asincronía del VD, la función sistólica de VD se define por el TAPSE⁹². Una aportación interesante es que ofrece información estratificada según distintos niveles de presión pulmonar y otras covariables, además de demostrar que la reproducibilidad en un observador y entre observadores es muy buena. En resumen, una sola metodología para el estudio de dos ventrículos que trabajan juntos, aunque puedan presentar grados diversos de afección.

El último aspecto por resolver es la evaluación no invasiva de la contractilidad. Hasta el momento, el mejor índice de contractilidad, realmente independiente de condiciones de carga aunque habitualmente restringido al ámbito experimental, es la elastancia o pendiente telesistólica en las asas presión-volumen. Cualquier otro indicador será más o menos dependiente de la precarga, la poscarga o ambas. Esa limitación también afecta al *strain* y el *strain rate*. La dependencia de las condiciones de carga es aún más importante en los parámetros de deformación del VD que en los del VI, ya que los cambios relativos de la poscarga suelen ser mucho mayores en el primero⁹³. Así, los parámetros de deformación para estudiar la función sistólica siempre deberían contextualizarse de acuerdo con la poscarga con que se han obtenido. El asunto es encontrar estimadores de la poscarga más fiables que la presión pulmonar, ya sean las resistencias pulmonares o, mejor aún, la impedancia. De hecho, la disminución de los parámetros de deformación puede acontecer de forma aguda debido a la elevación aguda de la poscarga.

Este fenómeno se demuestra en un modelo experimental sometido a aumento progresivo de la poscarga⁹⁴. Los incrementos agudos de

la poscarga que ocasionan distensión aguda ventricular influyen poco en la mayor parte de la pared libre del VD debido a la disposición predominantemente longitudinal de las fibras miocárdicas. Sin embargo, la poscarga elevada sí produce disminución en el *strain* a nivel medio del VD, donde existen fibras transversales cuya deformación circunferencial sí parece afectarse significativamente con aumentos leves o moderados de la presión sistólica ventricular. El comportamiento en casos agudos de hipertensión pulmonar grave es impredecible. Los autores especulan con la posibilidad de que esta disminución del *strain* circunferencial pueda emplearse en situaciones con poscarga elevada, tanto para identificar situaciones subclínicas como para monitorizar terapias en estados con hipertensión pulmonar no grave.

ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS

El estrés farmacológico o con ejercicio tiene cada vez más indicaciones en el estudio de miocardiopatías, valvulopatías y función ventricular. En el campo de la cardiopatía isquémica, una revisión extensa constata su efectividad y su valor predictivo en la selección de pacientes para la coronariografía y revascularización⁹⁵. Los pacientes con ecocardiograma de estrés positivo y ausencia de lesiones coronarias significativas (< 50%) son supuestos falsos positivos. Su incidencia y su evolución representan un 30% de los pacientes que fueron a coronariografía⁹⁶; tras un seguimiento de 2,4 años, presentaron una mortalidad similar a la de los verdaderos positivos, lo que obliga a extremar las medidas en este subgrupo de pacientes.

El ecocardiograma de estrés con dobutamina presenta complicaciones no despreciables⁹⁷. La revista *Lancet* ha elegido un artículo de Peteiro et al publicado en *Journal of the American College of Cardiology* como el mejor artículo de medicina publicado en 2009⁹⁸. En su larguísima serie de más de 4.000 estudios, se constata el valor pronóstico de la positividad del ecocardiograma de ejercicio cuando la ergometría es negativa. En otro estudio del mismo grupo, se precisa el valor pronóstico añadido de la isquemia a pico de ejercicio con respecto a las imágenes tras esfuerzo inmediato⁹⁹.

CARDIO-TC

Detección de sujetos en alto riesgo

El calcio coronario es un marcador de arteriosclerosis¹⁰⁰ que mejora la capacidad para detectar pacientes de alto riesgo. Donde hay cierto grado de controversia es en el significado de un *score* de calcio cero. Está claro que en pacientes asintomáticos se asocia a un pronóstico excelente. Sin embargo, los datos son contradictorios en pacientes sintomáticos^{101,102} con lesiones significativas y tasa de eventos del 1,8 al 15%.

Diagnóstico de enfermedad coronaria

En un estudio controlado con IVUS, la precisión de la cardio-TC para cuantificar las estenosis coronarias fue mayor que con la coronariografía convencional; los autores señalan que la coronariografía puede no ser una referencia tan precisa como cabría esperar¹⁰³.

El rendimiento de la cardio-TC es excelente a la hora de descartar enfermedad coronaria significativa en pacientes con indicación de cirugía valvular¹⁰⁴. La presencia de un *score* de calcio > 390 permite detectar a la gran mayoría de los pacientes que finalmente van a necesitar coronariografía. La TC es una herramienta efectiva en la detección de enfermedad coronaria en los pacientes con miocardiopatía dilatada de origen incierto¹⁰⁵, ya que ofrece unos rendimientos diagnósticos cercanos al 100% y evita las complicaciones de la coronariografía convencional.

Evaluación de *stent* y *bypass*

Los *stents* coronarios han sido siempre una limitación para la técnica. Sin embargo, recientemente ha surgido un aspecto novedoso que es la demostración de que la cardio-TC puede encontrar *gaps* en la malla del *stent* causados por fractura¹⁰⁶. Hasta el 17% de los *stents* presentan *gaps* y cerca de la mitad de los casos con *gaps* tenían reestenosis en la angiografía.

El estudio de los pacientes revascularizados quirúrgicamente ha sido clásicamente uno de los puntos fuertes de la cardio-TC. Su rendimiento en la valoración de los *bypass*¹⁰⁷ es excelente y algo menor en el estudio de los vasos nativos.

¿Estudios de isquemia con cardio-TC?

La disponibilidad actual de equipos que necesitan menor dosis de radiación ha hecho posible crear nuevos protocolos en los que se añade un estudio de perfusión de primer paso tras la administración de adenosina¹⁰⁸, con un rendimiento completamente superponible al de la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT). El yodo se comporta en la TC como el gadolinio en la RM. Sin embargo, existe muy poca evidencia clínica de la utilidad del realce tardío con yodo.

Significado pronóstico de los resultados de la cardio-TC

Fundamentalmente, los dos criterios de alto riesgo de presentar eventos¹⁰⁹ son las placas de baja densidad (menos de 30 unidades Hounsfield) o con remodelado positivo.

Desarrollos técnicos

Este año hemos visto los primeros datos en la literatura con los equipos de 320 detectores, capaces de obtener el estudio en un único giro y con baja dosis de radiación¹¹⁰. Sin embargo, el avance técnico del año viene de los equipos de doble fuente, que se han mostrado capaces de obtener estudios de buena calidad con una dosis de radiación por debajo de 1 mSv¹¹¹. Actualmente se obtienen imágenes de alta calidad tanto en enfermedad coronaria (fig. 10) como en el estudio anatómico pormenorizado de estructuras cardíacas, que con la actual tecnología incluso nos permite la realización de auténticas «endoscopias intracavitarias» (fig. 11).

RESONANCIA MAGNÉTICA CARDIACA

Cardiopatía isquémica aguda

El índice de miocardio rescatado es el factor pronóstico más importante¹¹² a la hora de predecir eventos en la evolución de los pacientes y es un factor independiente para predecir el remodelado ventricular¹¹³ que depende del flujo TIMI inicial, el tiempo hasta la reperfusión, la presencia de colaterales y la obstrucción microvascular¹¹⁴. El parámetro más eficaz para predecir la recuperación de la contractilidad es la reserva contráctil demostrada con dobutamina, aunque la capacidad predictiva mejora cuando se complementa con otras técnicas de viabilidad. La extensión de la necrosis fue el mejor predictor de la evolución de la función ventricular¹¹⁵ y un predictor potente de la aparición de nuevos eventos cardiovasculares (fig. 12).

El edema miocárdico en pacientes con síndrome coronario agudo representa un mayor riesgo de eventos en el seguimiento¹¹⁶.

Cardiopatía isquémica crónica

La extensión del realce tardío es un potente predictor de mortalidad total¹¹⁷, incluso tras ajustar otros factores de riesgo más tradicio-



Figura 10. Coronaria única en tomografía computarizada cardiaca. A la izquierda, la flecha señala una placa fibrocalcificada complicada en el tercio proximal de la arteria coronaria única. A la derecha, reconstrucción donde se observa ausencia de tronco común izquierdo. (Cortesía y consentimiento de los Dres. C. Urbano y J. Cano del Servicio de Cardiología del Hospital Carlos Haya, de Málaga.)

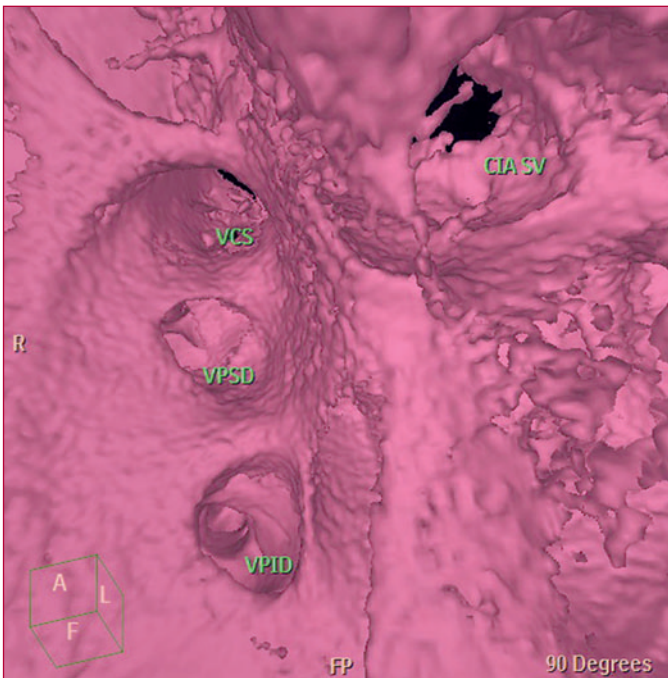


Figura 11. Endoscopia virtual mediante tomografía computarizada cardiaca de aurícula derecha. Comunicación interauricular tipo seno venoso con drenaje anómalo parcial de ambas venas pulmonares derechas a aurícula derecha. (Cortesía y consentimiento de Dr. J. Álvarez Rubiera del Servicio de Cardiología del Hospital Carlos Haya, de Málaga.) CIA SV: comunicación interauricular seno venoso; VCS: vena cava superior; VPID: vena pulmonar inferior derecha; VPSD: vena pulmonar superior derecha.

nales. El tamaño del infarto valorado con realce tardío fue el principal predictor de eventos durante el seguimiento, incluso por encima de la fracción de eyección.

La reserva contráctil en los segmentos con grosor diastólico de más de 6 mm o con espesor sin realce > 3 mm y la contractilidad del borde sano epicárdico pueden ser criterios para determinar si hay viabilidad.

Miocardopatías

Cada vez hay más evidencia de que el estudio de realce tardío tiene un papel importante a la hora de evaluar el pronóstico de los pa-

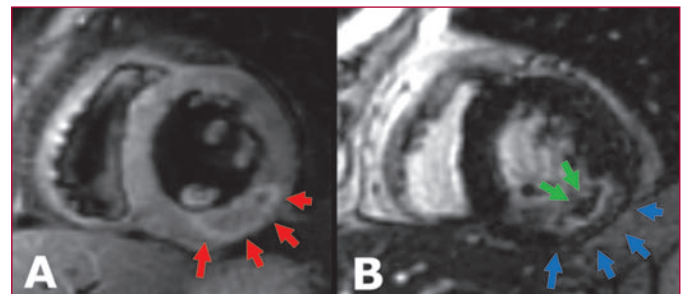


Figura 12. Resonancia magnética en el infarto agudo de miocardio. Los principales hallazgos que se puede encontrar son edema (zona más blanca del miocardio en A, flechas rojas), necrosis (zona blanca en el miocardio en B, flechas azules) y obstrucción microvascular (zona negra visible en el interior de la zona de necrosis en B, flechas verdes).

cientes con miocardiopatía hipertrófica. El realce tardío muestra una relación independiente e inversa con la función ventricular, lo que indica que puede ser un marcador del remodelado ventricular. El realce tardío sería especialmente importante en los pacientes con función de eyección en el límite bajo de la normalidad, ya que podría detectar precozmente a los pacientes que están en la fase de transición a la disfunción ventricular¹¹⁸. En la miocardiopatía hipertrófica¹¹⁹, la presencia de escara en la RM fue el resultado que se asoció estadísticamente con la mortalidad total. En la amiloidosis, la presencia de realce tardío es la norma en pacientes con afección cardiaca con confirmación histológica¹²⁰ y el patrón de realce más frecuente (83%) es transmural o subendocárdico. Además, un 47% de los pacientes con ecocardiograma normal presenta realce tardío evidente. Estos pacientes tuvieron un peor curso clínico, lo que indica que el realce tardío puede detectar la afección cardiaca más precozmente que el ecocardiograma.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Szmigielski C, Rajpoot K, Grau V, Myerson SG, Holloway C, Noble JA, et al. Real-time 3D fusion echocardiography. JACC Cardiovasc Imaging. 2010;3:682-90.
2. Zhou ZW, Xu YW, Ashraf M, Sahn DJ. Three-dimensional echocardiography of colour Doppler flow. Arch Cardiovasc Dis. 2010;103:333-9.

3. Bhan A, Kapetanakis S, Monaghan MJ. Three-dimensional echocardiography. *Heart*. 2010;96:153-63.
4. Aguilar R, Gómez de Diego JJ, Forteza JF, Vivancos R. Actualización en técnicas de imagen cardiaca: ecocardiografía, cardi resonancia y tomografía computarizada. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63 Supl 1:116-31.
5. Faletra F, De Castro S, Pandian N, Kronzon I, Joachim Nesser H, Yen Ho S. Atlas of Real Time 3D Transesophageal Echocardiography. London: Springer-Verlag. 2010. p. 5.
6. Johri AM, Passeri JJ, Picard MH. Three dimensional echocardiography: approaches and clinical utility. *Heart*. 2010;96:390-7.
7. Shahgaldi K, Manouras A, Brodin LA, Winter R. Direct measurement of left ventricular outflow tract area using three-dimensional echocardiography in biplane mode improves accuracy of stroke volume assessment. *Echocardiography*. 2010, Jun 7 [en prensa].
8. Shimada YJ, Shiota M, Siegel RJ, Shiota T. Accuracy of right ventricular volumes and function determined by three-dimensional echocardiography in comparison with magnetic resonance imaging: a meta-analysis study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:943-53.
9. Leung KY, Bosch JG. Automated border detection in three-dimensional echocardiography: principles and promises. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:97-108.
10. Platts D, Brown M, Javorsky G, West C, Kelly N, Burstow D. Comparison of fluoroscopic versus real-time three-dimensional transthoracic echocardiographic guidance of endomyocardial biopsies. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:637-43.
11. Hernandez CM, Singh P, Hage FG, Nanda NC, Hsiung MC, Wei J, et al. Live/real time three-dimensional transthoracic echocardiographic assessment of pericardial disease. *Echocardiography*. 2009;26:1250-63.
12. García-Fernández MA, Cortés M, García-Robles JA, Gomez de Diego JJ, Perez-David E, García E. Utility of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in evaluating the success of percutaneous transcatheter closure of mitral paravalvular leaks. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:26-32.
13. Becerra JM, Almería C, Pérez de Isla L, Zamorano J. Usefulness of 3D transesophageal echocardiography for guiding wires and closure devices in mitral paravalvular leaks. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:979-81.
14. Filgueiras-Rama D, López T, Moreno-Gómez R, Calvo-Orbe L, Dobarro D, Moreno-Yanguela M, et al. 3D transesophageal echocardiographic guidance and monitoring of percutaneous aortic valve replacement. *Echocardiography*. 2010;27:84-6.
15. Velasco S, Larman M, Eneriza M. Cierre percutáneo de perforación de válvula mitral nativa. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:597.
16. Vahanian A, Lung B. 'Edge to edge' percutaneous mitral valve repair in mitral regurgitation: it can be done but should it be done? *Eur Heart J*. 2010;31:1301-4.
17. Pérez de Isla L, Bayes-Genis A, Sanchis J, Heras M. Resumen de los ensayos clínicos presentados en las Sesiones Científicas Anuales del American College of Cardiology (Atlanta, Estados Unidos, 14-16 de marzo de 2010). *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:695-707.
18. Swaans MJ, Van den Branden BJ, Van der Heyden JA, Post MC, Rensing BJ, Eefting FD, et al. Three-dimensional transesophageal echocardiography in a patient undergoing percutaneous mitral valve repair using the edge-to-edge clip technique. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:982-3.
19. Vaidyanathan B, Simpson JM, Kumar RK. Transesophageal echocardiography for device closure of atrial septal defects: case selection, planning, and procedural guidance. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:1238-42.
20. Chandra S, Arling B, Rock J, Spencer KT. Detection of discrepancies in facilitated echocardiographic reporting using a prototype rule generator. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:778-82.
21. Goldstein S. Pro: the general anesthesiologist should be trained and certified in transesophageal echocardiography. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2010;24:183-8.
22. Wei J, Hsiung MC, Tsai SK, Ou CH, Chang CY, Chang YC, et al. The routine use of live three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve surgery: clinical experience. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:14-8.
23. Feneck R, Kneeshaw J, Fox K, Bettex D, Erb J, Flaschkamp F, et al. Recommendations for reporting perioperative transesophageal echo studies. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:387-93.
24. Tuzcu EM, Kapadia SR, Svensson LG. "SOURCE" of enthusiasm for transcatheter aortic valve implantation. *Circulation*. 2010;122:8-10.
25. Marcos-Alberca P, Zamorano J, Sánchez T, Maroto L, Pérez de Isla L, Almería C, et al. Supervisión con ecocardiografía 3D en tiempo real intraoperatoria de la implantación de prótesis valvular aórtica por vía transapical. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:352-6.
26. Anwar AM, Attia WM, Nosir YF, Soliman OI, Mosad MA, Othman M, et al. Validation of a new score for the assessment of mitral stenosis using real-time three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:13-22.
27. Van Mieghem NM, Piazza N, Anderson RH, Tzikas A, Nieman K, De Laat A, et al. Anatomy of the mitral valvular complex and its implications for transcatheter interventions for mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56:617-26.
28. Grewal J, Suri R, Mankad S, Tanaka A, Mahoney DW, Schaff HV, et al. Mitral annular dynamics in myxomatous valve disease: new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation*. 2010;121:1423-31.
29. Michelena HI, Bichara VM, Margaryan E, Forde I, Topilsky Y, Suri R, et al. Avances en el tratamiento de la insuficiencia mitral grave. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:820-31.
30. Gogoladze G, Dellis SL, Donnino R, Ribakove G, Greenhouse DG, Galloway A, et al. Analysis of the mitral coaptation zone in normal and functional regurgitant valves. *Ann Thorac Surg*. 2010;89:1158-61.
31. Biner S, Rafique A, Rafi F, Tolstrup K, Noorani O, Shiota T, et al. Reproducibility of proximal isovelocity surface area, vena contracta, and regurgitant jet area for assessment of mitral regurgitation severity. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3:235-43.
32. Magne J, Lancellotti P, Piérard LA. Exercise-induced changes in degenerative mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56:300-9.
33. Le Tourneau T, Richardson M, Juthier F, Modine T, Fayad G, Polge AS, et al. Echocardiography predictors and prognostic value of pulmonary artery systolic pressure in chronic organic mitral regurgitation. *Heart*. 2010;96:1311-7.
34. De la Morena G, Saura D, Oliva MJ, Soria F, González J, García M, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the assessment of aortic valve stenosis. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:9-13.
35. 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*. 2010;31:281-9.
36. Bahlmann E, Cramariuc D, Gerds E, Gohlke-Baerwolf C, Nienaber CA, Eriksen E, et al. Impact of pressure recovery on echocardiographic assessment of asymptomatic aortic stenosis: a SEAS substudy. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3:555-62.
37. Siu SC, Silversides CK. Bicuspid aortic valve disease. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:2789-800.
38. Fernández B, Durán AC, Fernández-Gallego T, Fernández MC, Such M, Arqué JM, et al. Bicuspid aortic valves with different spatial orientations of the leaflets are distinct etiological entities. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54:2312-8.
39. David TE. Selección preoperatoria de pacientes para la reparación valvular aórtica. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:513-5.
40. Gallego García de Vinuesa P, Castro A, Barquero JM, Araji O, Brunstein G, Méndez I, et al. Anatomía funcional de la insuficiencia aórtica. Papel de la ecocardiografía transesofágica en la cirugía conservadora de válvula aórtica. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:536-43.
41. Liu YW, Tsai WC, Hsu CH, Lin IJ, Li WT, Chen CH, et al. Judicious use of transthoracic echocardiography in infective endocarditis screening. *Can J Cardiol*. 2009;25:703-5.
42. Casella F, Rana B, Casazza G, Bhan A, Kapetanakis S, Omigie J, et al. The potential impact of contemporary transthoracic echocardiography on the management of patients with native valve endocarditis: a comparison with transesophageal echocardiography. *Echocardiography*. 2009;26:900-6.
43. Kini V, Logani S, Ky B, Chirinos JA, Ferrari VA, St John Sutton MG, et al. Transthoracic and transesophageal echocardiography for the indication of suspected infective endocarditis: vegetations, blood cultures and imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:396-402.
44. Guía de Práctica Clínica sobre prevención, diagnóstico y tratamiento de la endocarditis infecciosa. Corrección. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:377.
45. Hansalia S, Biswas M, Dutta R, Hage FG, Hsiung MC, Nanda NC, et al. The value of live/real time three-dimensional transesophageal echocardiography in the assessment of valvular vegetations. *Echocardiography*. 2009;26:1264-73.
46. Naqvi TZ, Rafie R, Ghalichi M. Real-time 3D TEE for the diagnosis of right-sided endocarditis in patients with prosthetic devices. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3:325-7.
47. Bach DS. Echo/Doppler evaluation of hemodynamics after aortic valve replacement: principles of interrogation and evaluation of high gradients. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3:296-304.
48. Urso S, Sadaba R, Monleón-Getino T, Aldamiz-Echevarría G. El desajuste paciente-prótesis moderado no aumenta de modo independiente la mortalidad a 30 días tras la sustitución aislada de válvula aórtica. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:409-14.
49. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE, et al. 2010 ACCF/AHA/ATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients With Thoracic Aortic Disease. *Circulation*. 2010;121:e266-e369.
50. Nienaber CA, Kische S, Skriabina V, Ince H. Noninvasive imaging approaches to evaluate the patient with known or suspected aortic disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2:499-506.
51. Meredith EL, Masani ND. Echocardiography in the emergency assessment of acute aortic syndromes. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:31-9.
52. Evangelista A, Padilla F, López-Ayerbe J, Calvo F, López-Pérez JM, Sánchez V, et al. Registro Español del Síndrome Aórtico Agudo (RESA). La mejora en el diagnóstico no se refleja en la reducción de la mortalidad. *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:255-62.
53. Nienaber CA, Ince H. Surprising facts in acute aortic syndromes. The more we see, the less we save! *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:239-41.
54. Evangelista A, Avegliano G, Aguilar R, Cuellar H, Igual A, González-Alujas T, et al. Impact of contrast-enhanced echocardiography on the diagnostic algorithm of acute aortic dissection. *Eur Heart J*. 2010;31:472-9.
55. Jánosi RA, Erbel R. A better echocardiographic view to aortic dissection. *Eur Heart J*. 2010;31:398-400.
56. Geyer H, Caracciolo G, Abe H, Wilanski S, Carerj S, Gentile F, et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:315-69.
57. Bijnens BH, Cikes M, Claus P, Sutherland GR. Velocity and deformation imaging for the assessment of myocardial dysfunction. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:216-26.
58. Rösner A, Bijnens B, Hansen M, How OJ, Aarsaether E, Müller S, et al. Left ventricular size determines tissue Doppler-derived longitudinal strain and strain rate. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:271-7.
59. Manóvil A, Dawson D, Smith B, Nihoyannopoulos P. Assessment of left ventricular function by different speckle-tracking software. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:417-21.
60. Maffessanti F, Nesser HJ, Weinert L, Stering-Mascherbauer R, Niel J, Gorissen W, et al. Quantitative evaluation of regional left ventricular function using three-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with and without heart disease. *Am J Cardiol*. 2009;104:1755-62.

61. Margulescu AD, Thomas DE, Ingram TE, Vintila VD, Egan MA, Vinereanu D, et al. Can isovolumic acceleration be used in clinical practice to estimate ventricular contractile function? Reproducibility and regional variation of a new noninvasive index. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:423-31.
62. Puwanant S, Park M, Popovic ZB, Wilson Tang WH, Farha S, George D, et al. Ventricular geometry, strain, and rotational mechanics in pulmonary hypertension. *Circulation.* 2010;121:259-66.
63. Takamura T, Dohi K, Onishi K, Tanabe M, Sugiura E, Nakajima H, et al. Left ventricular contraction-relaxation coupling in normal, hypertrophic, and failing myocardium quantified by speckle-tracking global strain and strain rate imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:747-54.
64. Little WC, Oh JK. Is echocardiographic evaluation of diastolic function useful in determining clinical care? *Circulation.* 2009;120:802-9.
65. Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P. Left atrial size: a structural expression of abnormal left ventricular segmental relaxation evaluated by strain echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:856-71.
66. Dokainish H, Nguyen JS, Sengupta R, Pillai M, Alam M, Bobek J, et al. Do additional echocardiographic variables increase the accuracy of E/e' for predicting left ventricular filling pressure in normal ejection fraction? An echocardiographic and invasive hemodynamic study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:156-61.
67. Kusunose K, Yamada H, Nishio S, Tomita N, Niki T, Yamaguchi K, et al. Clinical utility of single-beat E/e' obtained by simultaneous recording of flow and tissue doppler velocities in atrial fibrillation with preserved systolic function. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009;2:1147-56.
68. Teske AJ, Prakken NH, De Boeck BWL, Velthuis BK, Doevendans PA, Cramer MJM. Effect of long term and intensive endurance training in athletes on the age related decline in left and right ventricular diastolic function as assessed by doppler echocardiography. *Am J Cardiol.* 2009;104:1145-51.
69. D'Andrea A, Caso P, Bossone E, Scarafie R, Riegler L, Di Salvo G, et al. Right ventricular myocardial involvement in either physiological or pathological left ventricular hypertrophy: an ultrasound speckletracking two-dimensional strain analysis. *Eur J Echocardiogr.* 2010;11:492-500.
70. Carasso S, Yang H, Woo A, Jamorski M, Wigle ED, Rakowski H. Diastolic myocardial mechanics in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:164-71.
71. Van Dalen BM, Kauer F, Michels M, Soliman OII, Vitter WB, Van der Zwaan HB, et al. Delayed left ventricular untwisting in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:1320-6.
72. Chang SA, Kim HK, Kim DH, Kim JC, Kim YJ, Kim HC, et al. Left ventricular twist mechanics in patients with apical hypertrophic cardiomyopathy: assessment with 2D speckle tracking echocardiography. *Heart.* 2010;96:49-55.
73. Di Salvo G, Pacileo G, Limongeli G, Baldini L, Rea A, Verrengia M, et al. Non sustained ventricular tachycardia in hypertrophic cardiomyopathy and new ultrasonic derived parameters. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:581-90.
74. Roes SD, Mollema SA, Lamb HJ, Van der Wall EE, De Roos A, Bax JJ. Validation of echocardiographic two-dimensional speckle tracking longitudinal strain imaging for viability assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol.* 2009;104:312-7.
75. Antoni ML, Mollema SA, Delgado V, Atary JZ, Borleffs JW, Boersma E, et al. Prognostic importance of strain and strain rate after acute myocardial infarction. *Eur Heart J.* 2010;31:1640-7.
76. Bellavia D, Pellikka PA, Al-Zahrani GB, Abraham TP, Dispenzieri A, Miyazaki C, et al. Independent predictors of survival in primary systemic (AL) amyloidosis, including cardiac biomarkers and left ventricular strain imaging: an observational cohort study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:643-52.
77. Dini FL, Rosa GM, Fontanive P, Santonato V, Napoli AM, Ciuti M, et al. Combining blood flow and tissue Doppler imaging with N-terminal pro-type B natriuretic peptide for risk stratification of clinically stable patients with systolic heart failure. *Eur J Echocardiogr.* 2010;11:333-40.
78. Tanaka H, Nesser HJ, Buck T, Oyenuka O, Janosi RA, Winter S, et al. Dyssynchrony by speckle-tracking echocardiography and response to cardiac resynchronization (STAR) study. *Eur Heart J.* 2010;31:1690-70.
79. Wang C, Wu C, Yeh Y, Wu L, Chang C, Ho W, et al. Recoordination rather than resynchronization predicts reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:611-20.
80. Bertini M, Sengupta PP, Nucifora G, Delgado V, Ng ACT, Marsan NA, et al. Role of left ventricular twist mechanics in the assessment of cardiac dyssynchrony in heart failure. *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2:1425-35.
81. Bertini M, Marsan NA, Delgado V, Van Bommel RJ, Nucifora G, Borleffs JW, et al. Effects of cardiac resynchronization therapy on left ventricular twist. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:1317-25.
82. Chan PS, Khumri T, Chung ES, Ghio S, Reid KJ, Gerritse B, et al. Echocardiographic dyssynchrony and health status outcomes from cardiac resynchronization therapy: Insights From the PROSPECT Trial. *J Am Coll Cardiol Img.* 2010;3:451-60.
83. Cleland JGF, Tageldien A, Buga L, Wong K, Gorcsan J. Should we be trying to define responders to cardiac resynchronization therapy? *J Am Coll Cardiol Img.* 2010;3:541-9.
84. Sitges M, Vidal B, Delgado V, Mont L, García-Álvarez A, Tolosana JM, et al. Long-term effect of cardiac resynchronization therapy on functional mitral valve regurgitation. *Am J Cardiol.* 2009;104:383-8.
85. Cabrera-Bueno F, Molina-Mora MJ, Alzueta J, Pena-Hernández J, Jiménez-Navarro M, Fernández-Pastor J, et al. Persistence of secondary mitral regurgitation and response to cardiac resynchronization therapy. *Eur J Echocardiogr.* 2010;11:131-7.
86. Azar F, Pérez de Isla L, Moreno M, Landaeta A, Refoyo E, López Fernández T, et al. Evaluación de tamaño, función y rangos de normalidad de la asincronía de la aurícula izquierda en sujetos sanos mediante ecocardiografía tridimensional. *Rev Esp Cardiol.* 2009;62:816-9.
87. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:685-713.
88. Goetschalckx K, Rademakers F, Bogaert J. Right ventricular function by MRI. *Curr Opin Cardiol.* 2010;25:451-5.
89. Mangion JR. Right ventricular imaging by two-dimensional and three-dimensional echocardiography. *Curr Opin Cardiol.* 2010;25:423-9.
90. Milan A, Magnino C, Veglio F. Echocardiographic indexes for the non-invasive evaluation of pulmonary hemodynamics. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:225-39.
91. Calleja AM, Jiamsripong P, Alharthi MS, Cha S, Joo Cho E, McMahon EM, et al. Correlation of automated function imaging (AFI) to conventional strain analyses of regional and global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:1031-9.
92. Meris A, Faletta F, Conca C, Klersy C, Regoli F, Klimusina J, et al. Timing and magnitude of regional right ventricular function: a speckle tracking-derived strain study of normal subjects and patients with right ventricular dysfunction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:823-31.
93. La Gerche A, Jurcut R, Voigt JU. Right ventricular function y strain echocardiography. *Curr Opin Cardiol.* 2010;25:430-6.
94. Joo Cho E, Jiamsripong P, Calleja AM, Alharthi MS, McMahon EM, Khanderia BK, et al. Right ventricular free wall circumferential strain reflects graded elevation in acute right ventricular afterload. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2009;296:H413-20.
95. Yao S, Bangalore S, Chaudhry FA. Prognostic implications of stress echocardiography and impact on patient outcomes: an effective gatekeeper for coronary angiography and revascularization. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:832-9.
96. From AM, Kane G, Bruce C, Pellikka PA, Scott C, McCully RB. Characteristics and outcomes of patients with abnormal stress echocardiograms and angiographically mild coronary artery disease (<50% stenoses) or normal coronary arteries. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:207-14.
97. Geleijnse ML, Krenning BJ, Nemes A, Van Dalen BM, Soliman OII, Ten Cate FJ, et al. Incidence, pathophysiology, and treatment of complications during dobutamine-atropine stress echocardiography. *Circulation.* 2010;121:1756-67.
98. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Álvarez-García N, Broullón FJ, Mosquera VX, García-Bueno L, et al. Prediction of mortality and major cardiac events by exercise echocardiography in patients with normal exercise electrocardiographic testing. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1981-90.
99. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón FJ, García-Campos A, Pazos P, Castro-Beiras A. Prognostic value of peak and post-exercise treadmill exercise echocardiography in patients with known or suspected coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2009;31:187-95.
100. Polonsky TS, McClelland RL, Jorgensen NW, Bild DE, Burke GL, Greenland P. Coronary artery calcium score and risk classification for coronary heart disease prediction. *JAMA.* 2010;303:1610-6.
101. Sarwar A, Shaw LJ, Shapiro MD, Blankstein R, Hoffman U, Cury RC, et al. Diagnostic and prognostic value of absence of coronary artery calcification. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009;2:675-88.
102. Gottlieb I, Miller JM, Arbab-Zadeh A, Dewey M, Clouse ME, Sara L, et al. The absence of coronary calcification does not exclude obstructive coronary artery disease or the need for revascularization in patients referred for conventional coronary angiography. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:627-34.
103. Joshi SB, Okabe T, Roswell RO, Weissman G, Lopez CF, Lindsay J, et al. Accuracy of computed tomographic angiography for stenosis quantification using quantitative coronary angiography or intravascular ultrasound as the gold standard. *Am J Cardiol.* 2009;104:1047-51.
104. Bettencourt N, Rocha J, Carvalho M, Leite D, Toschke AM, Melica B, et al. Multislice computed tomography in the exclusion of coronary artery disease in patients with presurgical valve disease. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2009;2:306-13.
105. Andreini D, Pontone G, Bartorelli AL, Agostoni P, Mushtaq S, Bertella E. Sixty-four-slice multidetector computed tomography: an accurate imaging modality for the evaluation of coronary arteries in dilated cardiomyopathy of unknown etiology. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2009;2:199-205.
106. Hecht HS, Polena S, Jelmin V, Jimenez M, Bhatti T, Parikh M, et al. Stent gap by 64-detector computed tomographic angiography relationship to in-stent restenosis, fracture, and overlap failure. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:1949-59.
107. Laynez-Carnicero A, Estornell-Erill J, Trigo-Bautista A, Valle-Muñoz A, Nadal-Barangé M, Romaguera-Torres R, et al. Valoración no invasiva de injertos aortocoronarios y coronarias nativas con tomografía computarizada de 64 detectores: comparación con la coronariografía invasiva. *Rev Esp Cardiol.* 2010;63:161-9.
108. Blankstein R, Shturman LD, Rogers IS, Rocha-Filho JA, Okada DR, Sarwar A, et al. Adenosine-induced stress myocardial perfusion imaging using dual-source cardiac computed tomography. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:1072-84.
109. 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.

110. Dewey M, Zimmermann E, Deissenrieder F, Laule M, Dübel HP, Schlattmann P, et al. Noninvasive coronary angiography by 320-row computed tomography with lower radiation exposure and maintained diagnostic accuracy: comparison of results with cardiac catheterization in a head-to-head pilot investigation. *Circulation*. 2009;120:867-75.
111. Achenbach S, Marwan M, Ropers D, Schepis T, Pflederer T, Anders K, et al. Coronary computed tomography angiography with a consistent dose below 1 mSv using prospectively electrocardiogram-triggered high-pitch spiral acquisition. *Eur Heart J*. 2010;31:340-6.
112. Eitel I, Desch S, Fuernau G, Hildebrand L, Gutberlet M, Schuler G, et al. Prognostic significance and determinants of myocardial salvage assessed by cardiovascular magnetic resonance in acute reperfused myocardial infarction. *Am Coll Cardiol*. 2010;55:2470-9.
113. Masci PG, Ganame J, Strata E, Desmet W, Aquaro GD, Dymarkowski S, et al. Myocardial salvage by CMR correlates with LV remodeling and early ST-segment resolution in acute myocardial infarction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3:45-51.
114. Gerbaud E, Faury A, Coste P, Erickson M, Corneloup O, Dos Santos P, et al. Comparative analysis of cardiac magnetic resonance viability indexes to predict functional recovery after successful percutaneous coronary intervention in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2010;105:598-604.
115. Larose E, Rodés-Cabau J, Pibarot P, Rinfret S, Proulx G, Nguyen CM, et al. Predicting late myocardial recovery and outcomes in the early hours of ST-segment elevation myocardial infarction: traditional measures compared with microvascular obstruction, salvaged myocardium, and necrosis characteristics by cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:2459-69.
116. Raman SV, Simonetti OP, Winner MW, Dickerson JA, He X, Mazzaferri EL, Ambrosio G. Cardiac magnetic resonance with edema imaging identifies myocardium at risk and predicts worse outcome in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:2480-8.
117. Cheong BY, Muthupillai R, Wilson JM, Sung A, Huber S, Amin S, et al. Prognostic significance of delayed-enhancement magnetic resonance imaging: survival of 857 patients with and without left ventricular dysfunction. *Circulation*. 2009;120:2069-76.
118. Olivetto I, Maron BJ, Appelbaum E, Harrigan CJ, Salton C, Gibson CM, et al. Spectrum and clinical significance of systolic function and myocardial fibrosis assessed by cardiovascular magnetic resonance in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2010;106:261-7.
119. Bruder O, Wagner A, Jensen CJ, Schneider S, Ong P, Kispert EM, et al. Myocardial scar visualized by cardiovascular magnetic resonance imaging predicts major adverse events in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2010 Jun 16 [Epub ahead of print].
120. Syed IS, Glockner JF, Feng D, Araoz PA, Martinez MW, Edwards WD, et al. Role of cardiac magnetic resonance imaging in the detection of cardiac amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3:155-64.