

# Cateterismo cardíaco y procedimientos intervencionistas

P.J. Serrano Aísa, M.P. Portero Pérez, V. Aguarón López, A. Peleato Peleado e I.J. Ferreira Montero

Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. Zaragoza.

---

## Introducción

El cateterismo cardíaco ha evolucionado de tal forma con el tiempo, que ya no es sólo un método diagnóstico y de investigación, sino un procedimiento terapéutico que puede salvar la vida del paciente en muchos casos. Stephen Hales, en 1733, describió la mecánica de la circulación sanguínea y efectuó mediciones directas de la presión arterial en animales y humanos. En 1929, casi 200 años después, Werner Forssmann realizó el primer cateterismo cardíaco en humanos, se cateterizó él mismo al utilizar la guía fluoroscópica introduciendo una sonda uretral a través de su propia vena cubital hasta la aurícula derecha. Pero no fue hasta 1941 cuando el cateterismo derecho se convirtió en un procedimiento estándar para estudios fisiopatológicos, efectuado por Swan y Ganz<sup>1</sup>, técnica que se simplificó con la introducción de catéteres con punta de globo que no requieren guía fluoroscópica. El primer cateterismo cardíaco izquierdo fue realizado por Zimmerman et al en 1950<sup>2</sup> a través de la arteria radial. En 1945, Radner utilizó medios de contraste radiopacos, inyectando en la aorta ascendente para visualizar las coronarias. En 1958, Sones<sup>3</sup> administró por primera vez contraste directamente en el origen de las arterias coronarias. Posteriormente, se diseñaron las actuales técnicas de angiografía coronaria percutánea a través de las arterias femorales, radiales o humerales. Asimismo, se desarrollaron las técnicas y catéteres adecuados para la realización de estudios hemodiná-

micos, que permiten el diagnóstico y la evaluación de la gravedad y la repercusión hemodinámica de las lesiones valvulares y valvulopatías congénitas. En 1977, la introducción de la angioplastia coronaria con balón por parte de Gruentzig supuso un cambio sustancial en el tratamiento de la enfermedad coronaria. El cardiólogo, que hasta entonces era "hemodinamista" y se dedicaba al diagnóstico, pasó a realizar procedimientos terapéuticos, esta vez ya como cardiólogo "intervencionista", proporcionando gran información sobre la fisiopatología de la placa de ateroma intracoronaria, y en un entorno cada vez más análogo a un quirófano.

El desarrollo de la angioplastia coronaria ha hecho incrementar en las últimas décadas el número de procedimientos diagnósticos, a la par que mejoraban sus resultados, fruto del desarrollo de nuevas técnicas adyuvantes a la angioplastia con balón, como la disponibilidad de endoprótesis coronarias o *stents*, aterectomía direccional, aterectomía rotacional, balón cortante, radioterapia intracoronaria, *stents* recubiertos de fármacos inmunosupresores, y por la aparición de fármacos, como los antagonistas de los receptores IIb/IIIa plaquetarios, que mejoran los resultados de la angioplastia, hasta hacerlos comparables a los de la cirugía de pontaje aortocoronario en muchos casos. De forma paralela, las indicaciones de intervencionismo coronario han ido aumentando, especialmente con la aparición de la angioplastia primaria, que se realiza sobre todo en la fase aguda de los síndromes coronarios agudos con elevación del ST.

En la última década han aparecido los medios técnicos para poder realizar valvuloplastias mitrales percutáneas con balón, que en muchos casos retrasan o evitan la cirugía de recambio valvular en los pacientes con estenosis mitral. Más recientemente, han surgido nuevos dispositivos intracardíacos capaces de cerrar ductus persistentes, comunicaciones interauriculares o *stents* con gran fuerza radial para tratar coartaciones de aorta, lo que ha abierto un pequeño campo al tratamiento

### Palabras clave:

Cateterismo cardíaco. Coronariografía. Endoprótesis coronaria. Revascularización coronaria. Angioplastia. Enfermedad cardíaca coronaria.

Correspondencia: Dr. P. J. Serrano Aísa.  
Servicio de Cardiología.  
Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa.  
Avda. San Juan Bosco, 15. 50009 Zaragoza.  
Correo electrónico: pserranoa@meditex.es

de algunas cardiopatías congénitas. Por todo lo anterior, puede afirmarse que el laboratorio de cardiología intervencionista constituye un espacio y un campo de trabajo muy atractivo para el clínico, el investigador y el hemodinamista.

### Cateterismo cardíaco: estudios hemodinámicos y complicaciones

Al hablar del cateterismo intravascular, debemos atender a unos procedimientos básicos<sup>4</sup>, ya sea éste diagnóstico o terapéutico:

- Catéteres introducidos por vía de acceso periférico.
- Técnicas radiológicas para monitorizar la colocación del catéter y la adquisición de imágenes.
- Medios de contraste radiográfico.
- Métodos de monitorización y registro de constantes hemodinámicas.
- Medios de archivo y transporte de la información, actualmente en formato digital.

El acceso vascular periférico se realiza de forma percutánea a través de vasos femorales, aunque en casos seleccionados se puede emplear la vía humeral o radial. Para ello, se utiliza la técnica de Seldinger, en la que a través de una aguja introducida en el sistema arterial o venoso se coloca un alam-

bre guía, aplicando una vaina hemostática para poder mantener el acceso vascular e introducir los diferentes catéteres. Se puede realizar un cateterismo transeptal en el caso de no poder pasar el catéter arterial a través de la válvula aórtica hasta el ventrículo izquierdo, siendo esencial el registro de la presión de este último. Esta técnica es utilizada en los casos de estenosis mitral en que se realiza valvuloplastia mitral con catéter-balón. Los avances en el diseño de los nuevos catéteres, la mejoría de los medios de imagen, la mejor tolerancia de los medios de contraste y el almacenamiento digital de la información han facilitado el desarrollo de las técnicas del cateterismo y han hecho que sean más seguras que en el pasado.

### Estudios hemodinámicos

El poder registrar presiones en diferentes localizaciones del territorio vascular proporciona información acerca de la fisiopatología del paciente, pudiendo registrar presiones en los territorios cardíacos derecho e izquierdo. En el cateterismo izquierdo, la colocación de un catéter en el ventrículo izquierdo y en la raíz aórtica permite medir las presiones sistólicas y diastólicas, detectando posibles estenosis aórticas en dicha localización (fig. 1A).

*Figura 1. 1A: Registro de las presiones de la raíz aórtica (Ao) y del ventrículo izquierdo (VI) en un paciente con estenosis aórtica. 1B: Registro de las presiones capilar pulmonar (AD) (que muestra una onda V prominente) y del ventrículo izquierdo (VI) en un paciente con insuficiencia mitral y estenosis mitral.*

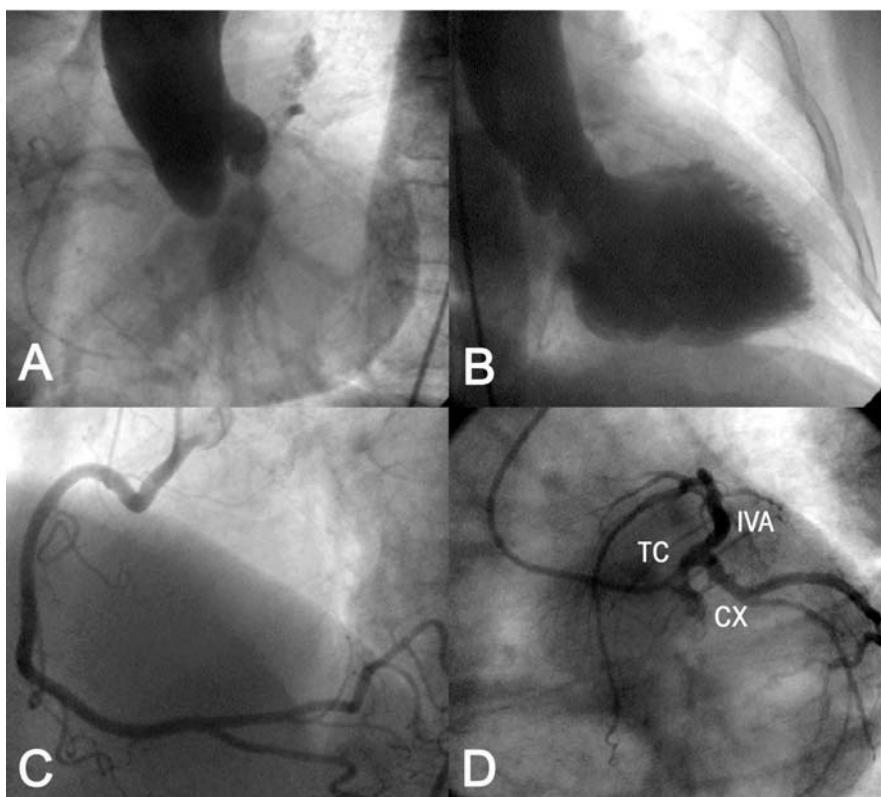


Figura 2. 2A: Angiografía de la raíz aórtica que muestra los senos de Valsalva y la salida de las arterias coronarias. 2B: Angiografía del ventrículo izquierdo durante la telediástole. 2C: Angiografía de la arteria coronaria derecha que muestra su anatomía. 2D: Angiografía de la arteria coronaria izquierda que muestra el tronco común (TC) y sus ramas: la arteria interventricular anterior (IVA) y la arteria circunfleja (CX).

Además, pueden realizarse ventriculografías y aortografías con contraste, a fin de detectar anomalías de las dimensiones o de la función ventricular izquierda o de la válvula, la raíz aórtica o el cayado de la aorta (figs. 2A y B). El cateterismo derecho se realiza fundamentalmente en las unidades de cuidados intensivos para poder evaluar a los pacientes críticos, utilizando catéteres dirigidos con balón y monitorizando continuamente la onda de presión de la cavidad o estructura donde están localizados. También se realizan durante los estudios hemodinámicos en los pacientes valvulares, en el laboratorio de cardiología intervencionista. Hay que tener en cuenta que la presión enclavada en un capilar pulmonar se aproxima a la de llenado ventricular izquierdo en ausencia de enfermedad venosa pulmonar y estenosis mitral, por lo que la presencia de ondas V grandes en el trazado de presión de un capilar pulmonar sugiere una insuficiencia mitral (fig. 1B). Un aumento de la saturación de oxígeno al comparar la aurícula derecha con la arteria pulmonar es indicativo de *shunt* izquierda-derecha. Al margen de su utilización en pacientes con enfermedad aguda, está indicado en casos de valvulopatía, cardiopatía congénita, hipertensión pulmonar y en el estudio pretrasplante cardíaco.

### Complicaciones

El riesgo del cateterismo cardíaco es inherente a su carácter invasivo, a la exposición a rayos X y a la utilización de medios de contraste. En todo ello va a influir el estado clínico del paciente, siendo éste determinante del riesgo: clase funcional de la NYHA, hipertensión pulmonar, disfunción de ventrículo izquierdo, gravedad de la obstrucción coronaria (la lesión del tronco común de la coronaria izquierda comporta 10 veces más riesgo de mortalidad), edad avanzada y pluripatología (insuficiencia renal, diabetes mellitus tipo 1, insuficiencia pulmonar grave, enfermedades cerebrovascular o periférica avanzadas) y existencia de enfermedad valvular grave. Las complicaciones graves del cateterismo cardíaco no son muy frecuentes, y están relacionadas con factores de riesgo subyacentes en el paciente (tabla 1), siendo las más frecuentes las vasculares, como los tromboembolismos vasculares periféricos, las fistulas arteriovenosas y seudoaneurismas, los hematomas y la neuropatía periférica secundaria a la compresión nerviosa por hematoma inguinal, seudoaneurisma o hemorragia retroperitoneal. La incidencia de estas complicaciones está relacionada con la presencia de vasculopatía periférica, el diámetro de la vaina de acceso

**Tabla 1. Incidencia de complicaciones en el cateterismo cardíaco**

	%
Muerte	0,11
Infarto agudo de miocardio	0,05
Complicaciones neurológicas	0,07
Complicaciones hemodinámicas	0,26
Complicaciones por los medios de contraste	0,37
Arritmias	0,38
Complicaciones vasculares	0,43

vascular y el uso de anticoagulantes y antiagregantes. Las técnicas intervencionistas comportan un mayor riesgo de complicaciones que las técnicas diagnósticas, así como técnicas específicas como la punción transeptal y la punción directa de ventrículo izquierdo. En el momento actual, se estima que las complicaciones mortales de un procedimiento diagnóstico no superan el 0,1%, y son inferiores al 1% en el caso de los procedimientos terapéuticos intervencionistas.

### Coronariografía. Indicaciones y contraindicaciones, ventriculografía izquierda

La angiografía coronaria es el patrón de referencia para evaluar la anatomía coronaria (fig. 2C y D), que permite la visualización en tiempo real de los vasos coronarios epicárdicos con mayor resolución que la resonancia magnética. Asimismo, permite distinguir procesos obstructivos dinámicos, como el espasmo coronario, de los estructurales (placas de ateroma, trombos). El objetivo de la angiografía coronaria es definir la anatomía de estas arterias y su grado de obstrucción luminal. Se ve limitada, en cuanto a que la información que aporta es fundamentalmente anatómica y en que a veces resulta difícil determinar cuál es la lesión responsable de la clínica, al igual que si las lesiones *borderline* (50-60%) son hemodinámicamente importantes y requieren revascularización; es aquí donde tiene su papel la ecografía intracoronaria, que permite evaluar directamente la magnitud de una lesión objetivada angiográficamente, valorar la composición de la placa de ateroma y su extensión, de modo que una lesión no significativa o *borderline*, desde el punto de vista angiográfico, puede ser considerada de riesgo y candidata a tratamiento. En este sentido, la eco-Doppler intracoronaria puede ejercer un papel destacable, al valorar la velocidad del flujo coronario antes, durante y tras la lesión coronaria, en condiciones basales o en respuesta a determinados fármacos intracoronarios.

La angiografía coronaria se practica como parte del cateterismo cardíaco, y puede incluir angiogra-

fías de otros vasos o cámaras cardíacas, dentro de la valoración hemodinámica necesaria para una evaluación diagnóstica invasiva completa del estado cardiovascular del paciente. El alcance de la enfermedad coronaria se define como monovaso, bivaso, trivaso o enfermedad del tronco común. Las imágenes angiográficas se interpretan de manera cuantitativa y cualitativa. Así, de forma general se considera que una lesión es significativa cuando reduce el diámetro de la luz arterial al menos un 70% (fig. 3A). Sin embargo, la existencia de una cierta variabilidad inter e intraobservador ha favorecido la introducción de técnicas cuantitativas (geométricas y densitométricas) que aumentan la precisión del análisis angiográfico. Análogamente, mediante ecografía intracoronaria se considera que las lesiones son hemodinámicamente significativas cuando el área transversal de la luz de la arteria coronaria es inferior a  $4 \text{ cm}^2$  (en porciones proximales de arterias coronarias mayores: descendente anterior, circunfleja o coronaria derecha). A pesar de que cada vez se concede más importancia a la interpretación cuantitativa, hay algunos aspectos de la angiografía coronaria que se definen mejor cualitativamente, como son las lesiones de aspecto "borroso" o "gris", disecciones, contornos irregulares y recortados o defectos de repleción que pueden corresponder a trombos (fig. 3C). Se puede valorar, igualmente, la presencia y el alcance de los vasos coronarios colaterales.

El flujo sanguíneo lo podemos clasificar semi-cuantitativamente según la escala descrita por los investigadores del Thrombolysis In Acute Myocardial Infarction (TIMI)<sup>5</sup>:

- TIMI 0: ausencia de flujo más allá de la obstrucción.
- TIMI 1: penetración mínima más allá de la obstrucción, llenado incompleto del vaso.
- TIMI 2: llenado retardado pero completo del vaso.
- TIMI 3: llenado rápido y completo del vaso.

Si bien esta graduación angiográfica del flujo coronario se orientó hacia el síndrome coronario agudo, hoy en día se utiliza como medio de descripción general del flujo coronario distal tanto en situaciones agudas como crónicas.

### Indicaciones y contraindicaciones

Antes de someter a un paciente a un cateterismo cardíaco se debe sopesar el riesgo y el beneficio que se va a obtener, por lo que el médico debe tomar una decisión razonada sobre la aplicación de esta prueba respecto a los beneficios clínicos pro-

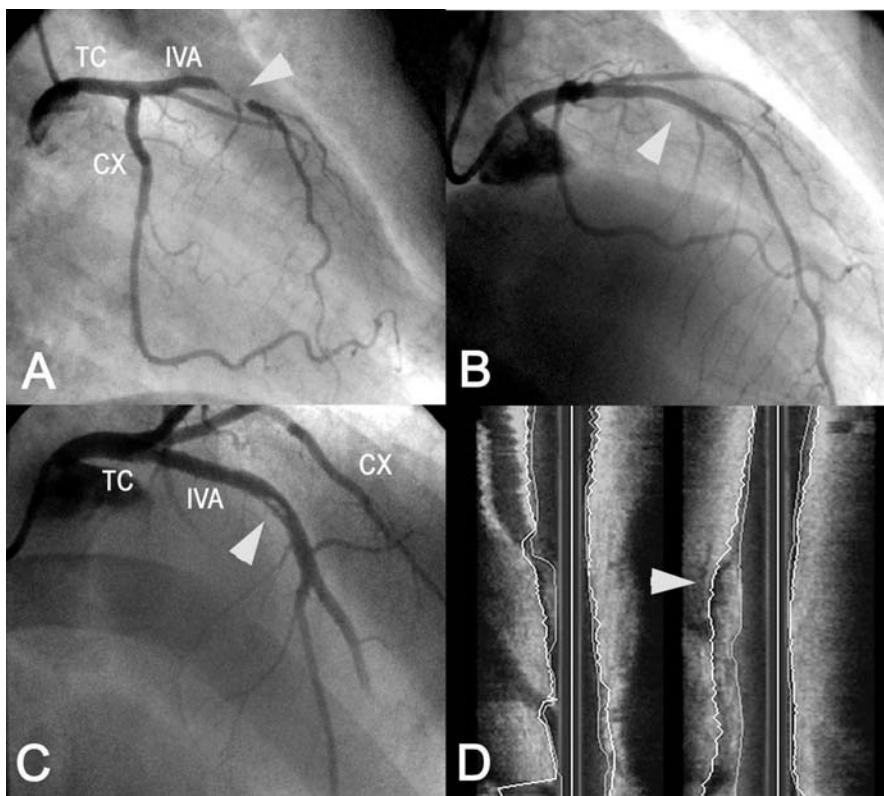


Figura 3. 3A: Lesión grave (cabeza de flecha) en la arteria interventricular anterior (IVA). 3B: Resultado de la lesión de la figura 3A tras el implante de un stent coronario. 3C: Trombo intracoronario en la arteria interventricular anterior. 3D: Reconstrucción tridimensional de una arteria interventricular anterior a partir de imágenes de ecografía intracoronaria que muestra una voluminosa placa de ateroma (cabeza de flecha).

nósticos, en comparación con los riesgos y los costes del procedimiento. Las indicaciones de la angiografía coronaria, según las Guías de Práctica Clínica de la Sociedad Española de Cardiología<sup>6</sup> y el informe del American College of Cardiology y la American Heart Association (ACC/AHA)<sup>7</sup>, se agrupan en las siguientes entidades clínicas:

1. Asintomáticos. Algunos pacientes asintomáticos con factores de riesgo, cuya profesión involucre a terceras personas (p. ej., pilotos de líneas aéreas, conductores de autobús) o que su trabajo requiera actividad física importante (bomberos, atletas) con pruebas no invasivas equívocas o datos clínicos que sugieren un riesgo elevado, pueden precisar la realización de coronariografía para descartar la existencia de enfermedad coronaria.

2. Sintomáticos. Angina estable e inestable.  
 3. Dolor torácico atípico.  
 4. Infarto agudo de miocardio. Fase aguda y fase evolutiva si hay complicaciones.  
 5. Enfermedad valvular.  
 6. Miocardiopatías.

La angiografía se utiliza fundamentalmente para definir la presencia y alcance de la enfermedad obstructiva coronaria, valorar la conveniencia de las diferentes formas de tratamiento, como la re-

vascularización percutánea, quirúrgica o el trasplante cardíaco, y como herramienta de investigación para evaluar los resultados del tratamiento y de la progresión o regresión de la arteriosclerosis coronaria. Las indicaciones de la angiografía coronaria según el informe del ACC/AHA en el caso de pacientes con angina estable, inestable e IAM son las que se exponen a continuación, basadas en la clasificación canadiense (CCS) para la angina de pecho<sup>8</sup>, los grados de recomendación o niveles de evidencia propuestos por Yusuf<sup>9</sup> y las indicaciones según la clasificación de ACC/AHA<sup>7</sup> (tablas 2-4):

#### Angina estable

*Clase I:* 1. Angina en clases III-IV de la CCS que están en tratamiento médico. Nivel de evidencia B.

2. Criterios de alto riesgo en pruebas no invasivas (no importa la gravedad de la angina). Nivel de evidencia A.

3. Casos de resucitación con éxito de muerte súbita cardíaca o presentan episodios de taquicardia ventricular monomorfa sostenida o polimorfa no sostenida. Nivel de evidencia B.

*Clase IIa:* 1. Angina en clases III-IV de la CCS que con tratamiento médico mejora hasta ser de clases I-II. Nivel de evidencia C.

**Tabla 2. Clasificación de la angina de pecho por la Canadian Cardiovascular Society**

<i>Clase I.</i> La actividad física normal, como caminar o subir escaleras, no produce angina; ésta se presenta con el esfuerzo enérgico, rápido o prolongado
<i>Clase II.</i> Leve limitación de la actividad normal. La angina se presenta al caminar o subir escaleras rápidamente, en cuestas, después de comer, tras el frío, el viento, estrés emocional o durante las primeras horas tras el despertar. Al caminar menos de 2 manzanas por terreno llano y subir más de un tramo de escaleras comunes a paso normal y en condiciones normales
<i>Clase III.</i> Notables limitaciones de la actividad física normal. La angina se presenta al caminar 1-2 manzanas en terreno llano y al subir un tramo de escaleras en condiciones normales y a paso normal
<i>Clase IV.</i> Incapacidad de realizar cualquier actividad física sin sentir molestias: los síntomas de angina pueden presentarse al descanso

**Tabla 3. Niveles de evidencia**

<i>Grado A.</i> Evidencia basada en grandes estudios aleatorios controlados y revisiones sistemáticas, incluyendo metaanálisis
<i>Grado B.</i> Evidencia basada en estudios de alta calidad, no aleatorios, en estudios caso-control o en series de casos
<i>Grado C.</i> Opiniones de expertos no basadas en ninguna de las evidencias anteriores

**Tabla 4. Indicaciones diagnósticas y/o terapéuticas según la clasificación del ACC/AHA**

<i>Clase I.</i> Evidencia y acuerdo general de que determinado procedimiento diagnóstico o terapéutico es útil y efectivo
<i>Clase II.</i> No existe evidencia clara y hay divergencias de opinión acerca de la validez y eficacia del procedimiento diagnóstico o terapéutico
<i>Clase IIa.</i> La mayoría de la evidencia y las opiniones están a favor de la validez y de la eficacia
<i>Clase IIb.</i> La eficacia y la validación del procedimiento diagnóstico o terapéutico están menos establecidas
<i>Clase III.</i> Evidencia o acuerdo de opinión de que determinado procedimiento diagnóstico o terapéutico no es válido ni eficaz y en ocasiones puede ser peligroso

2. Pruebas no invasivas seriadas, con el mismo protocolo y el mismo nivel de tratamiento, que presentan un empeoramiento progresivo. Nivel de evidencia C.

3. Angina y sospecha de enfermedad coronaria en aquellos pacientes que, por minusvalía, enfermedad o imposibilidad física, no puede evaluarse adecuadamente. Nivel de evidencia C.

4. Angina en clases I-II de la CCS con intolerancia o falta de respuesta al tratamiento médico o recurrencia de la clínica a pesar del tratamiento médico. Nivel de evidencia C.

5. Individuos cuya profesión supone riesgo a terceros (pilotos, conductores de autobús) con resultados anormales pero no de alto riesgo en las pruebas no invasivas. Nivel de evidencia C.

*Clase IIb:* 1. Angina en clases I-II de la CCS con isquemia demostrable pero sin criterios de alto riesgo en las pruebas no invasivas. Nivel de evidencia C.

2. Varón asintomático o mujer posmenopáusica con 2 o más factores de riesgo y anormalidades, no de alto riesgo, en las pruebas no invasivas, sin enfermedad coronaria conocida. Nivel de evidencia C.

3. Asintomáticos con infarto de miocardio previo, función ventricular normal en reposo e isquemia en pruebas no invasivas pero sin criterios de alto riesgo. Nivel de evidencia C.

4. Evaluación periódica tras trasplante cardíaco. Candidato ( $\geq 40$  años de edad) a trasplante hepático, pulmonar o renal como parte de la evaluación pretrasplante. Nivel de evidencia C.

*Clase III:* 1. Angina en pacientes que prefieren evitar la revascularización, no son candidatos a ella o en quienes se prevé que una revascularización no mejore la calidad o duración de su vida. Nivel de evidencia C.

2. Comprobar la existencia de enfermedad coronaria en casos asintomáticos. Nivel de evidencia C.

3. Despues de revascularización percutánea o quirúrgica cuando no existe evidencia de isquemia en pruebas no invasivas, a menos que exista consentimiento informado con propósitos de investigación. Nivel de evidencia C.

4. Calcificación coronaria por fluoroscopia, tomografía computarizada u otras pruebas exploratorias sin los criterios mencionados previamente. Nivel de evidencia C.

#### *Angina inestable*

*Clase I:* 1. Riesgo alto o intermedio de episodios adversos en casos de angina inestable o refractaria al tratamiento médico adecuado o recurrencia de los síntomas tras estabilización inicial. Nivel de evidencia B.

2. Riesgo alto de episodios adversos en casos de angina inestable. Nivel de evidencia B.

3. Angina inestable de riesgo alto o intermedio que se ha estabilizado con tratamiento médico. Nivel de evidencia A.

4. Angina inestable de bajo riesgo a corto plazo que se convierte en alto riesgo tras pruebas no invasivas. Nivel de evidencia B.

5. Sospecha de angina variante de Prinz-Metal. Nivel de evidencia C.

*Clase IIa:* ninguna.

*Clase IIb.* Angina inestable de bajo riesgo a corto plazo, sin criterios de alto riesgo tras pruebas no invasivas. Nivel de evidencia C.

*Clase III:* 1. Molestia torácica recurrente que sugiere angina inestable pero sin signos de isquemia y con angiografía coronaria normal en los últimos 5 años. Nivel de evidencia C.

2. Angina inestable en pacientes no candidatos a revascularización o en quienes se prevé que una revascularización no mejore la calidad o duración de su vida. Nivel de evidencia C.

*Infarto agudo de miocardio (sospecha de IAM, elevación del segmento ST o bloqueo de rama)*

*Angioplastia (ACTP) primaria*

*Clase I:* 1. Alternativa a la fibrinólisis dentro de las últimas 12 h de aparición de los síntomas o después, si persisten los síntomas de isquemia, si se realiza en el tiempo oportuno (tiempo estándar: dentro de los 90 min), por personas entrenadas en el procedimiento ( $> 75$  ACTP al año) y con personal experimentado en un laboratorio de hemodinámica (centros que realizan  $> 200$  ACTP al año y hay posibilidad de cirugía). Nivel de evidencia A.

2. Casos producidos dentro de las 36 h tras el infarto de miocardio y que desarrollan shock cardiógenico ( $< 75$  años de edad); es posible la revascularización dentro de las 18 h de aparición del shock. Nivel de evidencia A.

*Clase IIa:* 1. Estrategia de reperfusión en pacientes candidatos a ella con contraindicación del tratamiento fibrinolítico, si se puede realizar una ACTP como la descrita en el punto 1 de la Clase I. Nivel de evidencia C.

*Clase III:* 1. Más de 12 h de aparición de los síntomas sin evidencia de isquemia miocárdica. Nivel de evidencia A.

2. Candidatos a fibrinólisis que se someten a ACTP primaria por un hemodinamista con poca experiencia en un centro que carece de cirugía.

*Angiografía precoz en el caso de IAM, no sometido a ACTP primaria*

*Clase I:* ninguna.

*Clase IIa.* Shock cardiógeno o inestabilidad hemodinámica persistente. Nivel de evidencia B.

*Clase IIb:* 1. Infarto extenso o anterior después de fibrinólisis si no existen criterios de reperfusión y se planifica ACTP de rescate. Nivel de evidencia B.

2. Estado hemodinámico incierto (sin shock cardiógeno claro), cuando no se objetiva mejoría tras tratamiento convencional. Nivel de evidencia C.

*Clase III:* 1. Terapia fibrinolítica sin signos de isquemia. Nivel de evidencia A.

2. Uso rutinario de angiografía seguida de ACTP dentro de las 24 h tras la fibrinólisis. Nivel de evidencia A.

*Angiografía coronaria en el IAM agudo sin elevación del segmento ST*

*Clase I:* 1. Episodios persistentes o recurrentes de isquemia sintomática, espontánea o inducida con/sin cambios en el ECG. Nivel de evidencia A.

2. Presencia de shock, congestión pulmonar grave o hipotensión continuada. Nivel de evidencia B.

*Clase II:* ninguna.

*Clase III:* ninguna.

No existen contraindicaciones absolutas para la angiografía coronaria, aunque sí de forma relativa. La mayoría de las contraindicaciones relativas son temporales o reversibles y, por tanto, si se puede retrasar el procedimiento habrá menos riesgo. Las contraindicaciones relativas son el accidente cerebrovascular en el último mes, la insuficiencia renal aguda, la hemorragia activa, la infección activa, la fiebre de etiología desconocida, la anemia grave, la hipertensión sistémica no controlada, una diselectrolitemia importante, una enfermedad sistémica o psiquiátrica que aumente el riesgo de la técnica, la negativa del paciente a aceptar una terapia definitiva como ACTP (angioplastia coronaria transluminal percutánea), CABG (pontaje de arteria coronaria con injerto) o recambio valvular, una enfermedad concomitante grave que acorta drásticamente la esperanza de vida o aumenta el riesgo de intervenciones terapéuticas, la intoxicación digitalítica, una reacción anafiláctica documentada a los medios de contraste angiográficos, la enfermedad vascular periférica grave que limita el acceso a los vasos, la insuficiencia cardíaca congestiva, una coagulopatía grave y la endocarditis de la válvula aórtica.

De las contraindicaciones relativas, la que más se ha estudiado es la insuficiencia renal; en este tipo de pacientes la incidencia de empeoramiento de la función renal notificada después de la angi-

grafía es del 10-40%, siendo mayor el riesgo cuanto más grave es la insuficiencia preexistente. Los factores pronóstico, independientes de una insuficiencia renal, son la creatinina basal, el sexo masculino, la diabetes mellitus y el volumen de contraste. En pacientes con riesgo de fracaso renal, un tratamiento previo con fluidos o manitol o con furosemida intravenosa tras el procedimiento, así como la utilización de contrastes no iónicos, han demostrado ser beneficiosos en algunos estudios.

En presencia de insuficiencia cardíaca congestiva descompensada, el riesgo de sufrir complicaciones tras la angiografía coronaria aumenta, por lo que se recomienda tratamiento previo y limitar el volumen de contraste, así como emplear medios de contraste no iónicos para reducir los efectos hemodinámicos adversos.

### Ventriculografía izquierda

La ventriculografía izquierda mediante la inyección directa de contraste en el ventrículo izquierdo es complementaria a la angiografía coronaria en la evaluación de la cardiopatía isquémica, siendo importante a la hora de valorar las complicaciones de un infarto agudo de miocardio, como pueden ser la insuficiencia mitral o la comunicación interventricular. La función ventricular izquierda global se expresa mediante la fracción de eyección, calculada a partir del ventriculograma (fig. 2B). El movimiento regional de la pared del ventrículo izquierdo se evalúa según una escala semicuantitativa en hipercontrátil, normal, hipocinético, acinético y discinético. También se practica para evaluar miocardiopatías, cardiopatías congénitas, como la comunicación interventricular, y valvulopatías, como la insuficiencia mitral.

### Técnicas de diagnóstico intracoronario

*Angiografía coronaria cuantitativa.* Consiste en la medida del perfil de la luz intracoronaria, rellena de contraste radiológico, tras la realización de una coronariografía, que permite la cuantificación del diámetro de referencia proximal y distal a la lesión, el diámetro luminal mínimo y la longitud de la misma. Esto se realiza mediante programas informáticos, siempre con el control del operador experto.

*Ecografía intracoronaria.* Consiste en un transductor de ecografía miniaturizado, que sirve para evaluar la extensión de las lesiones coronarias y es capaz de diferenciar entre las lesiones calcificadas, fibróticas o predominantemente lipídicas. Inicialmente, se creyó que mejoraría los resultados del

*stent* tras el análisis con ecografía intracoronaria, como ocurrió en los ensayos clínicos iniciales, pero posteriormente, tal vez debido a un mejor ajuste entre las dimensiones de los balones y el tamaño de la lesión coronaria, no se observaron diferencias entre los *stents* implantados guiados por IVUS o sin guiar. En la actualidad, su uso se limita a la investigación, ya que permite evaluar con reconstrucciones tridimensionales (fig. 3D) el volumen de la placa de ateroma en dos momentos del seguimiento, y a la evaluación de lesiones coronarias en las que la angiografía coronaria ofrece dudas.

*Doppler intracoronario.* Mediante esta técnica se puede evaluar la reserva del flujo coronario tras diversos estímulos, que es un indicador de la fisiología coronaria y sirve para analizar la gravedad de las lesiones. Se utiliza en investigación para el estudio de la circulación coronaria, y su uso está poco extendido en la práctica clínica.

*Otras técnicas.* Presión intracoronaria y termografía intracoronaria.

### Angioplastia coronaria

#### *Angioplastia con balón*

La angioplastia con balón fue el abordaje clásico de las lesiones coronarias. No obstante, en la mitad de los años noventa se demostró una mejoría sustancial de los resultados con la aparición del *stent* “por complicación” y con la idea de conseguir resultados angiográficos similares a los del *stent*. En caso de no conseguir una reducción de la estenosis que no supere el 20-30% en diámetro, sin disección significativa, se opta por el implante de un *stent*.

La angioplastia con balón cortante consta de un balón que presenta unas pequeñas cuchillas dispuestas longitudinalmente, y realiza un corte controlado a lo largo de la placa de ateroma. Su uso en la actualidad parece limitado a lesiones ostiales, reestenosis intra-*stent* o a lesiones calcificadas.

#### Stent

En la actualidad más del 80% de los pacientes con intervenciones coronarias percutáneas reciben el implante de un *stent*. Existen varios conceptos diferenciadores, respecto a la estrategia y el modo de implantarlos:

– *Stent* con predilatación. Es la endoprótesis coronaria que se implanta ante una lesión coronaria, de modo que se realiza previamente una dilatación con balón, no con el objeto de realizar una dilata-

ción coronaria que elimine la estenosis de entrada, sino solamente que la dilatación final permita el paso para implantar el *stent*.

– *Stent* directo. Es el que se implanta sin predilatación con balón, colocándose directamente en la estenosis e hinchando el balón del propio *stent*. Los *stents* con predilatación y el *stent* directo se consideran *stents* electivos.

– *Stent* por complicación. Es el que se implanta cuando los resultados de la angioplastia con balón no son del todo satisfactorios.

– *Stents* radiactivos. En los últimos 4 años se han estudiado los efectos de los *stents* radiactivos sobre la reducción de la reestenosis coronaria. Aunque los resultados iniciales eran prometedores, se han detectado complicaciones a largo plazo, como la reestenosis y trombosis tardías o la aparición de aneurismas.

– *Stents* recubiertos de sustancias inmunosupresoras. Están en fase muy avanzada de investigación, como los que utilizan la rapamicina o el taxol. Los primeros estudios en humanos han demostrado resultados espectaculares, con desaparición por completo de cualquier rastro de crecimiento íntimal y por tanto de reestenosis. De confirmarse estos resultados en ensayos clínicos a mayor escala, el panorama de la reestenosis intra-*stent*, que suele afectar a los 6 meses al 15-30% de las lesiones tratadas, puede cambiar de forma radical.

#### Otras alternativas terapéuticas

*Aterectomía direccional*. Fue el primer dispositivo distinto del balón para tratamiento de lesiones coronarias, aprobado por la FDA en 1990. Consiste en un dispositivo que consta de una cuchilla unida a un sistema accionador, de modo que se obtienen "mordiscos" de la placa de ateroma. En función de los resultados de numerosos estudios observacionales y ensayos clínicos aleatorios, la aterectomía direccional puede ser una alternativa razonable a otros dispositivos para intervenciones percutáneas, alcanzando resultados angiográficos incluso superiores a los de la angioplastia con balón sin presentar más complicaciones. No obstante, el posible beneficio sobre la angioplastia con balón ha sido atenuado desde la llegada de los *stents*, que son más fáciles de implantar que la realización de una aterectomía direccional. Su utilidad podría estar reservada para lesiones que involucren el origen de la coronaria descendente anterior o de la circunfleja, así como complejas lesiones en bifurcaciones que no sean susceptibles de tratar con *stent*.

*Extracción con aterectomía transluminal*. Es un sistema que simultáneamente corta y aspira la placa de ateroma, mediante dos cuchillas dispuestas en el borde de un microtubo flexible instalado distalmente a un catéter. En el extremo distal del catéter existe una unidad para movilizar la cuchilla, y un sistema de aspiración mediante vacío. Su papel en la práctica clínica es controvertido, y se necesitan nuevos estudios. Quizá tendría cierto papel en las lesiones de injertos de safena de longitud inferior a 30 mm o como adyuvante a la angioplastia con balón en los síndromes coronarios agudos.

*Aterectomía rotacional*. Consta de un dispositivo que consigue rotar a gran velocidad una "pepita" ovoidea que tiene una superficie rugosa y consigue pulverizar la placa de ateroma en minúsculas porciones que se envían hacia la circulación coronaria distal. Su utilidad admitida se reduce a las lesiones calcificadas, a lesiones imposibles de dilatar, lesiones ostiales, y lesiones con bifurcaciones. Está contraindicada en lesiones con trombo, lesiones de longitud mayor de 25 mm y lesiones en injertos de safena.

El tratamiento con láser intracoronario puede evaporar y descargar la placa de ateroma. Su uso no se ha extendido apenas, y debe limitarse a lesiones no favorables para la angioplastia con balón u otros dispositivos.

*Radioterapia intracoronaria basada en catéteres*. En los últimos 4 años se han examinado los efectos de la radioterapia, con partículas beta o gamma sobre la reducción de la reestenosis coronaria. Se ha estudiado tras realizar angioplastia con balón, o tras implantar un *stent* convencional. La radioterapia se ha administrado con un catéter irradiante, unido o no a un balón con forma de espiral cuya misión es centrar la fuente irradiadora en la luz coronaria. Aunque los resultados iniciales eran prometedores, se han detectado complicaciones a largo plazo, como la reestenosis y trombosis tardías o la aparición de aneurismas. Su uso parece reservado a los pacientes con reestenosis de lesiones tratadas, o en los que se prevé un alto índice de reestenosis, exclusivamente en centros experimentados.

#### Cateterismos en otras cardiopatías

##### *Valvuloplastia mitral*

En muchos casos permite demorar durante años la cirugía de recambio valvular por estenosis mitral. A través de un acceso venoso femoral, que alcanza la aurícula derecha, y mediante una aguja transseptal se introduce en la aurícula izquierda, situando el

balón de valvuloplastia en la válvula mitral, para su posterior dilatación. Las contraindicaciones son la trombosis auricular izquierda, la regurgitación mitral grados III o IV, la calcificación masiva o de ambas comisuras, las lesiones coronarias graves que requieran cirugía de pontaje aortocoronario, y la asociación con valvulopatía aórtica grave o con estenosis y regurgitación tricuspídea grave.

#### *Valvuloplastia aórtica*

En el niño y el adulto joven con estenosis aórtica valvular congénita con gradiente pico sistólico superior a 50-65 mmHg, la valvuloplastia aórtica con balón reduce de forma significativa el gradiente, sin aumentar el grado de regurgitación aórtica en la mayoría de los casos. En el adulto con estenosis aórtica grave, la valvuloplastia aórtica es un procedimiento paliativo con complicaciones cercanas al 10% en manos expertas. Las indicaciones se reducen a los pacientes con estenosis aórtica grave y sintomática que no son tributarios de cirugía, sobre todo octogenarios o pacientes con inestabilidad hemodinámica.

#### *Valvuloplastia pulmonar*

La valvuloplastia pulmonar con balón reduce de forma significativa la obstrucción en el tracto de salida del ventrículo derecho, con gradientes residuales ligeros a intermedios. Es el tratamiento de elección para los neonatos, niños y adultos con estenosis valvular pulmonar aislada, fundamentalmente si el gradiente pico sistólico es superior a 40 mmHg en presencia de un gasto cardíaco normal.

#### *Stents aórticos y pulmonares*

Se están empezando a utilizar con éxito las dilataciones percutáneas con balón, y en muchos casos el implante de *stents* expandibles con balón en pacientes con estenosis o hipoplasia de la arteria pulmonar, y en los pacientes con coartación aórtica.

#### *Dispositivos de cierre de shunts*

Para el tratamiento de comunicaciones intraauriculares, tipo *ostium secundum* y de comunicaciones interventriculares, se han desarrollado dispositivos con forma de doble paraguas, que permiten su cierre percutáneo evitando la cirugía. También se han desarrollado dispositivos para cerrar los ductus arteriosos persistentes refractarios al tratamiento farmacológico con antiinflamatorios no esteroides.

#### *Otros procedimientos*

Incluyen los dispositivos de cierre la pericardiotomía percutánea para los pacientes con derrame pericárdico y taponamiento, o la ablación transluminal percutánea del septo miocárdico en pacientes con miocardiopatía hipertrófica obstructiva, entre otros.

#### **Bibliografía**

1. Swan HJ, Ganz W, Forrester JS, et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med* 1970;283:447.
2. Zimmerman HA, Scott RW, Becker NO. Catheterization of the left side of the heart in man. *Circulation* 1950;1:357.
3. Sones FM Jr, Shivey EK, Proudfoot WL, Westcott RN. Cinecoronary arteriography. *Circulation* 1959;20:773.
4. Charles J, Davidson, Robert F, Fishman, Robert O, Bonow. Cateterismo cardíaco. En: Braunwald, editor. Tratado de cardiología. 5.<sup>a</sup> ed. Vol 1; p. 191.
5. TIMI Study Group. The Trombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) trial: phase I findings. *N Engl J Med* 1985;312:932.
6. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología. Madrid: Sociedad Española de Cardiología, 2000; p. 861-4.
7. Smith SC Jr, Dove JT, Jacobs AK, et al. ACC/AHA guidelines for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the 1993 Guidelines for Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty). *J Am Coll Cardiol* 2001;37:2239.
8. Campeau L. Grading of angina pectoris. *Circulation* 1976;54:522-3.
9. Grading of recommendations and levels of evidence used in evidence based cardiology. En: Yusuf S, Cairns JA, Camm AJ, Fallen EL, Gersh BJ, editors. Evidence base cardiology. London: BMJ Books, 1998; p. 525-75.