

# CARDIOLOGÍA

---

## CATETERISMO CARDÍACO DIAGNÓSTICO.

**Solano-López Morel, Jorge.**

Coordinador: **Fernández Avilés Día, Francisco**



## **1 Introducción.**

## **2 Cateterismo cardíaco izquierdo.**

### **2.1** Coronariografía. Angiografía coronaria invasiva.

#### **2.1.1** Indicaciones.

#### **2.1.2** Preparación y técnica.

#### **2.1.3** Hallazgos e interpretación angiográficas.

### **2.2** Pruebas diagnósticas complementarias intracoronarias.

#### **2.2.1** Valoración funcional invasiva de las lesiones coronarias.

#### **2.2.2** Pruebas de imagen intracoronaria.

### **2.3** Estudios de microcirculación coronaria. Test de vasorreactividad coronaria.

### **2.4** Valoración hemodinámica. Angiografía. Cinefluoroscopia.

#### **2.4.1** Valoración hemodinámica de la estenosis aórtica.

#### **2.4.2** Angiografía. Ventriculografía.

#### **2.4.3** Cinefluoroscopia.

## **3 Cateterismo cardíaco derecho.**

### **3.1** Técnica.

### **3.2** Oximetría.

### **3.3** Gasto cardíaco.

### **3.4** Hipertensión pulmonar.

### **3.5** Cateterismo cardíaco derecho y trasplante pulmonar.

### **3.6** Miocardiopatía restrictiva y pericarditis constrictiva.

### **3.7** Estudio en cardiopatías congénitas.

## **4 Biopsia endomiocárdica.**

### **4.1** Indicaciones.

### **4.2** Técnica.

## **5 Bibliografía.**

## 1. Introducción

---

El estudio invasivo de la anatomía y hemodinámica cardiovascular mediante el cateterismo cardíaco ha presentado un considerable desarrollo desde que, en 1929, el Dr. Forssmann se practica a sí mismo un cateterismo cardíaco derecho utilizando un catéter ureteral a través de una vena antecubital. A partir de entonces, la necesidad de interpretar a fondo las estructuras y fisiopatología cardiovascular junto con los avances tecnológicos de los materiales han hecho que esta técnica evolucione hasta convertirse en una piedra angular del estudio de las enfermedades del corazón.

En el presente capítulo desarrollaremos las principales modalidades de estudio mediante cateterismo cardíaco; izquierdo y derecho, sus indicaciones según las guías de práctica clínica vigentes, su técnica, complicaciones, entre otros factores relevantes que conciernen al procedimiento.

## 2. Cateterismo cardíaco izquierdo

---

El cateterismo cardíaco izquierdo implica el estudio de las estructuras y hemodinámica del lado izquierdo del corazón, mediante un abordaje por vía retrógrada a través de un acceso vascular arterial periférico.

### 2.1. Coronariografía. Angiografía coronaria invasiva

---

Por la relevancia que ha representado en el estudio e interpretación de la cardiopatía isquémica y su extensión en todos los laboratorios de hemodinámica alrededor del mundo, iniciaremos abordando la angiografía coronaria diagnóstica invasiva (ACI).

#### 2.1.1. Indicaciones

El primer paso antes de la realización de una ACI es asegurar su correcta indicación clínica y descartar posibles contraindicaciones. A pesar de ser un procedimiento seguro, no se debe olvidar su naturaleza invasiva y el riesgo de complicaciones (mortalidad global de 0,098%).

La finalidad de la ACI es realizar un correcto diagnóstico de enfermedad arterial coronaria (EAC), hacer una estimación del riesgo y planificar (en caso de ser necesaria) la estrategia de revascularización mediante cirugía o intervencionismo percutáneo.

En la **Tabla 1** se exponen las indicaciones de ACI según las últimas guías de práctica clínica de la Sociedad Europea de Cardiología con sus respectivas clases de recomendación y niveles de evidencia. Se reservan las indicaciones en el contexto del síndrome coronario agudo sin elevación del ST, infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST y parada cardiorrespiratoria para los capítulos dedicados. Todas las contraindicaciones para la realización de una ACI son relativas. Debe sopesarse en cada paciente los potenciales riesgos y beneficios derivadas de la misma, la posibilidad de postergarla o bien reemplazar por alguna alternativa diagnóstica no invasiva.

Debemos destacar la reducción en la recomendación de ACI en pacientes con insuficiencia cardíaca y fracción de eyección reducida con probabilidad pretest intermedia a alta y la presencia de isquemia en las pruebas no invasivas (IIB, B). Esta recomendación viene dada por los resultados del ensayo STICH<sup>1</sup> en el que se evidenció una falta de beneficio pronóstico de la revascularización quirúrgica en cuanto a mortalidad en esta población.

Así mismo, en pacientes con síndrome coronario crónico, la estrategia inicialmente invasiva ha perdido protagonismo hacia una valoración inicial con pruebas de imagen no invasivas y un ensayo terapéutico con antianginosos. Esta actitud clínica ha ganado relevancia tras los resultados del ensayo ISCHEMIA<sup>2</sup> recientemente publicado en el que, entre los pacientes con enfermedad coronaria estable e isquemia moderada o grave, no se ha encontrado evidencia de que una estrategia invasiva inicial, en comparación con una estrategia conservadora, redujera el riesgo de eventos cardiovasculares isquémicos o de muerte por cualquier causa tras una mediana de seguimiento de 3,2 años.

Los pacientes que vayan a ser sometidos a una ACI deben ser informados de los beneficios y riesgos, así como de las posibles consecuencias terapéuticas, antes del procedimiento.

Recomendación	Clase de recomendación	Nivel de evidencia
La ACI se recomienda como prueba alternativa para diagnosticar la EAC en pacientes con una alta probabilidad clínica, síntomas severos refractarios a la terapia médica o angina típica a bajo nivel de ejercicio, y evaluación clínica que indique un alto riesgo de eventos. La evaluación funcional invasiva debe estar disponible y utilizarse para evaluar las estenosis antes de la revascularización, a menos que sea de muy alto grado (estenosis de diámetro >90%) <sup>3</sup>	I	B
La ACI con la disponibilidad de una evaluación funcional invasiva debe considerarse para confirmar del diagnóstico de EAC en pacientes con un diagnóstico incierto en las pruebas no invasivas <sup>3</sup>	Ila	B
En pacientes sintomáticos con un perfil clínico de alto riesgo, se recomienda la ACI complementada con una guía fisiológica invasiva (FFR) para la estratificación del riesgo cardiovascular, especialmente si los síntomas no responden adecuadamente al tratamiento médico y se considera la posibilidad de revascularización para mejorar el pronóstico <sup>3</sup>	I	A
En pacientes que reciban tratamiento médico con síntomas leves o inexistentes, se recomienda la ACI complementada con una valoración fisiológica (FFR/iwFR), en los que la estratificación de riesgo no invasiva indica un alto riesgo de eventos y se considera la revascularización para mejorar el pronóstico <sup>3</sup>	I	A
La ACI complementada con una guía fisiológica invasiva (FFR) debe considerarse con fines de estratificación de riesgo en pacientes con resultados no concluyentes o contradictorios de las pruebas no invasivas <sup>3</sup>	Ila	B

**Tabla 1a.** Indicaciones de la angiografía coronaria invasiva según las guías de la Sociedad Europea de Cardiología.

**RECUERDA**

La finalidad de la arteriografía coronaria invasiva es realizar un correcto diagnóstico de enfermedad arterial coronaria, valorar su extensión y orientar la estrategia de revascularización en caso de ser necesaria.

Recomendación	Clase de recomendación	Nivel de evidencia
Se recomienda reevaluar el estado de la EAC en los pacientes con deterioro de la función sistólica del ventrículo izquierdo que no pueda atribuirse a una causa reversible (por ejemplo, taquicardia de larga duración o miocarditis) <sup>3</sup>	I	C
Se recomienda realizar una ACI antes de la cirugía valvular en pacientes con cualquiera de los siguientes: - Antecedentes de cardiopatía isquémica - Sospecha de isquemia miocárdica - Disfunción sistólica del ventrículo izquierdo - En hombres >40 años y mujeres posmenopáusicas - Uno o más factores de riesgo cardiovascular <sup>4</sup>	I	C
La ACI se recomienda en la evaluación de la regurgitación mitral secundaria moderada a grave <sup>4</sup>	I	C
La ACI puede considerarse en pacientes con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida con una probabilidad pretest de EAC intermedia a alta y la presencia de isquemia en las pruebas de esfuerzo no invasivas <sup>5</sup>	IIb	B
La ACI no se recomienda únicamente para la estratificación del riesgo <sup>3</sup>	III	C

**Tabla 1b.** Indicaciones de la angiografía coronaria invasiva según las guías de la Sociedad Europea de Cardiología.

Hay que hacer una breve mención con respecto a la angiografía coronaria invasiva en el contexto de los estudios previos al implante valvular aórtico transfemoral (*TAVI por sus siglas en inglés*). En las guías ESC 2021 de valvulopatías consideran *esencial* una coronariografía antes de dicho procedimiento. Por otro lado, no se recomienda el cateterismo retrógrado del ventrículo izquierdo a menos que existan síntomas y signos de estenosis aórtica grave y los estudios no invasivos no sean concluyentes.

### RECUERDA



La ratio Contraste total/Tasa de filtrado glomerular no debe superar el valor de 3,7.

Ergometría convencional	Mortalidad cardiovascular >3% según la escala de Duke
SPECT/PET de perfusión	Área de isquemia ventricular izquierda ≤10%
Ecocardiograma de estrés	Hipoquinesia/aquinesia ≤3 de los 16 segmentos.
Resonancia magnética cardíaca	≤2 de 16 segmentos con defectos de perfusión por estrés o ≤3 segmentos disfuncionales inducidos por dobutamina
Tomografía computarizada cardíaca	Enfermedad de tres vasos con estenosis proximales, enfermedad del tronco coronario izquierdo o de la descendente anterior proximal

**Tabla 2.** Definiciones de alto riesgo de eventos cardiovasculares para las diferentes modalidades de prueba en pacientes con síndromes coronarios crónicos establecidos<sup>3</sup>.

## 2.1.2. Preparación y técnica

### Nefropatía inducida por contraste

La nefropatía inducida por contraste se define como un aumento absoluto ( $\geq 0,5$ mg/dl) o relativo ( $\geq 25\%$ ) de la creatinina sérica en 24-72 h posexposición al medio de contraste. En todo paciente candidato a una ACI se debe considerar el riesgo de nefropatía inducida por contraste<sup>4</sup>, sobretodo pacientes con ciertos factores como enfermedad renal crónica, edad avanzada, diabéticos, bajo peso, sexo femenino (Clase I, Nivel B). En pacientes con enfermedad renal crónica estadios moderado a severo (estadios 3B y 4 de la National Kidney Foundation) se recomienda la utilización de contrastes hipo-iso osmolares (Clase I, Nivel A)<sup>6</sup>. La ratio Contraste total/Tasa de filtrado glomerular no debe superar el valor de 3,7 (Clase I, Nivel B).

Se recomienda la correcta hidratación en general (Clase I, Nivel A) aunque aquellos con enfermedad renal crónica en quienes se espera utilizar más de 100 mL de contraste se recomienda prehidratación con suero salino fisiológico 1 mL/kg/h desde 12 horas antes hasta 24 horas después del procedimiento (0,5 mL/kg/hora si la FEVI  $\geq 35\%$  o NYHA >2. Clase IIa, Nivel C). Como medida complementaria como profilaxis de nefropatía por contraste debe considerarse el *pretratamiento* con Atorvastatina 80 mg o Rosuvastatina 20/40 mg en pacientes sin tratamiento previo con estatinas (Clase IIa, Nivel A)<sup>6</sup>.

### Acceso vascular

Con respecto al acceso vascular, se recomienda la utilización del abordaje vía radial antes que el femoral por su menor riesgo de complicaciones (Clase I, Nivel A)<sup>6</sup>. Sin embargo, el beneficio del acceso radial sobre el femoral depende de la experiencia del operador en la técnica radial. Se puede recurrir al acceso femoral en casos en los que aspectos técnicos de una intervención coronaria percutánea lo requiera.

## Técnica

Para la realización de una correcta coronariografía existen catéteres diagnósticos preformados para sondear selectivamente el tronco coronario izquierdo y la coronaria derecha. A través de estos se inyecta el contraste obteniendo un *luminograma* coronario. Las inyecciones deben realizarse en distintas angulaciones evitando superposición de vasos o el acortamiento de segmentos. Así mismo es posible realizar la angiografía de puentes aorto coronarios y de arteria mamaria interna a coronaria en pacientes con revascularización quirúrgica previa.

Para la realización de una ACI por vía femoral es suficiente la administración de 2500 UI de heparina no fraccionada, aunque en casos de acceso por vía radial, con el fin de evitar la trombosis de esta, pueden ser necesarias dosis superiores de hasta 5000 UI. Si el procedimiento se prolonga puede ser preciso administrar dosis adicionales guiadas mediante una prueba rápida de tiempo de coagulación activado.

### 2.1.3. Hallazgos e interpretación angiográficas

Una vez obtenidas las imágenes, en caso de presentar EAC debemos definir la localización de las lesiones, severidad, extensión y sus características angiográficas.

En la práctica clínica habitual, todavía se sigue utilizando la estimación visual de las lesiones para definir su severidad. Recordemos que este tipo de apreciación está sujeta a errores inherentes de la subjetividad del operador. Según el grado de estenosis se clasifican las lesiones en: a) leves 25-49% b) moderadas 50-74% c) graves 75-89% d) subtotales 90-99% e) oclusivas 100 %. Las lesiones oclusivas pueden ser agudas en el contexto de un infarto con elevación del segmento ST (trombóticas) o bien crónicas por progresión lenta de enfermedad aterosclerótica hasta la obliteración completa de la luz del vaso. En este último escenario se trataría de una oclusión crónica total coronaria.

Aunque clásicamente considerábamos angiográficamente candidatas a revascularización las estenosis coronarias >70-75%, las últimas guías consideran susceptibles de revascularizar “directamente” solo las estenosis >90%. Para aquellas estenosis **intermedias** (40-90%) debería confirmarse su severidad (isquemia) con pruebas funcionales (FFR, iwFR, etc.) de cara a indicar su revascularización<sup>6</sup>. Se abordarán con más detalle las pruebas funcionales más adelante en el presente capítulo.

En algunos casos se puede recurrir a una herramienta denominada QCA (por sus siglas del inglés *Quantitative Coronary Angiography*) que mediante un software realiza una medición más objetiva de la severidad de la lesión en relación con segmentos de referencia proximal y distal donde no exista estenosis.

Además, mediante la angiografía es posible cuantificar el flujo coronario epicárdico mediante la escala del Thrombolysis Myocardial Infarction (TIMI).

- └ Flujo TIMI 3: Arteria normal.
- └ Flujo TIMI 2: El vaso distal se opacifica, pero no tan rápido como el vaso normal.
- └ Flujo TIMI 1: El contraste atraviesa la lesión, pero no opacifica la porción distal del vaso.
- └ Flujo TIMI 0: No hay flujo, arteria completamente ocluida.

#### RECUERDA

Las estenosis coronarias intermedias subsidiarias de realización de un estudio funcional (FFR, iFR) son aquellas con estenosis del 40-90%.

## Oclusión coronaria crónica total

Su define como una estenosis del 100% de una arteria coronaria con un flujo de Trombolisis en Infarto de Miocardio (TIMI) 0 durante más de tres meses (según la angiografía o los síntomas)<sup>7</sup>.

Es habitual que el territorio irrigado previamente por la oclusión coronaria reciba circulación a través de pequeños ramos arteriales colaterales (de 40-200  $\mu\text{m}$ ) desde la misma arteria (homocoronaria) o de la coronaria contralateral (heterocoronaria). Su presencia tiene interés tanto en prevenir la necrosis del miocardio irrigado como terapéutico en la planificación de la intervención coronaria percutánea de la oclusión (inyecciones/abordaje de la oclusión desde la coronaria contralateral). La clasificación tradicional y más extendida de la circulación colateral es la de Rentrop et al que se presenta en la **Tabla 3**.

Clasificación de Rentrop et al.	Definición
0	No se visualizan vasos colaterales que lleguen a la porción distal de la arteria obstruida
1	Ligera visualización de vasos colaterales que llegan a la arteria coronaria receptora
2	Visualización de vasos colaterales con llenado parcial de arterias epicárdicas
3	Visualización de vasos colaterales que llenan completamente el segmento distal a la oclusión arterial coronaria

**Tabla 3.** Definiciones angiográficas de las arterias colaterales que abastecen a las arterias coronarias ocluidas según Rentrop et al.

Del registro multicéntrico japonés deriva una escala llamada *J-CTO score* basada en 494 oclusiones crónicas totales mediante la cual es posible predecir la probabilidad de éxito del cruce de la guía en 30 minutos del procedimiento. Existen otras escalas vigentes, aunque la J-CTO score sigue siendo la más utilizada para anticiparse a la dificultad de intervención de la oclusión crónica total. Sus criterios están basados en 5 variables, cada criterio vale un punto. Mientras más alta la puntuación, más compleja y menos probabilidad de éxito tendrá la angioplastia. Los criterios son:

1. Longitud de la oclusión  $\geq 20$  mm.
2. Muñón tipo romo.
3. Calcificación dentro del segmento de la lesión.
4. Presencia de una angulación  $> 45$  grados dentro de la oclusión.
5. Un intento fallido previo de la ICP de la oclusión.

## Bifurcaciones

Las bifurcaciones coronarias suelen ser asiento habitual de estenosis coronarias, probablemente por el hecho de presentar un flujo sanguíneo no laminar con fuerzas de cizallamiento actuando hacia el endotelio. Este tipo de lesiones representan un reto para el intervencionista ya que la correcta expansión, aposición y cobertura de toda la placa aterosclerótica puede resultar compleja dependiendo del calibre de los vasos y la angulación de la bifurcación. Para definir el tipo de estenosis en la bifurcación, según afecte a la porción proximal-distal del vaso principal y el vaso secundario, Medina et al<sup>8</sup> han propuesto la clasificación más extendida en la actualidad. Se trata de una clasificación binaria de tres números, donde el 0 (cero) corresponde a ausencia de placa aterosclerótica y el 1 (uno) corresponde a afectación aterosclerótica con estenosis  $> 50\%$ . El primer número corresponde a la porción proximal del vaso proximal, el segundo número al segmento distal del vaso principal y el tercer número a la porción proximal del vaso secundario. Por dar un ejemplo, en una bifurcación en la que está afectada la descendente anterior (vaso principal) en su segmento proximal a la bifurcación, con segmento distal de descendente anterior sin lesión y una placa significativa en el ostium de un ramo diagonal (vaso secundario), la clasificación de Medina sería un 1-0-1.

## Complejidad anatómica de las lesiones coronarias

En pacientes con enfermedad significativa (>50%) multivaso ( $\leq 2$  vasos de >1.5 mm de diámetro) y/o del tronco común está recomendada la realización de una valoración mediante la puntuación SYNTAX con fines pronósticos y de cara a planificar una estrategia de revascularización quirúrgica o percutánea (Clase I, Nivel B)<sup>6</sup>. Esta escala asigna una puntuación en función de la extensión y características anatómicas de la enfermedad coronaria.

En la cohorte del ensayo SYNTAX, y posteriormente en cohortes de validación externas, la puntuación SYNTAX resultó ser un predictor independiente de eventos cardíacos, cerebrovasculares y de muerte a largo plazo en pacientes tratados con intervención coronaria percutánea (ICP)<sup>9,10</sup>. Mientras más alta la puntuación, mayor es la probabilidad de presentar eventos y mejores los resultados de la revascularización quirúrgica sobre la percutánea. Profundizaremos más sobre este tema en el capítulo dedicado a ICP.

Existe una escala SYNTAX II derivada de la cohorte del estudio SYNTAX con validación externa, que incluye variables clínicas además de las anatómicas para su cálculo. No obstante, en comparación con la puntuación SYNTAX, su valor para asignar a los pacientes a la ICP o cirugía está menos estudiado.

## 2.2. Pruebas diagnósticas complementarias intracoronarias

### 2.2.1. Valoración funcional invasiva de las lesiones coronarias

La revascularización coronaria debería estar guiada por la clínica e idealmente por la isquemia. No es infrecuente encontramos con un paciente en el laboratorio de hemodinámica con una lesión de dudosa severidad (40-90%) sin una prueba de demostración de isquemia previa. Además, también nos encontramos pacientes con enfermedad multivaso ( $\leq 2$  vasos principales) con pruebas de detección de isquemia que no consiguen dilucidar con claridad el vaso culpable de la isquemia inducida.

Por lo anterior, las guías actuales recomiendan la realización de una valoración funcional de las estenosis coronarias que presenten una severidad del 40-90% por estimación visual<sup>6</sup> (**Tabla 4**).

### FFR (Fractional Flow Reserve). Índice de presión hiperémico

El FFR es la prueba invasiva con más evidencia científica hasta la fecha. Es una prueba basada en la medición de la presión distal (Pd) dividida por la presión en la aorta proximal (Pa) en situación de máxima hiperemia. Esta hiperemia se induce farmacológicamente con Adenosina o Regadenosón. El punto de corte para asumir una lesión coronaria como significativa y tratarla (ICP o cirugía) es de  $\leq 0,80^8$ . Varios ensayos y un metaanálisis han demostrado el excelente valor predictivo negativo de este punto de corte para descartar eventos clínicos<sup>11,12</sup>. Con un FFR >0,80 puede aplazarse ICP con seguridad y es suficiente un tratamiento médico óptimo. Según las guías, cuando no se dispone de pruebas de isquemia, la FFR o la iwFR (se comentará más adelante) se recomiendan para evaluar la relevancia hemodinámica de la estenosis de grado intermedio (Clase I, Nivel A). Así mismo la ICP guiada por la FFR debe considerarse en pacientes con enfermedad multivaso (**Tabla 4**) que se someten a una ICP (Clase IIa, Nivel B)<sup>6</sup>.

Recomendación	Clase de recomendación	Nivel de evidencia
Cuando no se dispone de pruebas de isquemia, la FFR o la iwFR se recomiendan para evaluar la relevancia hemodinámica de la estenosis de grado intermedio <sup>3</sup>	I	A
La ICP guiada por la FFR debe considerarse en pacientes con enfermedad multivaso <sup>3</sup>	Ila	B
En los pacientes sintomáticos con un perfil clínico de alto riesgo, se recomienda la ACI complementada con una guía fisiológica invasiva (FFR) para la estratificación del riesgo cardiovascular, especialmente si los síntomas no responden adecuadamente al tratamiento médico y se considera la posibilidad de revascularización para mejorar el pronóstico <sup>3</sup>	I	A

**Tabla 4.** Recomendaciones de las guías de la Sociedad Europea de Cardiología para la valoración funcional invasiva de las lesiones coronarias.

## Índices de presión no hiperémicos

En los últimos años han surgido varios índices de presión Pd/Pa sin inducir hiperemia. La finalidad de estos es ganar tiempo y evitar posibles efectos secundarios atribuibles a la hiperemia. En las guías actuales se cita al instant wave-free Ratio (iwFR) como alternativa y/o complemento al FFR. Esta se basa en la teoría de que durante la diástole existe un periodo libre de ondas que equivale a la máxima hiperemia. No obstante, se ha demostrado que este concepto de periodo libre de ondas no existe y además depende del grado de hiperemia. A raíz de esto han surgido otros índices no hiperémicos como el dPR o el RFR con suficiente concordancia con el iwFR (**Imagen 1**) que analizan la diástole completa o todo el ciclo cardíaco. El punto de corte para asumir una lesión como significativa para los índices no hiperémicos es  $\leq 0,89$ . Globalmente todos estos índices presentan una precisión diagnóstica del 80% en comparación con el FFR.

### RECUERDA



Los puntos de corte de positividad/patológico para la FFR es  $\leq 0,80$  y de iFR  $\leq 0,89$ .



**Imagen 1.** Guías de presión intracoronaria. RFR y FFR negativas para una misma lesión - Fuente elaboración propia.



## 2.2.2. Pruebas de imagen intracoronaria

### IVUS (intravascular ultrasound)

El IVUS es en la actualidad la herramienta de diagnóstico intravascular más extendida en el ámbito de la hemodinámica. Tienen la ventaja por sobre la ACI que consiguen analizar más allá de la luz del vaso, identificando en una escala de grises la composición de la pared del vaso. Los distintos tipos de placa que es capaz de discernir se clasifican en: a) blanda b) fibrosa c) calcificada d) mixta (**Imagen 2**). En general la resolución axial de la IVUS es de aproximadamente 100  $\mu\text{m}$  y la resolución lateral es de 250  $\mu\text{m}$ . Así mismo mediante el IVUS se ha conseguido profundizar el estudio de la severidad de lesiones de difícil valoración mediante angiografía (lesiones ostiales, bifurcaciones, defectos lumbinales, disecciones coronarias, etc). Esta cuantificación de la severidad se realiza comparando el área luminal mínima del segmento estenótico con el área de los segmentos sanos proximal y distal. El grado de estenosis se expresa en porcentaje o en valor absoluto ( $\text{mm}^2$ ). No existe aún un consenso acerca del punto de corte de severidad de las lesiones, pero los más aceptados son un área luminal mínima de  $<6 \text{ mm}^2$  para el tronco coronario y de  $<4 \text{ mm}^2$  para el resto de los vasos epicárdicos (principales). Aunque donde más ha aportado el IVUS ha sido en el campo de la ICP, tanto en el estudio previo de las características de la placa aterosclerótica a tratar, como en la optimización de los stents implantados.

Existen dos modelos de catéteres de IVUS; el mecánico rotacional, que presenta un cristal piezoeléctrico cerca de la punta del catéter y va girando a 1800 rpm generando una imagen axial del vaso. El otro modelo es el electrónico que presenta en su segmento distal 64 transductores cuyas imágenes parciales se reconstruyen digitalmente por el software del sistema. En general la resolución de los sistemas rotacionales es mejor. La penetrabilidad de la imagen con la última generación de IVUS rotacionales puede llegar hasta los 6 mm.

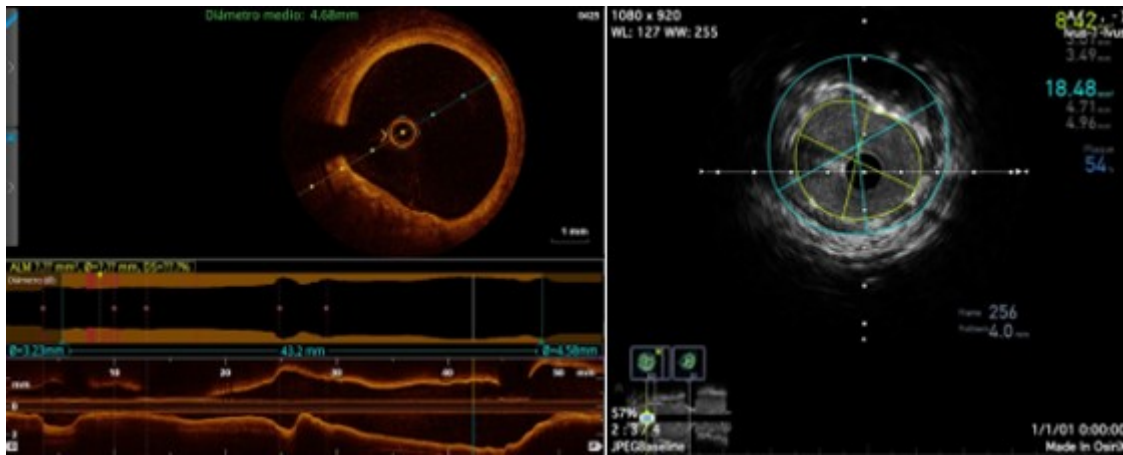
#### RECUERDA



El punto de corte de severidad en las estenosis del tronco común valorado por IVUS es de  $<6 \text{ mm}^2$ .

### OCT (Optical coherence tomography)

La OCT es otra herramienta de imagen intracoronaria extendida en la actualidad. Se basa en la generación de imágenes a partir de un catéter intracoronario generador de luz infrarroja consiguiendo una resolución diez veces superior al IVUS (**Imagen 2**). Mediante la OCT es posible visualizar con mayor fidelidad las características de las placas ateroscleróticas distinguiendo sus componentes lipídico, fibroso, calcificado y aquellas placas más vulnerables por su material lipídico en íntima relación con el endotelio (*thin cap fibro atheroma*). Además, ofrece mejor capacidad para identificar trombos intravasculares, disecciones, stents infraexpandidos o con mala aposición. Al igual que el IVUS, el OCT cuenta con su recomendación en las guías para la detectar posibles problemas mecánicos relacionados con el stent y en la optimización de su implante (**Tabla 5**). Como desventaja frente al IVUS tiene menor capacidad de penetración axial y la necesidad de tener que utilizar entre 15-20 mL de contraste yodado para la generación de imágenes durante el *pullback* del catéter.



**Imagen 2.** Pruebas de imagen intracoronaria. A. Tomografía de coherencia óptica (OCT). Placa de ateroma fibrolipídica con thin cap fibroatheroma a las 8 pm de la imagen axial. B. Ultrasonido intravascular (IVUS) se objetiva una lesión en el tronco coronario distal no significativa con un área luminal mínima de 8,4 mm<sup>2</sup> y una carga de placa del 54% - Fuente elaboración propia.

Recomendación	Clase de recomendación	Nivel de evidencia
El IVUS debe considerarse para evaluar la gravedad de las lesiones del tronco izquierdo no protegidas <sup>6</sup>	Ila	B
Debe considerarse la posibilidad de utilizar la IVUS y/o la OCT para detectar problemas mecánicos relacionados con el stent que conduzcan a la reestenosis <sup>6</sup>	Ila	C
El IVUS o la OCT deben considerarse en pacientes seleccionados para optimizar el implante de stents <sup>6</sup>	Ila	B
El IVUS debe considerarse para optimizar el tratamiento de las lesiones en tronco coronario no protegido <sup>6</sup>	Ila	B

**Tabla 5.** Recomendaciones de las guías de la Sociedad Europea de Cardiología para la realización de estudios de imagen intracoronaria.

## 2.3. Estudios de microcirculación coronaria. Test de vasorreactividad coronaria

La circulación coronaria presenta la particularidad de tener necesidades basales de oxígeno 20 veces superior a la del músculo esquelético por lo que recurre a extracciones de hasta el 80% del oxígeno transportado por la hemoglobina. Además, el riego miocárdico se lleva a cabo casi exclusivamente durante la diástole. Para que esta función pueda llevarse a cabo con normalidad, el corazón presenta un sistema de autorregulación de flujo coronario dependiente de la contracción/relajación de las pre-arteriolas coronarias quienes se encargan de mantener un flujo constante frente a distintas condiciones de presión arterial, frecuencia cardíaca y demanda de oxígeno miocárdico (durante el ejercicio físico).

Ante el aumento de demanda de oxígeno, la autorregulación coronaria es capaz de aumentar hasta 5 veces el flujo coronario. Esta capacidad de aumentar el flujo se denomina reserva de flujo coronario (CRF por sus siglas en inglés).

La autorregulación coronaria se encuentra controlada por factores sistémicos como el sistema adrenérgico, hormonas circulantes, así como por sustancias autacoides locales del endotelio como el óxido nítrico (vaso dilatación), prostaciclina (vaso dilatación), endotelina (vaso constricción). Cuando por factores de riesgo como la hipertensión, dislipemia, tabaquismo y otros mecanismos locales como la fuerza de cizallamiento el endotelio pierde su capacidad de mantener el balance entre vasoconstricción y relajación hablamos de disfunción endotelial. Esta condición hace que el árbol coronario sea incapaz en diferentes medidas de responder al aumento de demanda de flujo coronario en situaciones de estrés pudiendo provocar vaso constricción macro y microvascular con la consiguiente isquemia coronaria. Así mismo, la disfunción endotelial es el precursor de la formación de placas de ateroma y con suficiente evidencia actual sobre el impacto pronóstico negativo a largo plazo.

La evidencia científica acerca del estudio de la microcirculación va ganando poco a poco terreno en el escenario de angina con arterias coronarias epicárdicas normales (ANOCA), la isquemia con coronarias normales (INOCA) y el infarto de miocardio con arterias coronarias normales (MINOCA). Las últimas guías de síndrome coronario crónico recomiendan la realización de estudios de microcirculación y reserva de flujo coronario en pacientes con síntomas de angina persistente quienes presenten coronarias normales o con lesiones intermedias con FFR o iwFR negativos (Clase IIa, Nivel B)<sup>3</sup>. Así mismo recomiendan la realización de pruebas de vasorreactividad con Acetilcolina (Ach) en el mismo grupo de pacientes cuando se sospeche vasoespasma coronario (Clase IIb, Nivel B).<sup>3</sup>

Para la prueba de vasorreactividad coronaria<sup>13</sup>, se realiza una infusión intracoronaria lenta de Ach a dosis crecientes, monitorizando la respuesta angiográfica, clínica y electrocardiográfica. En condiciones normales se produciría una vasodilatación con respecto a la angiografía basal, con ausencia de clínica ni cambios en la repolarización. Cuando existe disfunción endotelial se reproducen paradójicamente distintos grados de vasoconstricción epicárdica y a nivel de la microcirculación, reproduciéndose síntomas anginosos y/o cambios en la repolarización del ECG. Cuando la vasoconstricción epicárdica supera el 90% del diámetro basal se atribuye la clínica a angina vasoespástica. Cualquier grado de estenosis luminal inferior a 90% se califica como disfunción endotelial, sin existir hasta la fecha unanimidad de criterios para que el espasmo que se considere significativo. La vasoconstricción producida por Ach revierte casi siempre con bolos intracoronario de nitroglicerina (200 mcg).

Para el estudio de la microcirculación, es necesaria la colocación de una guía intracoronaria capaz de medir la presión intracoronaria y la temperatura. Mediante estas guías y con bolos de suero fisiológico a temperatura ambiente se realizan las mediciones de flujo coronario (termodilución) y presiones basales, y tras la provocación de hiperemia máxima (infusión sistémica de Adenosina). En ausencia de estenosis coronarias epicárdicas será posible medir la CFR (**Valor normal >2**) y del índice de resistencia miocárdica (IMR por sus siglas en inglés. **Valor normal >25**).

## 2.4. Valoración hemodinámica. Angiografía. Cinefluoroscopia

A raíz de los avances tecnológicos que han presentado en los últimos años las pruebas de imagen no invasivas como el ecocardiograma y la resonancia magnética para precisar presiones, flujos y severidad de las valvulopatías, el estudio hemodinámico invasivo izquierdo del corazón ha sido relegado a situaciones en las que la clínica y los resultados de estos estudios resultan discordantes.

### 2.4.1. Valoración hemodinámica de la estenosis aórtica

El diagnóstico de estenosis aórtica grave se realiza de forma habitual mediante ecocardiograma. Este se realiza mediante la ecuación de modificada de Bernoulli (mide el gradiente en mmHg), así como mediante la ecuación de continuidad (mide área en cm<sup>2</sup>). Estas mediciones no están exentas de errores técnicos derivados de una mala alineación del doppler continuo (infraestimación de gradiente) como en la falta de precisión en la medición del tracto de salida del ventrículo izquierdo (infra/sobreestimación del área).

Para la realización de un estudio invasivo preciso es necesaria la realización de mediciones simultáneas mediante dos catéteres de la presión en la aorta ascendente y en el ventrículo izquierdo. De esta manera es posible calcular el gradiente medio transaórtico de forma fiable. De forma alternativa se puede realizar una medición de la diferencia del gradiente *pico-pico* de ventrículo izquierdo y aorta con un mismo catéter realizando dos mediciones en retirada. Si bien este último método se puede aproximar bastante al gradiente medio real, en pacientes con gradientes bajos, disfunción ventricular izquierda o arritmias, se presta a imprecisiones.

También es posible calcular de manera invasiva el área valvular aórtica mediante la ecuación de Gorlin. Para esta ecuación es necesario contar además con una medición del gasto cardíaco

$$AVA \left( cm^2 \right) = \frac{CO(L/min)}{\sqrt{\text{peak LV systolic pressure} - \text{peak aortic systolic pressure} (mmHg)}}$$

## 2.4.2. Angiografía. Ventriculografía

Aunque la angiotomografía computarizada ha ganado territorio en la caracterización de los vasos, la realización de una aortografía es una prueba que resulta útil para objetivar la anatomía de la aorta, alteraciones como coartación aórtica o disecciones. También, a nivel pulmonar, sigue utilizándose en la evaluación sistemática de las cardiopatías congénitas o de la hipertensión pulmonar. En este último contexto, tiene especial importancia la angiografía en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad tromboembólica crónica, detectando la presencia de membranas y oclusiones en las ramas pulmonares lobares y segmentarias y permitiendo la identificación de las zonas para angioplastia.

La ventriculografía también resulta útil para valorar la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, alteraciones segmentarias en la contractilidad y medición en un mismo acto de las presiones de llenado ventricular izquierdo. Resulta práctica para sugerir el diagnóstico de síndrome de Takotsubo (**Imagen 3**) en pacientes inicialmente diagnosticados de infarto con elevación del ST con hallazgo de coronarias normales. También viene siendo relegada por el ecocardiograma, presentando este último la ventaja de ahorrar un volumen no desdeñable de contraste iodado necesario para una ventriculografía.



**Imagen 3.** Ventriculografía realizada tras ACI en un paciente ingresado por un MINOCA. En la imagen se aprecia una aquinesia apical con hipercontractilidad de los segmentos basales típica del síndrome de Takotsubo - Fuente elaboración propia.

La valoración de la severidad de las insuficiencias aórtica y mitral también puede ser estudiada mediante la inyección de contraste. Seller ha propuesto una escala semicuantitativa de la severidad de las insuficiencias valvulares (**Tabla 6**).

Severidad	Hallazgos
Grado 1	La regurgitación es mínima o trivial. El contraste no llega a opacificar por completo la cámara proximal y se lava rápidamente.
Grado 2	La cámara proximal se opacifica moderadamente y el contraste se lava en varios latidos.
Grado 3	La cámara proximal y distal se opacifican por igual en dos o tres latidos.
Grado 4	Intensa opacificación de la cámara proximal a la inyección que puede ser incluso mayor a la cámara en la que se inyecta, prácticamente desde el primer latido.

**Tabla 6.** Valoración de la severidad de las insuficiencias valvulares mediante angiografía invasiva según Seller.

### 2.4.3. Cinefluoroscopia

Finalmente citamos la cinefluoroscopia que resulta especialmente útil y rápida para evaluar la cinética de los discos de una prótesis mecánica disfuncionantes debido a trombosis, pannus o endocarditis. Mediante este estudio es posible ver el grado de apertura y la simetría en el caso de las prótesis bidisco. Además, detecta con rapidez desplazamientos y embolización de dispositivos intracardíacos como los de cierre de defectos del tabique interauricular, orejuela izquierda y leaks paravalvulares.

## 3. Cateterismo cardíaco derecho

A pesar de los avances de las técnicas no invasivas para la estimación de presiones, flujos y volúmenes cardíacos, el cateterismo cardíaco derecho (CCD) sigue representando el *gold standard* para el diagnóstico de la hipertensión pulmonar y una herramienta de inestimable valor para la medición invasiva del gasto cardíaco, valoración de cortocircuitos y una vía de entrada para la realización de la biopsia endomiocárdica<sup>14</sup>.

El mismo puede llevarse a cabo en un paciente estable o bien para monitorización y orientación terapéutica del paciente crítico en situación de shock. A pesar de los resultados desfavorables de estudios realizados en décadas previas, un reciente ensayo observacional ha demostrado que el uso del CCD en el shock cardiogénico se asocia a una mejora de los resultados clínicos y a un mayor uso de las terapias de insuficiencia cardíaca avanzadas posteriores<sup>15</sup>.

Así como el cateterismo izquierdo, se trata de un estudio invasivo con sus posibles complicaciones (mortalidad 0,05%) por lo que requiere el consentimiento informado del paciente tras una adecuada explicación de los riesgos y beneficios derivados del mismo.

### 3.1. Técnica

El abordaje se realiza con anestesia local mediante la técnica de *Seldinger* a través de un acceso venoso periférico pudiendo utilizarse la vena yugular interna, femoral derecha o bien la cefálica o basílica de los miembros superiores.

El catéter más utilizado es el de Swan Ganz, que posee un balón inflable en el extremo distal que posee la finalidad de conseguir un enclavamiento en la circulación pulmonar. Es ideal una guía fluoroscópica para conseguir un adecuado enclavamiento del balón, aunque es posible, sobre todo en las unidades de cuidados intensivos, un posicionamiento guiado por presión.

## 3.2. Oximetría

Se debe realizar una oximetría de la vena cava superior y de la arteria pulmonar. Un salto oximétrico >8% nos llevaría a pensar en un cortocircuito de izquierda a derecha. En este caso se procederá a realizar oximetrías a distintos niveles de la vena cava superior, inferior, aurícula derecha y en ventrículo derecho de cara a localizar con mayor precisión la localización del cortocircuito.

## 3.3. Gasto cardíaco

Existen dos métodos para la medición del gasto cardíaco. La termodilución y el cálculo mediante la ecuación de Fick. Aunque existe bastante correlación entre ambos métodos, el de termodilución tiende a sobreestimar el gasto en pacientes con bajo gasto además de presentar imprecisiones en aquellos con insuficiencia tricuspídea significativa.

El cálculo del gasto mediante el método de Fick se realiza con la siguiente ecuación.

$$\text{Gasto cardíaco} \left( L \left| \min \right. \right) = \frac{\text{consumo de oxígeno (mL/min)}}{(\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2) \times 1,36 \times \text{Hb} \times 10}$$

## 3.4. Hipertensión pulmonar

La hipertensión pulmonar se define como un aumento de la presión arterial pulmonar media (PAPm)  $\geq 20$  mmHg en reposo, evaluado mediante CCD. El significado clínico de una PAPm entre 21 y 24 mmHg hasta 2018 no estaba claro y se consideraba una zona gris con recomendación de seguimiento estrecho<sup>16</sup>, si bien tras el congreso mundial de HP de 2018 este rango presiones se considera ya definitorio de HP (ver Tema 37 de Hipertensión Pulmonar). En la **Tabla 7** reflejamos los valores normales de medida de presión y flujo en las distintas cavidades cardíacas.

Medida	Valor	Rango
Índice cardíaco	3,4 L/min/m <sup>2</sup>	2,8-4,2
Ventrículo izquierdo sístole	120 mmHg	90-140
Ventrículo izquierdo diástole	7 mmHg	4-12
Ventrículo derecho sístole	25 mmHg	20-40
Ventrículo derecho diástole	3 mmHg	2-5
Aurícula izquierda media	7 mmHg	3-13
Presión capilar pulmonar	10 mmHg	6-15
Presión pulmonar sistólica	24 mmHg	15-28
Presión pulmonar diastólica	10 mmHg	5-16
Aurícula derecha media	4 mmHg	1-14
Resistencia vascular pulmonar	<3 Unidades Wood <120 dyn.seg.cm <sup>-5</sup>	
Gradiente transpulmonar medio	<12 mmHg	5-7
Gradiente transpulmonar diastólico	<7 mmHg	3-6
Saturación venosa mixta	70%	67-75%

**Tabla 7.** Valores normales de presión, resistencias y flujo en un estudio hemodinámico cardíaco.

### 3.5. Cateterismo cardíaco derecho y trasplante pulmonar

El CCD es un estudio fundamental en la selección de pacientes candidatos a trasplante cardíaco. Cualquier grado de hipertensión pulmonar y resistencias vasculares pulmonares (RVP) elevadas se asocia a peores resultados. La Sociedad Internacional de Trasplante de Corazón y Pulmón considera que unas RVP >5 unidades Wood (UW) y un gradiente transpulmonar >15 mm Hg contraindican para el trasplante. Se recomienda una prueba vasodilatadora cuando la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP) es >50 mmHg y las RVP es >3 UW y con una presión arterial sistémica >85 mm Hg. Puede realizarse utilizando nitroglicerina, nitroprusiato u óxido nítrico de óxido nítrico inhalado. Si no hay una respuesta adecuada a una prueba vasodilatadora aguda, se debe realizar una nueva evaluación tras un tratamiento mínimo de 24 horas con inótrópos y diuréticos, en un intento de reducir la presión capilar pulmonar y las RVP.

### 3.6. Miocardiopatía restrictiva y pericarditis constrictiva

En la actualidad, los métodos no invasivos de imagen cardíaca han tomado la rienda en el diagnóstico de las miocardiopatías restrictivas y en la pericarditis constrictiva. Aún así, el estudio hemodinámico con cateterismo derecho e izquierdo simultáneos puede aportar información invaluable para la confirmación diagnóstica. Tanto en la pericarditis constrictiva como en las miocardiopatías restrictivas (aunque por distintos mecanismos de alteración de la diástole) es frecuente encontrar la igualación de las presiones telediastólicas ventriculares izquierda y derecha con unas curvas en forma de raíz cuadrada (*dip-and-plateau*). El descenso (*dip*) refleja el llenado diastólico temprano de los ventrículos, junto con las altas presiones de las aurículas en el momento en que las válvulas aurículo-ventriculares se abren (**Imagen 4**). Sin embargo, los ventrículos se llenan rápidamente y de repente se encuentran con las limitaciones de un pericardio o miocardio rígido. Este es el momento en el que los ventrículos alcanzan una meseta (*plateau*). Si bien, ambas entidades pueden presentar el mismo patrón hemodinámico. Existen ciertas particularidades propias de cada una.

1. Igualación de presiones de llenado biventricular en ambas. La restrictiva suele presentar al menos 3-5 mmHg más en el ventrículo izquierdo que en el derecho.
2. Presiones de llenado ventricular >25 mmHg frecuentes en la restrictiva, e infrecuentes en la constrictiva.
3. PSAP >60 mmHg en frecuente en la restrictiva, e infrecuente en la constrictiva.
4. Morfología *dip-and-plateau* casi constante en la constrictiva y variable en las restrictivas.



**Imagen 4.** El cateterismo cardíaco presenta un patrón típico de igualación de presiones diastólicas ventricular izquierda y derecha con la típica morfología de *dip-and-plateau*.

### 3.7. Estudio en cardiopatías congénitas

---

El cateterismo cardíaco en pacientes adultos con cardiopatías congénitas ha aumentado a raíz del mayor número de niños con patologías cardíacas congénitas que alcanzan la adultez. Aunque gran parte de las cardiopatías congénitas pueden ser diagnosticadas mediante estudios de imagen no invasivos, en muchos casos estos últimos no son concluyentes o resultan contradictorios con la clínica. En estos escenarios está indicado un estudio hemodinámico invasivo. El estudio hemodinámico no difiere particularmente con respecto al estudio de las cardiopatías adquiridas, sin embargo, en el contexto de las cardiopatías congénitas la valoración de las presiones, oximetrías, angiografías de las distintas cámaras cardíacas de la circulación pulmonar y sistémica deben ser valoradas exhaustivamente.

Los gradientes de presión son de particular importancia en pacientes con coartación de aorta, obstrucción del tracto de salida del ventrículo derecho, estenosis de los conductos de reparación auriculares después de un switch auricular o cirugía de Fontan. En la coartación de aorta un gradiente pico-pico 20 mmHg se considera hemodinámicamente significativo (en ausencia de colaterales bien desarrolladas).

Las angiografías permiten objetivar la anatomía y severidad de las coartaciones aórticas o estenosis en las cirugías de reparación, la localización de las comunicaciones interventriculares, así como defectos septales subpumorales y el tracto de salida del ventrículo derecho en la Tetralogía de Fallot.

En las cardiopatías congénitas, los cortocircuitos de izquierda a derecha (y en casos más avanzados de derecha a izquierda) son bastante frecuentes. Estos cortocircuitos pueden ser intracardíacos como extracardíacos. Como se ha explicado previamente, para detectar un cortocircuito de izquierda a derecha se deben realizar oximetrías en todas las cavidades derechas, arteria pulmonar y ramas. La cavidad o vaso en donde se objetive un salto oximétrico  $>8\%$  que la cámara previa, localiza el punto de cortocircuito con la circulación sistémica. En situaciones de hipertensión pulmonar, las presiones en cavidades derechas pueden superar a las sistémicas. En este contexto, el cortocircuito se dirigirá de derecha a izquierda. En la práctica clínica habitual, una saturación  $<95\%$  en cualquier cámara cardíaca izquierda indica un cortocircuito de derecha a izquierda hasta que se demuestre lo contrario (en ausencia de enfermedad parenquimatosa pulmonar). Este estudio debe ser completado con un cateterismo cardíaco derecho que confirme la elevación de las presiones pulmonares.

El síndrome de Eisenmenger es el fenotipo más grave de hipertensión pulmonar en las cardiopatías congénitas. Es una situación en la que, como consecuencia de un gran cortocircuito de izquierda a derecha, incrementa el flujo pulmonar y las resistencias vasculares pulmonares hasta que se ecualiza o invierte el paso de flujo, al aumentar la presión derecha por encima de la sistémica. En estos casos los cortocircuitos terminan invirtiendo su sentido (de derecha a izquierda o bidireccionales). La conducta con estos pacientes debe ser evaluada cuidadosamente puesto que la reparación de los cortocircuitos una vez desarrollado un síndrome de Eisenmenger puede resultar contraproducente. El gold estándar para el diagnóstico del síndrome de Eisenmenger es el cateterismo cardíaco invasivo izquierdo y derecho con medición de las presiones y el cálculo de la circulación pulmonar y sistémica ( $Q_p/Q_s$ ). En las ocasiones dudosas en cuanto a la conveniencia del cierre del defecto o shunt puede realizarse un test de oclusión, que consiste en valorar el comportamiento hemodinámico tras la oclusión transitoria utilizando un balón.



## 4. Biopsia endomiocárdica

### 4.1. Indicaciones

Hasta hace pocas décadas, la biopsia endomiocárdica (BEM) se limitaba al diagnóstico del rechazo del injerto del corazón trasplantado. En los últimos años su indicación se ha extendido al diagnóstico de miocardiopatías no isquémicas como las miocarditis virales, miocardiopatías infiltrativas, restrictivas, entre otras. Si bien, la resonancia magnética y la tomografía computarizada han demostrado gran evolución en su capacidad diagnóstica, la BEM sigue representando el gold estándar para la confirmación diagnóstica de muchas patologías. Además de la confirmación diagnóstica, la BEM resulta de utilidad para el tratamiento específico de patologías como la miocarditis de células gigantes, la amiloidosis o la sarcoidosis cardíaca. En la Tabla 8 presentamos las indicaciones de la BEM según el posicionamiento de la ESC/AHA de 2007<sup>17</sup>.

Escenario clínico	Clase de recomendación	Nivel de evidencia
Insuficiencia cardíaca de novo de <2 semanas de evolución, asociada a un VI normal o dilatado y compromiso hemodinámico.	I	B
Insuficiencia cardíaca de novo de 2 semanas a 3 meses de evolución con un VI dilatado y nuevas arritmias ventriculares, BAV de segundo o tercer grado, o fracaso en la respuesta al tratamiento habitual de 1-2 semanas.	I	B
Insuficiencia cardíaca de >3 meses de evolución con VI dilatado y nuevas arritmias ventriculares, BAV de segundo o tercer grado, o fracaso en la respuesta al tratamiento habitual de 1-2 semanas.	Ila	C

**Tabla 8a.** Indicaciones de biopsia endomiocárdica. BAV: bloqueo aurículoventricular, VI: ventrículo izquierdo. Adaptado del posicionamiento de la Sociedad Europea de Cardiología y la Asociación Americana de Cardiología.

Escenario clínico	Clase de recomendación	Nivel de evidencia
Insuficiencia cardíaca con miocardiopatía dilatada de cualquier tiempo de evolución con sospecha de reacción alérgica y/o eosinofilia.	Ila	C
Insuficiencia cardíaca con sospecha de miocardiopatía por antraciclina.	Ila	C
Insuficiencia cardíaca con miocardiopatía restrictiva no aclarada.	Ila	C
Sospecha de tumores cardíacos.	Ila	C
Miocardiopatía no aclarada en edad pediátrica.	Ila	C
Insuficiencia cardíaca de novo de 2 semanas a 3 meses de evolución con un VI dilatado, SIN arritmias ventriculares, BAV de segundo o tercer grado, Y BUENA respuesta al tratamiento habitual de 1-2 semanas.	IIb	B
Insuficiencia cardíaca de >3 meses de evolución con VI dilatado, SIN arritmias ventriculares, BAV de segundo o tercer grado, Y BUENA respuesta al tratamiento habitual de 1-2 semanas.	IIb	C
Insuficiencia cardíaca en pacientes con miocardiopatía hipertrófica no aclarada.	IIb	C
Sospecha de displasia arritmogénica del ventrículo derecho.	IIb	C
Arritmias ventriculares no aclaradas.	IIb	C

**Tabla 8b.** Indicaciones de biopsia endomiocárdica. BAV: bloqueo aurículoventricular, VI: ventrículo izquierdo. Adaptado del posicionamiento de la Sociedad Europea de Cardiología y la Asociación Americana de Cardiología.

No se ha publicado desde entonces una actualización del posicionamiento sobre las indicaciones de BEM, sin embargo, en 2013 el grupo de trabajo de enfermedades miocárdicas y pericárdicas de la Sociedad Europea de Cardiología propone un abordaje más invasivo de los pacientes con miocarditis. En este artículo se sugiere la realización de una BEM a todos los pacientes con miocarditis aguda (diagnosticada según criterios establecidos). El argumento para esta actitud es la baja tasa de complicaciones publicada en centros de referencia y el hecho de que la BEM es la prueba diagnóstica mediante la cual realizaremos con mayor precisión el diagnóstico de miocarditis, identificaremos la etiología y el tipo de inflamación (células gigantes, eosinofílica, sarcoidosis, etc.)<sup>18</sup>.

## 4.2. Técnica

---

Antes de la realización de la BEM debe asegurarse la suspensión de anticoagulantes directos durante las 48 horas previas o bien un INR <1,5 en aquellos pacientes bajo tratamiento con antagonistas de vitamina K. Se debe realizar una ecocardiografía para descartar cualquier grado de derrame pericárdico basal que pueda conducir a un diagnóstico erróneo de perforación cardíaca en situaciones de hipotensión peri o post procedimiento. Resulta útil el estudio previo de la resonancia magnética cardíaca con el fin de dirigir las biopsias a la región ventricular más afectada.

La BEM puede realizarse tanto del ventrículo derecho como del ventrículo izquierdo, según la experiencia del operador y/o la necesidad de estudiar una cámara cardíaca de forma preferente. La BEM biventricular se realiza en algunos centros y existe evidencia de que su realización aumenta la rentabilidad diagnóstica con respecto a la BEM de un único ventrículo. Esto debe sopesarse con el mayor riesgo de complicaciones. Considerando el escaso grosor de la pared libre del ventrículo derecho, su principal complicación es la perforación y taponamiento cardíaco. Es por esto que el sitio de elección para la realización de la BEM sea el septo interventricular. Por el contrario, la BEM del ventrículo izquierdo presenta como complicaciones particulares la rotura de un músculo papilar/cuerda tendinosa con insuficiencia mitral grave aguda y el embolismo sistémico de trombo o la misma muestra biopsiada. Para evitar la afectación del aparato subvalvular mitral se elige la pared posterior del ventrículo izquierdo.

Otras complicaciones son el bloqueo AV permanente, infarto agudo de miocardio, arritmias ventriculares sostenidas y complicaciones vasculares del punto de acceso. En general, la tasa de complicaciones es inferior al 1%.

El abordaje en la BEM de ventrículo derecho se realizará a través de la vena femoral, la cefálica, basílica o la yugular interna. Para la BEM del ventrículo izquierdo se utiliza de forma tradicional la arteria femoral común, aunque se ha publicado recientemente la BEM por vía radial demostrando su factibilidad y seguridad.

Para la extracción de las muestras se utilizan pinzas de biotomo que serán avanzadas hasta el ventrículo correspondiente y orientadas mediante vainas o bien catéteres según la técnica seleccionada. Se recomienda la extracción de un mínimo de 3 muestras (idealmente 6) para aumentar la rentabilidad diagnóstica. En un reciente registro de único centro español, la BEM alcanzó un diagnóstico anatomopatológico definitivo en el 56% de los casos (de manera global).

## 5. Bibliografía

---

1. Velazquez EJ, Lee KL, Deja MA, Jain A, Sopko G, Marchenko A, et al. STICH Investigators. Coronary-artery bypass surgery in patients with left ventricular dysfunction. *N Engl J Med* 2011; 364:1607-1616.
2. Maron DJ, Hochman JS, Reynolds HR, Bangalore S, O'Brien SM, Boden WE, et al. ISCHEMIA Research Group. Initial Invasive or Conservative Strategy for Stable Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2020 Apr 9; 382(15):1395-1407.

3. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes [published correction appears in *Eur Heart J*. 2020 Nov 21;41(44):4242]. *Eur Heart J*. 2020; 41(3):407-477.
4. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2021 Aug 28;ehab395. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395.
5. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2021 Aug 27;ehab368. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368.
6. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization [published correction appears in *Eur Heart J*. 2019 Oct 1;40(37):3096]. *Eur Heart J*. 2019; 40(2):87-165.
7. Stone GW, Kandzari DE, Mehran R, Colombo A, Schwartz RS, Bailey S, et al. Percutaneous recanalization of chronically occluded coronary arteries: a consensus document: part I. *Circulation*. 2005; 112(15):2364-2372.
8. Medina A, Suarez de Lezo J, Pan M. A new classification of coronary bifurcation lesions. *Rev Esp Cardiol* 2006; 59:183.
9. Wykrzykowska JJ, Garg S, Girasis C, de Vries T, Morel MA, van Es GA, et al. Value of the SYNTAX score for risk assessment in the all-comers population of the randomized multicenter LEADERS (Limus Eluted from A Durable versus ERodable Stent coating) trial. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56:272-277.
10. Garg S, Serruys PW, Silber S, Wykrzykowska J, van Geuns RJ, Richardt G, et al. The prognostic utility of the SYNTAX score on 1-year outcomes after revascularization with zotarolimus- and everolimus-eluting stents: a substudy of the RESOLUTE All Comers Trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2011; 4:432-441.
11. Adjedj J, De Bruyne B, Flore V, Di Gioia G, Ferrara A, Pellicano M, et al. Significance of intermediate values of fractional flow reserve in patients with coronary artery disease. *Circulation* 2016; 133:502-508.
12. Zimmermann FM, Omerovic E, Fournier S, Kelbæk H, Johnson NP, Rothenbühler M, et al. Fractional flow reserve-guided percutaneous coronary intervention vs. medical therapy for patients with stable coronary lesions: meta-analysis of individual patient data. *Eur Heart J*. 2019; 40(2):180-186.
13. Gutiérrez E, Gómez-Lara J, Escaned J, Cruz I, Ojeda S, Romaguera R, et al. Assessment of the endothelial function and spasm provocation test performed by intracoronary infusion of acetylcholine. Technical report from the ACI-SEC. DOI: <https://doi.org/10.24875/RECIC.M21000211>
14. Callan P, Clark AL. Right heart catheterisation: indications and interpretation. *Heart*. 2016 Jan; 102(2):147-57.
15. Ranka S, Mastoris I, Kapur NK, Tedford RJ, Rali A, Acharya P, et al. Right Heart Catheterization in Cardiogenic Shock Is Associated With Improved Outcomes: Insights From the Nationwide Readmissions Database. *J Am Heart Assoc*. 2021 Sep 7;10(17).
16. Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, Gibbs S, Lang I, Torbicki A, et al. ESC Scientific Document Group. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J*. 2016 Jan 1; 37(1):67-119.
17. Cooper LT, Baughman KL, Feldman AM, Frustaci A, Jessup M, Kuhl U, et al. The role of endomyocardial biopsy in the management of cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association, the American College of Cardiology, and the European Society of Cardiology Endorsed by the Heart Failure Society of America and the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2007 Dec; 28(24):3076-93.
18. Caforio AL, Pankuweit S, Arbustini E, Basso C, Gimeno-Blanes J, Felix SB, et al; European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of myocarditis: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J*. 2013 Sep; 34(33):2636-48.