

Almanac 2014: las Revistas de las Sociedades Nacionales presentan investigaciones seleccionadas que han determinado recientes avances en la cardiología clínica

Imagenología cardiovascular

Satoshi Nakatani

Resumen

Las revisiones "Almanac" brindan un resumen de artículos sobre tópicos específicos publicados en Heart en los 2 años previos, poniendo en contexto los avances en ese campo incluyendo publicaciones de otras revistas. El foco de este artículo de Almanac es Imagenología Cardiovascular - siendo una revista de cardiología general, la investigación en imágenes publicada en Heart esta orientada a la clínica y frecuentemente impacta en nuestra práctica.

Deformación ("strain") miocárdica

Las medidas ecocardiográficas de la deformación miocárdica han surgido como una herramienta promisoriosa a la hora de valorar la función cardíaca y predecir el pronóstico de varias patologías cardíacas⁽¹⁻³⁾. Actualmente la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) es el parámetro más utilizado para describir la función sistólica del VI y predecir los resultados de los pacientes con infarto miocárdico e insuficiencia cardíaca. Sin embargo, la FEVI presenta algunas limitaciones técnicas, como la dificultad para trazar los bordes endocárdicos y la necesidad de asumir la geometría del VI. Además, comparado con la FEVI, la deformación longitudinal global (DLG) que se obtiene por la técnica *speckle-tracking* con ecografía bidimensional parece ser un parámetro funcional más confiable y ofrece información pronóstica de mayor utilidad en los pacientes con insuficiencia cardíaca⁽¹⁻³⁾.

En el pasado, los estudios se enfocaron fundamentalmente en pacientes con ritmo sinusal. Sin embargo, hay muchos pacientes con fibrilación auricular e insuficiencia cardíaca⁽⁴⁾, especialmente

cuando la insuficiencia cardíaca tiene FEVI conservada. La fibrilación auricular empeora los resultados de la insuficiencia cardíaca y viceversa⁽⁵⁾. Por lo tanto, también es importante valorar la función cardíaca en los pacientes con fibrilación auricular⁽⁶⁾. En una serie de 196 pacientes con fibrilación auricular, Su y colaboradores⁽⁷⁾ utilizaron el método del latido índice (*index beat*) para eliminar el inconveniente de los intervalos R-R variables^(8,9). El latido índice se toma como el latido que sigue a dos ciclos cardíacos casi iguales. Los dos intervalos que preceden al latido índice deben durar por lo menos 500 msec y la diferencia entre estos dos latidos debe ser menor a 60 msec. Su y colaboradores demostraron que la DLG fue mejor que la FEVI y la velocidad sistólica del anillo mitral para predecir los eventos cardiovasculares. Los pacientes con una DLG = de -12,5% o menos tenían una mayor sobrevida libre de eventos cardiovasculares que los que tenían una DLG mayor de -12,5%. Frecuentemente la valoración de la función cardíaca de los pacientes con fibrilación auricular se basa en el promedio de mediciones de múltiples latidos, pero este enfoque es muy

Correspondencia: Profesor Satoshi Nakatani, Department of Health Sciences, Osaka University Graduate School of Medicine, 1-7 Yamadaoka, Suita, Osaka 5650871, Japan.

Correo electrónico: nakatani@sahs.med.osaka-u.ac.jp

Revisado el 17 de julio de 2014. Publicado en línea por primera vez el 22 de julio de 2014

Conflicto de intereses: Ninguno.

Aprobación por comités de ética

Origen y arbitraje: Encargado; arbitraje externo.

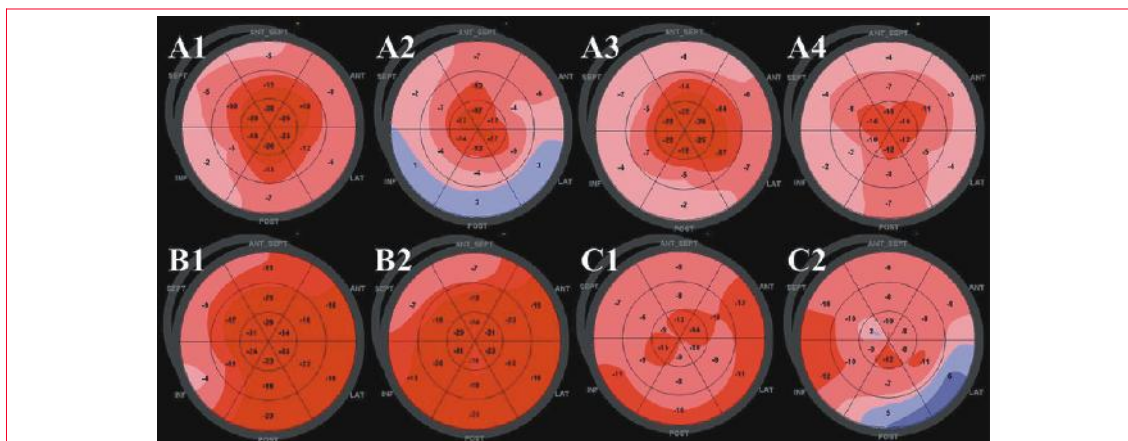


Figura 1. Patrones de deformación longitudinal representativos en speckle-tracking bidimensional (bull's eye 'plots) para cada subgrupo. (A1-4) Patrón de preservación apical en pacientes con amiloidosis cardíaca. (B1,2) Deterioro aislado de la deformación longitudinal septal en la miocardiopatía hipertrófica septal. (C1,2) Reducción en parches de la deformación longitudinal en la hipertrofia del ventrículo izquierdo relacionada con la estenosis aórtica (citado de ref. 14).

engorroso y lleva mucho tiempo⁽¹⁰⁾. El método del latido índice constituye una solución alternativa en los pacientes con fibrilación auricular, que podría aplicarse más a menudo si se lo pudiera validar en más estudios.

Además de valorar la función global, la deformación miocárdica puede servir para valorar la función miocárdica regional. A diferencia de la velocidad miocárdica medida por ecocardiografía Doppler tisular, la deformación miocárdica es independiente de la fijación y el movimiento de desplazamiento. Es así que las medidas de deformación regional pueden servir en la clínica, y en muchas publicaciones se ha intentado evaluar la función regional en pacientes con diversas patologías cardíacas como enfermedad isquémica, valvulopatías y miocardiopatías⁽¹¹⁾. La amiloidosis cardíaca es una miocardiopatía infiltrante progresiva con mal pronóstico. En ocasiones es difícil llegar al diagnóstico, ya que la valoración por ecocardiograma de una pared ventricular engrosada con una prominente disfunción primero diastólica y luego sistólica puede deberse a otras patologías prevalentes⁽¹²⁾. De hecho, un estudio reciente sugiere que la prevalencia de la amiloidosis cardíaca puede estar siendo subestimada y que incluso algunas veces se la ignora en la clínica⁽¹³⁾. Phelan y colaboradores⁽¹⁴⁾ hallaron una característica peculiar de la distribución de la deformación miocárdica en la amiloidosis cardíaca. Estudiaron 55 pacientes consecutivos con amiloidosis cardíaca, 15 pacientes con miocardiopatía hipertrofica y 15 pacientes con estenosis aórtica (EA). Además de la deformación longitudinal, se calculó la deformación longitudinal apical como la relación de la deformación longitudinal apical con el promedio de la deformación longitudinal basal y medio-ventricular longitudinal. Dichos autores han encontrado una y

otra vez un patrón de “preservación apical” de la deformación longitudinal en pacientes con amiloidosis cardíaca, y una deformación longitudinal apical relativa más elevada ($>1,0$), indicando un mayor valor de deformación apical comparado con los valores de deformación basal y medio-ventricular (figura 1). Utilizando un análisis de regresión logística con múltiples variables, al incluir en el análisis los síntomas, los parámetros ecocardiográficos estándar y los hallazgos electrocardiográficos, el único elemento que resultó ser predictivo de la amiloidosis cardíaca fue la deformación longitudinal apical. No se comprende bien cómo funciona el mecanismo de “preservación apical”. Los autores especulan que el depósito de amiloide era menor en el ápex que en la base y sector medio-ventricular, evidenciado por una menor hipertrofia en la punta cardíaca. En estudios anteriores en que se evaluó la deformación mediante Doppler tisular, otros autores también sugirieron la existencia de un gradiente de deformación longitudinal que va desde el vértice hasta la base^(15,16). También se han informado diferencias regionales de la deformación circunferencial en la amiloidosis cardíaca⁽¹²⁾. Sin embargo, aún no está claro si la “preservación apical” es diagnóstica de amiloidosis cardíaca y se necesitan más estudios que analicen la sensibilidad y especificidad de este hallazgo. Asimismo, todavía no se ha evaluado el efecto que tienen la etapa o el tipo de enfermedad [amiloidosis primaria con cadenas livianas de amiloide (AL) o transtiretina (TTR)] sobre este fenómeno. Sin embargo, la presencia de “preservación apical” debe sugerir el diagnóstico de amiloidosis cardíaca en pacientes con hipertrofia del VI de etiología desconocida, y puede resultar de utili-

Tabla 1. Resultados diagnósticos de TC para la estenosis anatómicamente obstructiva en individuos sin enfermedad coronaria conocida (CAD, por su sigla en inglés)

	<i>Sensibilidad</i>	<i>Especificidad</i>	<i>VPP</i>	<i>VNP</i>
Exactitud N=230, dolor torácico estable; sin coronariopatía conocida; sin exclusiones (CACS, HR, IMC); prevalencia de CAD 13%	94	83	48	99
Meijboom y col. N=360, dolor torácico agudo y estable; prevalencia de CAD 68%	99	64	85	97
CorE64 N=291, dolor torácico estable; coronariopatía no conocida y conocida; exclusión de CACS >600; prevalencia de CAD 56%	85	90	91	83
Meijboom y col. N=415 (83), Prob. 20%-80% de CAD previa a la prueba	95	91	71	99

IMC: índice de masa corporal; CACS: score de calcio de la arteria coronaria; CAD: coronariopatía; FC: frecuencia cardíaca; Prob: probabilidad; N: número; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo (citado de ref. 18).

dad para evitar el subdiagnóstico de amiloidosis cardíaca⁽¹³⁾.

Tomografía computada (TC) coronaria

La angiografía TC coronaria con contraste (CCTA por su sigla en inglés) ofrece imágenes de alta resolución de las arterias coronarias que muestran la gravedad y la localización de las estenosis importantes y las características de la placa aterosclerótica. Gracias a su eficacia diagnóstica, la CCTA ha ido ganando popularidad para descartar la presencia de estenosis coronaria (tabla 1)⁽¹⁷⁻²⁰⁾. Sin embargo, no existe mucha información con respecto a la prevalencia y las características de la aterosclerosis coronaria en pacientes asintomáticos con pocos factores de riesgo de enfermedad coronaria.

Kim y colaboradores⁽²¹⁾ realizaron estudios imagenológicos con CCTA en 2.133 pacientes asintomáticos de mediana edad clasificados como de bajo riesgo según las guías NCEP (National Cholesterol Education Program)⁽²²⁾. Constataron placas de aterosclerosis en 243 personas (11,4%). Veintiocho de ellos (1,3%) tenían estenosis significativa, y 18 (0,8%) de ellos presentaba estenosis coronaria significativa provocada por placa no calcificada (PNC). La mayoría de los pacientes con estenosis importante tenían enfermedad de un único vaso y la mayoría de las lesiones de importancia estaban ubicadas en la arteria descendente anterior. Es de destacar que la mayoría de los sujetos que presentaban estenosis importante a causa de PNC eran adultos jóvenes. El análisis multivariado dejó claro que el sexo masculino y el nivel de LDL-colesterol eran predictores in-

dependientes de estenosis significativa causada por PNC. Ocurrieron eventos cardíacos en cuatro individuos durante el seguimiento a mediano plazo (29,3 ± 14,9 meses). Los cuatro pacientes tenían placas ateroscleróticas, y tres de ellos presentaron una estenosis PNC importante. Con base en este estudio, reconocemos que la prevalencia de aterosclerosis subclínica no es despreciable incluso en pacientes asintomáticos con bajo riesgo, especialmente en adultos jóvenes. Si bien de acuerdo a las actuales guías no se justifica realizar CCTA como herramienta de tamizaje en pacientes asintomáticos, se necesitan más estudios para aclarar si la CCTA nos permitiría identificar a los pacientes de alto riesgo que de no ser por ese examen serían clasificados como de bajo riesgo, guiándose por las pautas de NECP.

Hay muchos estudios que muestran que la CCTA puede aportar información pronóstica importante y de estratificación de riesgo en pacientes en los que se sospecha coronariopatía^(23,24). Sin embargo, la mayoría de los estudios anteriores se enfocan en la población general, y se cuenta con datos limitados respecto a efecto de diferencias de edad y sexo. Para evaluar estas diferencias en la incidencia de coronariopatías se realizó CCTA a 2.432 pacientes en los que se sospechaba coronariopatía en un estudio prospectivo multicéntrico⁽²⁵⁾. Se realizó el análisis de cuatro subgrupos estratificados según el sexo (masculino o femenino) y edad (edad <60 o >60 años). En 991 pacientes (41%) los resultados de CCTA fueron normales, 761 (31%) tuvieron coronariopatía no significativa y 680 (28%) mostraron coronariopatía importante. Durante el seguimiento

(mediana: 819 días) ocurrió un evento cardiovascular en 59 (2,4%) individuos sin diferencias específicas de sexo ni de edad. Los resultados de CCTA fueron predictivos de la variable compuesta (infarto miocárdico no fatal y muerte cardíaca) en pacientes de sexo masculino, ambos con edades <60 y >60 años, y en pacientes de sexo femenino >60 años. Sin embargo, en pacientes de sexo femenino <60 años, los resultados de CCTA no fueron predictivos de eventos cardiovasculares adversos. Por consiguiente, si bien CCTA puede ser una valiosa herramienta para descartar coronariopatías, su valor pronóstico parece tener menor valor en mujeres <60 años.

Tomografía de coherencia óptica

Recientemente, la tomografía de coherencia óptica (OCT) viene siendo ampliamente utilizada como método de imagenología intracoronaria gracias a su alta resolución axial, que va de 12 a 18 μm , comparado con los 150-200 μm de la ecografía intravascular⁽²⁶⁾. La OCT sirve para visualizar la microestructura de las placas, los microvasos en el interior de las placas coronarias, los stents y las alteraciones de la neointima en el interior de los mismos^(26,27).

La neovascularización (NV) intraplaca, derivada fundamentalmente de los *vasa vasorum* preexistentes, ha sido reconocida como un proceso importante para la progresión de la aterosclerosis de los vasos de mayor tamaño⁽²⁸⁾. Sin embargo, no hay muchos estudios sobre la NV de las placas coronarias. Tian y colaboradores⁽²⁹⁾ estudiaron la importancia de la NV intraplaca en las placas coronarias utilizando OCT. Analizaron 92 placas causantes de eventos y 203 placas no causantes de eventos de 92 pacientes con angina de pecho inestable y 61 placas de 25 pacientes con angina de pecho estable. La NV fue definida como un pequeño agujero negro dentro de una placa con un diámetro de 50-300 μm que estuviera presente en por lo menos tres cuadros consecutivos en imágenes *pull-back*. La incidencia de la NV dentro de la placa fue de alrededor de 30% y no hubo diferencias entre las lesiones causantes y no causantes de eventos en pacientes con angina de pecho inestable y estable. Sin embargo, entre las lesiones causantes de eventos obtenidas de pacientes con angina de pecho inestable, las placas con NV tenían un capuchón fibroso más delgado, un núcleo lipídico de mayor tamaño y una mayor incidencia de fibroateroma del capuchón delgada que quienes no tenían NV. No hubo diferencias significativas en las características de la placa entre las lesiones causantes de eventos en casos de angina de pecho inestable y las lesiones de angina de pecho estable. Encontraron que en pacientes con angina de pecho inestable

las placas causantes de eventos con NV presentaban características de vulnerabilidad comparado con las que no tenían NV (figura 2). La NV intraplaca tiene efectos duales sobre la placa, dependiendo del estadio de la enfermedad⁽³⁰⁾. En la etapa temprana ayuda a proveer de nutrientes y oxígeno a la pared del vaso y protege la placa de daño isquémico. Sin embargo, en la etapa tardía, con la aparición de un desequilibrio entre los factores antiangiogénicos y los proangiogénicos, la NV intraplaca se vuelve más inmadura y permite más filtración, promoviendo la conversión de una placa estable en una placa inestable⁽³⁰⁾. Por ende, la NV intraplaca podría agravar la desestabilización de las placas en pacientes con angina de pecho inestable.

Perfusión miocárdica

La perfusión miocárdica ha sido estudiada mediante tomografía computarizada por emisión de fotones individuales (SPECT), tomografía de emisión de positrones, RMN con perfusión y ecocardiografía con contraste. El SPECT ha sido lo más popular, y se ha descrito que tiene una capacidad diagnóstica aceptable para identificar a los pacientes que se beneficiarían de la revascularización^(31,32). Sin embargo, el resultado de una prueba diagnóstica puede afectar la ulterior derivación para un examen más definitivo. Al ajustar por sesgo de derivación, la SPECT stress arrojó solo 65% de sensibilidad y 67% de especificidad para identificar pacientes con estenosis coronaria severa⁽³³⁾. Asimismo, tiene el problema de ofrecer una resolución espacial limitada y no permite la cuantificación.

La TC con detector multifilamentos (MDCT) tiene una mejor resolución temporal y espacial. Hay informes que señalan que la MDCT en un modelo canino de estenosis coronaria logra medir el flujo sanguíneo miocárdico (FSM) usando un método de deconvolución⁽³⁴⁾. Nakauchi y colaboradores⁽³⁵⁾ valoraron la factibilidad de este método para cuantificar la perfusión miocárdica en pacientes con infarto agudo de miocardio. Hallaron que tanto el flujo sanguíneo tisular como el volumen de sangre a los tejidos estaban significativamente reducidos en el miocardio infartado en comparación con el miocardio no infartado. El área del defecto medida en el mapa de volumen de sangre tisular con código de colores mostró una buena correlación con el nivel pico de creatinquinasa y la puntuación de defectos en el SPECT. En los pacientes sometidos a MDCT y RMN, a los pocos días el flujo de sangre a los tejidos medido con MDCT concordó con el medido con RMN. Este estudio demostró la factibilidad de evaluar la perfusión miocárdica en una única TC, tal como se realiza en

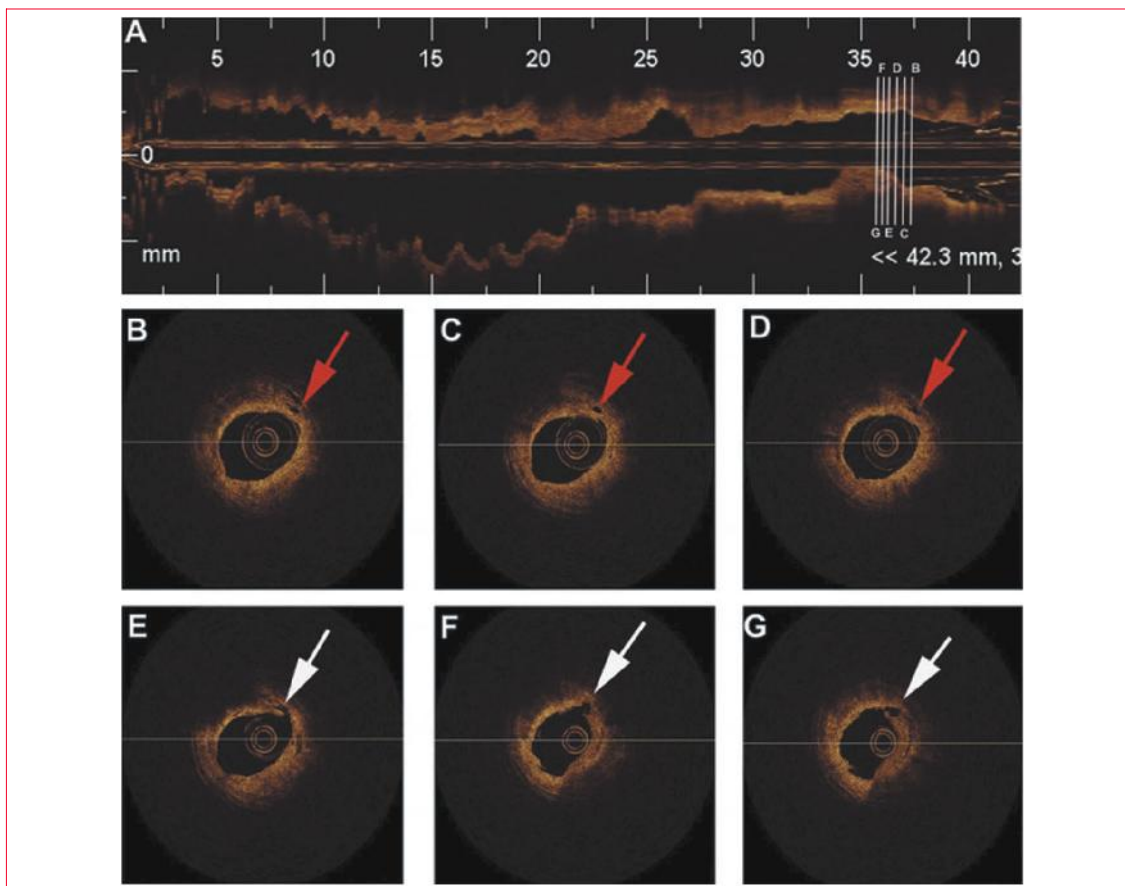


Figura 2. Imágenes representativas de tomografía de coherencia óptica de una placa con neovascularización que presenta ruptura (flechas rojas). La imagen longitudinal *pull-back* (A) del vaso con las ubicaciones de cinco imágenes de corte transversal (B-G). La neovascularización (flechas rojas) se observa en la región del hombro de la placa (B-D). Se observa ruptura de la placa (flechas blancas) en la posición de la hora 7 (E-G). Área de luz mínima (G) (citado de ref. 30).

la práctica. Dado que el protocolo de imágenes es congruente con las imágenes iniciales de CCTA, se puede evaluar la perfusión miocárdica y la estenosis de la arteria coronaria simultáneamente en un único examen.

La CCTA se utiliza para visualizar la morfología coronaria. Sin embargo, la TC no permite valorar la importancia hemodinámica de la estenosis coronaria detectada, por lo que se necesita agregar SPECT o RMN con perfusión miocárdica. Sin embargo, la SPECT y la RMN con perfusión miocárdica no sirven para valorar la morfología coronaria. Clínicamente, estos son temas pertinentes porque es importante identificar la ubicación de las estenosis coronarias que irrigan el miocardio en las zonas de isquemia demostrada, ya que la revascularización permite reducir la mortalidad y mejorar el pronóstico⁽³⁶⁾. Greif y colaboradores⁽³⁷⁾ comunicaron los resultados de un estudio sobre la perfusión miocárdica utilizando TC. El protocolo imagenológico usó un sistema rápido de TC de doble fuente, y evaluó las arterias coronarias y la perfusión miocárdica con una prueba de provocación con adenosina. Breve-

mente, se utilizó una técnica de deconvolución paramétrica dedicada, y se calculó el flujo sanguíneo miocárdico (MBF) a partir de la pendiente máxima de la curva de atenuación tisular con el tiempo⁽³⁸⁾. Se consideró la reserva de flujo fraccional (RFF) $< 0,80$ medida por un catéter de presión o el estrechamiento de la luz $> 90\%$ como una estenosis coronaria hemodinámicamente significativa. CCTA detectó todas las estenosis con importancia hemodinámica (sensibilidad 100%) al tanto que la especificidad fue de 43,8% y la exactitud diagnóstica fue de 72%. El MBF medio se vio reducido en los segmentos miocárdicos correspondientes a estenosis coronaria con significación hemodinámica. La sensibilidad, especificidad y exactitud diagnóstica de la imagenología de perfusión miocárdica por TC fueron 97%, 65,6% y 81,5%, respectivamente. La combinación de CCTA y de imagenología de perfusión miocárdica por TC no demostró mejorar de manera significativa la detección estenosis hemodinámicamente significativa comparado con la imagenología de perfusión miocárdica por TC sola. Es así que la imagenología de perfusión miocárdica por TC

Tabla 2. Métodos de valoración fisiológica por TC

	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Gradientes de opacificación del contraste transluminal	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede realizar en imágenes de CCTA en reposo • Medida sustituta del flujo de sangre en las coronarias 	<ul style="list-style-type: none"> • Significado cuestionable de la opacificación con contraste de las coronarias en reposo • Trabajoso
Características adversas de la placa	<ul style="list-style-type: none"> • Puede representar lesión endotelial • Se asocia con peor pronóstico e isquemia 	<ul style="list-style-type: none"> • No mide directamente la isquemia miocárdica o coronaria • Trabajoso • No evalúa el estado inducido por el estrés
Perfusión TC	<ul style="list-style-type: none"> • Familiaridad general con la realización de las pruebas de esfuerzo • Medidas de isquemia miocárdica subendocárdica y transmural 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere radiación adicional • Requiere contraste adicional • Todavía no se ha determinado el método óptimo
FFR _{CT}	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de isquemia específica para una lesión • Al poderse hacer con la CCTA adquirida de la forma habitual no necesita ni radiación ni contraste adicionales • Validado en estudios multicéntricos prospectivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere envío de datos de CCTA a laboratorio externo

CCTA, angiografía TC coronaria; FFR_{CT}, técnica TC de reserva de flujo fraccional (citado de ref. 18).

utilizando una TC con doble fuente permite detectar estenosis coronaria con significación hemodinámica con una exactitud diagnóstica moderada. Este método permite valorar simultáneamente y de forma no invasiva tanto la morfología como la función coronaria.

Hay varios modelos novedosos más para la evaluación fisiológica de la coronariopatía usando TC (tabla 2) (17). Existe una disminución gradual de la opacificación del contraste desde la porción proximal a la distal de la arteria coronaria. Se ha descrito una disminución de los gradientes de atenuación de contraste transluminales (TAG) acorde con el grado de flujo de la trombolisis en el infarto miocárdico (TIMI) (39). Sin embargo, esta técnica depende de múltiples factores, tales como la FEVI, las tasas de bolo con contraste, la velocidad del flujo coronario y la concentración y los volúmenes del contraste. Gracias a los avances recientes de la dinámica de flujo computacional se ha hecho posible predecir el flujo y la presión coronaria, y de esta forma calcular el FFR específico para la lesión (técnica FFR_{cr} FFR TC) a partir de las imágenes de la TC estática adquirida de la manera típica(40). En un estudio multicéntrico con 150 vasos de estenosis intermedia en 252 pacientes, FFR_{cr} resultó mejor que CCTA para el diagnóstico de isquemia específica de la lesión(41).

Por consiguiente, este método resulta promisorio para poder descartar a los pacientes con isquemia miocárdica de modo no invasivo.

La SPECT/CCTA híbrida ha demostrado tener un buen rendimiento en el diagnóstico de enfermedad importante de las arterias coronarias (figura 3) (42). Sin embargo, no se sabe si hay una diferencia en el efecto de la estrategia de tratamiento elegida entre SPECT/CCTA híbrida y SPECT más angiografía coronaria. En un estudio prospectivo de 107 pacientes con angina de pecho estable, y una probabilidad entre intermedia y alta de presentar enfermedad coronaria antes de la prueba(42), los pacientes fueron sometidos a un estudio SPECT de estrés farmacológico o de ejercicio seguido de CCTA. La angiografía coronaria fue realizada dentro de los 14 días siguientes a la SPECT/CCTA. Los hallazgos híbridos fueron categorizados como congruentes, incongruentes o normales. El hallazgo congruente fue definido como un defecto isquémico en SPECT en un territorio miocárdico nutrido por una arteria coronaria estenótica. El hallazgo incongruente fue definido como una imagen que sugiere defecto isquémico en SPECT sin una lesión coronaria de importancia o un hallazgo no isquémico en SPECT con una lesión coronaria importante. El hallazgo normal se definió como una perfusión normal en

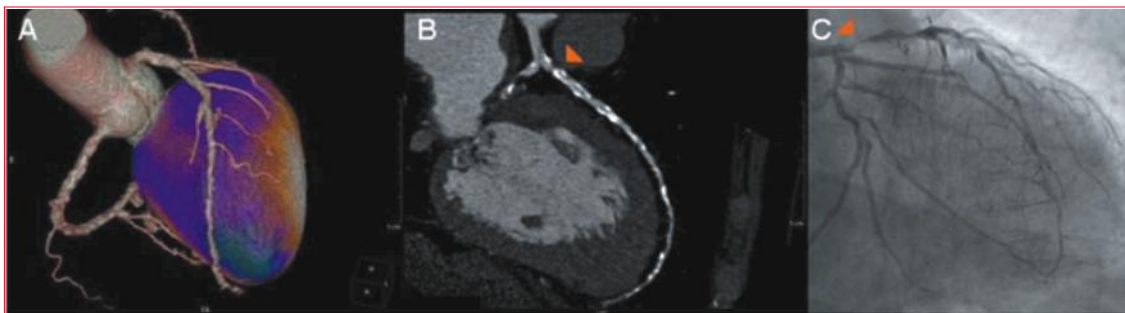


Figura 3. A) Paciente de sexo masculino de 71 años, con sintomatología anginososa típica y un defecto de perfusión reversible severo en cara anterior y apical por SPECT (tomografía computarizada por emisión de fotones individuales) (A, SPECT de esfuerzo). La angiografía coronaria por tomografía computada (CCTA) no fue posible en gran medida debido a calcificaciones coronarias severas (puntuación del calcio coronario de 2279), si bien se sospechaba una estenosis severa en la porción proximal de la arteria descendente anterior izquierda (LAD). B). Se confirmó la presencia de una estenosis importante en la porción proximal de la LAD por medio de un angiograma coronario (CA) invasivo (C). Basándose en la evaluación de tanto SPECT/CCTA híbrido como SPECT y CA, el panel se decidió por la intervención coronaria percutánea (citado de la ref. 43).

SPECT, sin una estenosis coronaria de importancia. Un panel constituido por dos cardiólogos intervencionistas y un cirujano cardiorotorácico determinó el porcentaje de concordancia en las decisiones con respecto al tratamiento (sin revascularización, intervención coronaria percutánea o cirugía coronaria) entre SPECT/CCTA híbrido y SPECT y angiografía coronaria. La concordancia porcentual de las decisiones con respecto al tratamiento en todos los pacientes en cuanto a la necesidad de revascularización fue de 92%, y en los pacientes con hallazgos congruentes, incongruentes y normales según SPECT/CCTA híbrido fueron de 95%, 84% y 100%, respectivamente. La concordancia porcentual estratificada por método de revascularización (intervención percutánea o cirugía) fue de 72% para los pacientes con resultados congruentes y de 79% para los pacientes con resultados incongruentes. Este estudio demostró que ya sea que se utilice un nuevo plan de valoración de los pacientes que incluya imagenología con SPECT/CCTA híbrida, o un plan de valoración tradicional que incluya angiografía invasiva se podría llegar a decisiones de tratamiento similares. Es así que a los pacientes con una probabilidad de intermedia a alta antes de la prueba se podría decidir con exactitud si postergar o indicar la revascularización según los resultados de SPECT/CCTA híbrido, aunque haya que ser cuidadoso con la dosis de radiación⁽⁴³⁾.

Otros

La fibrosis miocárdica se encuentra en diferentes afecciones, tales como hipertensión, cardiopatía isquémica y miocardiopatía. Como tiene una relación directa con el pronóstico, es preciso hacer una valoración no invasiva de la misma. La resonancia mag-

nética cardiovascular (CMR) con contraste ha sido ampliamente utilizada para valorar la fibrosis local⁽⁴⁴⁾; desde el advenimiento de la implantación de la válvula aórtica transcáteter (TAVI) ha ido creciendo el interés por la estenosis aórtica. Se espera que uno de los determinantes del pronóstico de EA sea la fibrosis miocárdica que aparece debido a una sobrecarga de presión de larga data. Fairbairn y colaboradores⁽⁴⁵⁾ demostraron que la fibrosis miocárdica medida mediante CMR disminuyó después de seis meses en pacientes sometidos a TAVI, si bien no se observó ningún efecto en los pacientes sometidos a reemplazo quirúrgico de la válvula aórtica.

Por ende, si bien es útil, la CMR con realce tardío con gadolinio lleva mucho tiempo, requiere un procesamiento complejo y no se la puede utilizar en pacientes con daño renal severo⁽⁴⁶⁾. Los valores miocárdicos en T1 cambian con la composición tisular⁽⁴⁷⁾. Bull y colaboradores⁽⁴⁸⁾ hallaron que el mapeo con CMR t1 sin contraste podría identificar la fibrosis miocárdica en los pacientes con EA (figura 4). Mostraron una correlación significativa entre los valores de T1 y la fibrosis según la biopsia. Este método podría aplicarse como una valoración sencilla, no invasiva y sin contraste de la fibrosis miocárdica difusa en otras patologías cardíacas.

Finalmente se toma un artículo de cardiología nuclear⁽⁴⁹⁾. La función del nervio simpático a nivel cardíaco juega un papel importante en la fisiopatología, la progresión y la estratificación de riesgo y la predicción de los desenlaces clínicos de la insuficiencia cardíaca crónica. La metayodobencilguanidina con yodo¹²³ (I^{123} -MIBG) es un análogo de la noradrenalina, y se ha utilizado la centellografía cardíaca con I^{123} -MIBG para valorar la actividad simpática del miocardio. Varias publicaciones han de-

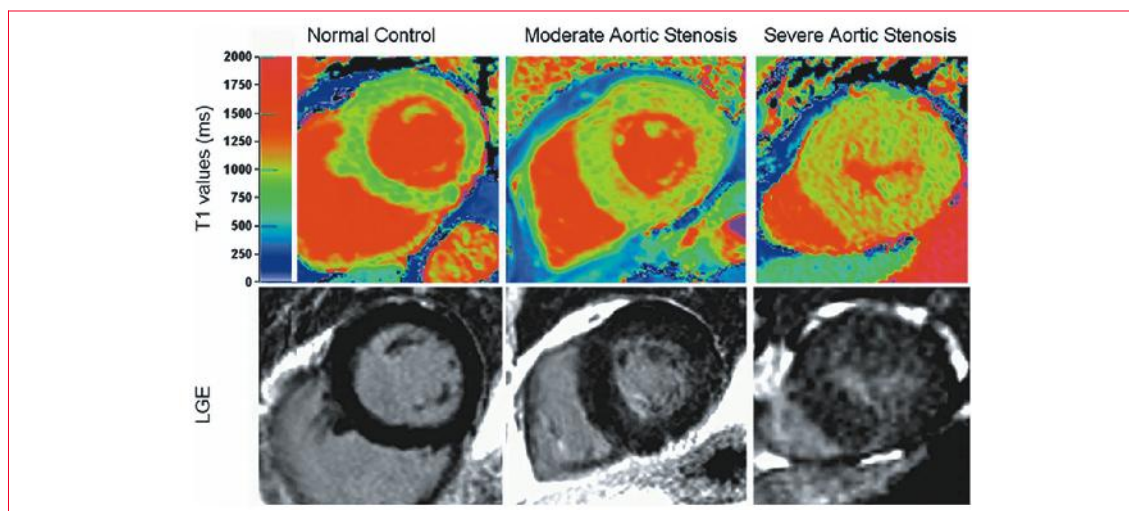


Figura 4. Panel superior: mapas de color de los valores de T1 utilizando la inversión abreviada modificada Look-Locker en una sección del eje corto medio-ventricular; panel inferior: el mismo corte con imágenes de captación tardía de gadolinio. El panel de la izquierda muestra un voluntario normal (T1=944 ms). Los paneles del medio muestran estenosis aórtica moderada (EA) con hipertrofia moderada del ventrículo izquierdo (T1=951 ms). El panel de la derecha muestra EA severa con hipertrofia también severa del ventrículo izquierdo (T1=1020 ms) (citado de ref. 49).

mostrado eficacia clínica para la imagenología cardíaca con I¹²³-MIBG en los pacientes con insuficiencia cardíaca. La actividad I¹²³-MIBG anormal y el incremento del índice de lavado están íntimamente relacionados con el deterioro del estado funcional, la reducción de la FEVI y la supervivencia^(50,51). Para valorar el valor pronóstico de la centellografía cardíaca con I¹²³-MIBG en la predicción de las arritmias ventriculares, Marshall y colaboradores realizaron un estudio prospectivo en 27 pacientes con insuficiencia cardíaca derivados para implantación de un desfibrilador implantable (ICD). Diez pacientes presentaron eventos arrítmicos de importancia para una mediana de 16 meses de seguimiento. Estos pacientes tenían un menor índice cardiomiastínico precoz y tardío, y mayores puntuaciones de defectos de ¹²³I-MIBG en SPECT que quienes no tuvieron eventos arrítmicos. El índice cardiomiastínico precoz, el tardío y la puntuación del defecto mostraron una sensibilidad de 60%-78% y una especificidad para predecir arritmias de 77%-88%. Por ende, en pacientes con insuficiencia cardíaca, las imágenes I¹²³-MIBG brindan información pronóstica adicional sobre el riesgo de presentar arritmia en el futuro, lo que puede ser de utilidad en el proceso de selección de casos para colocación de ICD.

Bibliografía

1. **Stanton T, Leano R, Marwick TH.** Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009;2: 356-64.
2. **Cho GY, Marwick TH, Kim HS, et al.** Global 2-dimensional strain as a new prognosticator in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2009;54: 618-24.
3. **Ersbøll M, Valeur N, Mogensen UM, et al.** Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction. *J Am Coll Cardiol* 2013;61:2365-73.
4. **Wang TJ, Larson MG, Levy D, et al.** Temporal relations of atrial fibrillation and congestive heart failure and their joint influence on mortality: the Framingham Heart Study. *Circulation* 2003;107: 2920-5.
5. **Jang SJ, Kim MS, Park HJ, et al.** Impact of heart failure with normal ejection fraction on the occurrence of ischaemic stroke in patients with atrial fibrillation. *Heart* 2013;99:17-21.
6. **Zakeri R, Borlaug BA, McNulty SE, et al.** Impact of atrial fibrillation on exercise capacity in heart failure with preserved ejection fraction. A RELAX trial ancillary study. *Circ Heart Fail* 2014;7:123-30.
7. **Su HM, Lin TH, Hsu PC, et al.** Global left ventricular longitudinal systolic strain as a major predictor of cardiovascular events in patients with atrial fibrillation. *Heart* 2013;99:1588-96.
8. **Kusunose K, Yamada H, Nishio S, et al.** Index-beat assessment of left ventricular systolic and diastolic function during atrial fibrillation using myocardial strain and strain rate. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:953-9.
9. **Lee CS, Lin TH, Hsu PC, et al.** Measuring left ventricular peak longitudinal systolic strain from a sin-

- gle beat in atrialfibrillation: validation of the index beat method. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:945–52.
10. **Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al.** Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1440–63.
 11. **Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al.** Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications. Endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:277–313.
 12. **Sun JP, Stewart WJ, Yang XS, et al.** Differentiation of hypertrophic cardiomyopathy and cardiac amyloidosis from other causes of ventricular wall thickening by two-dimensional strain imaging echocardiography. *Am J Cardiol* 2009;103:411–15.
 13. **Guan J, Mishra S, Falk RH, et al.** Current perspectives on cardiac amyloidosis. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2012;302:H544–52.
 14. **Phelan D, Collier P, Thavendiranathan P, et al.** Relative apical sparing of longitudinal strain using two-dimensional speckle-tracking echocardiography in both sensitive and specific for the diagnosis of cardiac amyloidosis. *Heart* 2012;98:1442–8.
 15. **Bellavia D, Pellikka PA, Abraham TP, et al.** Evidence of impaired left ventricular systolic function by Doppler myocardial imaging in patients with systemic amyloidosis and no evidence of cardiac involvement by standard two-dimensional and Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 2008;101:1039–45.
 16. **Koyama J, Falk RH.** Prognostic significance of strain Doppler imaging in light-chain amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:333–42.
 17. **Min JK, Castellanos J, Siegel R.** New frontiers in CT angiography: physiologic assessment of coronary artery disease by multidetector CT. *Heart* 2013;99:661–8.
 18. **Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, 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 (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1724–32.
 19. **Meijboom WB, Meijjs MF, Schuijf JD, et al.** Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:2135–44.
 20. **Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, et al.** Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med* 2008;359:2324–36.
 21. **Kim KJ, Choi SI, Lee MS, et al.** The prevalence and characteristics of coronary atherosclerosis in asymptomatic subjects classified as low risk based on traditional risk stratification algorithm: assessment with coronary CT angiography. *Heart* 2013;99:1113–17.
 22. **Panel NCEPE.** Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III)final report. *Circulation* 2002;106:3143–421.
 23. **Aldrovandi A, Maffei E, Palumbo A, 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.
 24. **Hadamitzky M, Freissmuth B, Meyer T, et al.** Prognostic value of coronary computed tomographic angiography for prediction of cardiac events in patients with suspected coronary artery disease. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2:404–11.
 25. **Yiu KH, de Gaaf FR, Schuijf JD, et al.** Age- and gender-specific differences in the prognostic value of CT coronary angiography. *Heart* 2012;98:232–7.
 26. **Bezerra HG, Costa MA, Guagliumi G, et al.** Intracoronary optical coherence tomography: a comprehensive review. Clinical and research applications. *J Am Coll Cardiol Intv* 2009;2:1035–46.
 27. **Uemura S, Ishigami KI, Soeda T, et al.** Thin-cap fibroatheroma and microchannel findings in optical coherence tomography correlate with subsequent progression of coronary atheromatous plaques. *Eur Heart J* 2012;33:78–85.
 28. **Moreno PR, Purushothaman KR, Fuster V, et al.** Plaque neovascularization is increased in ruptured atherosclerotic lesions of human aorta: implications for plaque vulnerability. *Circulation* 2004;110:2032–8.
 29. **Tian J, Hou J, Xing L, et al.** Significance of intraplaque neovascularization for vulnerability: optical coherence tomography study. *Heart* 2012;98:1504–9.
 30. **Virmani R, Kolodgie FD, Burke AP, et al.** Atherosclerotic plaque progression and vulnerability to rupture: angiogenesis as a source of intraplaque hemorrhage. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2005;25:2054–61.
 31. **Shaw LJ, Berman DS, Maron DJ, et al.** Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden: results from the Clinical Outcomes Utilizing Revasculariza-

- tion and Aggressive Drug Evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy. *Circulation* 2008;117:1283–91.
32. **Hachamovitch R, Rozanski A, Shaw LJ, et al.** Impact of ischaemia and scar on the therapeutic benefit from myocardial revascularization vs. medical therapy among patients understanding stress-rest myocardial perfusion scintigraphy. *Eur Heart J* 2011;32:1012–24.
 33. **Miller TD, Hodge DO, Christian TF, et al.** Effects of adjustment for referral bias on the sensitivity and specificity of single photon emission computed tomography for the diagnosis of coronary artery disease. *Am J Med* 2002;112:290–7.
 34. **George RT, Jerosch-Herold M, Silva C, et al.** Quantification of myocardial perfusion using dynamic 64-detector computed tomography. *Invest Radiol* 2007;42:815–22.
 35. **Nakauchi Y, Iwanaga Y, Ikuta S, et al.** Quantitative myocardial perfusion analysis using multi-row detector CT in acute myocardial infarction. *Heart* 2012;98:566–72.
 36. **Pijls NH, Fearon WF, Tonio PA, et al.** Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention in patients with multivessel coronary artery disease: 2-year follow-up of the FAME (Fractional Flow Reserve Versus Angiography for Multivessel Evaluation) study. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:177–84.
 37. **Greif M, von Ziegler F, Bamberg F, et al.** CT stress perfusion imaging for detection of haemodynamically relevant coronary stenosis as defined by FFR. *Heart* 2013;99:1004–11.
 38. **Bamberg F, Klotz E, Flohr T, et al.** Dynamic myocardial stress perfusion imaging using fast dual source CT with alternating table positions: initial experience. *Eur Radiol* 2010;20:1168–73.
 39. **Choi JH, Min JK, Labounty TM, et al.** Intracoronary transluminal attenuation gradient in coronary CT angiography for determining coronary artery stenosis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2011;4:1149–57.
 40. **Kim HJ, Vignon-Clementel IE, Coogan JS, et al.** Patient-specific modeling of blood flow and pressure in human coronary arteries. *Ann Biomed Eng* 2010;38:3195–209.
 41. **Nakazato R, Park HB, Berman DS, et al.** Noninvasive fractional flow reserve derived from computed tomography angiography for coronary lesions of intermediate stenosis severity. Results from the DeFACTO study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:881–9.
 42. **Schaap J, de Groot JAH, Nieman K, et al.** Hybrid myocardial perfusion SPECT/CT coronary angiography and invasive coronary angiography in patients with stable angina pectoris lead to similar treatment decisions. *Heart* 2013;99:188–94.
 43. **Brix G, Nekolla EA, Borowski M, et al.** Radiation risk and protection of patients in clinical SPECT/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41(suppl 1):S125–36.
 44. **Kwong RY, Farzaneh-Far A.** Measuring myocardial scar by CMR. *JACC Cardiovasc Imaging* 2011;4:157–60.
 45. **Fairbairn TA, Steadman CD, Mather AN, et al.** Assessment of valve haemodynamics, reverse ventricular remodeling and myocardial fibrosis following transcatheter aortic valve implantation compared to surgical aortic valve replacement: a cardiovascular magnetic resonance study. *Heart* 2013;99:1185–91.
 46. **Mewton N, Liu CY, Croisille P, et al.** Assessment of myocardial fibrosis with cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:891–903.
 47. **Messroghli DR, Niendorf T, Schultz-Menger J, et al.** T1mapping in patients with acute myocardial infarction. *J Cardiovasc Magn Reson* 2003;5:353–9.
 48. **Bull S, White SK, Piechnik SK, et al.** Human non-contrast T1 values and correlation with histology in diffuse fibrosis. *Heart* 2013;99:932–7.
 49. **Marshall A, Cheetham A, George RS, et al.** Cardiac iodine-123 metaiodobenzylguanidine imaging predicts ventricular arrhythmia in heart failure patients receiving an implantable cardioverter-defibrillator for primary prevention. *Heart* 2012;98:1359–65.
 50. **Jacobson AE, Senior R, Cerqueira MD, et al.** Myocardial iodine-123 meta-iodobenzylguanidine imaging and cardiac events in chronic heart failure. Results of the progressive ADMIRE-HF (AdreView myocardial imaging for risk evaluation in heart failure) study. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:2212–21.
 51. **Nakata T, Nakajima K, Yamashina S, et al.** A pooled analysis of multicenter cohort studies of I-123-mIBG cardiac sympathetic innervation imaging for assessment of long-term prognosis in chronic heart failure. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:772–84.