

CAPÍTULO V PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICOS



TEMA 18.

CATETERISMO CARDIACO DERECHO E IZQUIERDO. CORONARIOGRAFÍA. PONGOGRAFÍA. VENTRICULOGRAFÍA DERECHA E IZQUIERDA. AORTOGRAFÍA.

*María José Morales Vicente, Mónica Collado Martín, Itxjar López Zarrabeitia.
Unidad de Hemodinámica, Hospital Clínico San Carlos, Madrid.*

18.1 Cateterismo cardíaco.

18.1.1 Introducción.

El cateterismo cardíaco es una exploración invasiva que permite el estudio anatómico y funcional del corazón, los grandes vasos y arterias coronarias mediante la introducción de un catéter en dichas estructuras.

El cateterismo cardíaco puede tener distintas finalidades¹:

- Finalidad diagnóstica: confirma, descarta o aumenta la información que disponemos facilitando la toma de decisiones para adecuar el tratamiento al paciente: coronariografía, cateterismo derecho, etc.

- Finalidad terapéutica: cada vez son más las patologías abordables mediante cateterismo. Ejemplos de procedimientos terapéuticos: angioplastia coronaria, valvuloplastias, implante de prótesis valvular, cierre de foramen oval, etc.

- Finalidad pronóstica: la información proporcionada durante el cateterismo puede determinar el pronóstico a corto, medio o largo plazo: guía de presión, OCT, IVUS.

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. Las técnicas intervencionistas comportan un mayor riesgo de complicaciones que las técnicas diagnósticas. Aunque en la actualidad el riesgo de muerte o complicaciones graves durante un cateterismo diagnóstico es bajo (0,2% -0,5%), debe valorarse el riesgo/beneficio para el paciente en cada caso¹⁻³.

Las complicaciones del cateterismo cardíaco son muy variables y dependen de la situación clínica del paciente, la vía de abordaje, la enfermedad de base y la experiencia y medios del equipo¹⁻³. El tema 55 describe en profundidad las complicaciones en el cateterismo cardíaco y los cuidados de enfermería.

18.1.2 Indicaciones y Contraindicaciones.

Las indicaciones y contraindicaciones del cateterismo cardíaco se desarrollan en el capítulo 9 de este manual. De manera muy general, podemos resumir que el cateterismo cardíaco está indicado para confirmar y determinar la gravedad anatómica y fisiológica de la existencia de enfermedad coronaria, valvular, del miocardio o de los grandes vasos.

No existen contraindicaciones absolutas para realizar un cateterismo, salvo negativa del paciente o falta de medios técnicos o humanos adecuados. Existen una serie de factores de riesgo o contraindicaciones relativas que deben ser valoradas de forma individual en función del posible beneficio para el paciente. Determinadas patologías de base (estenosis aórtica en situación de insuficiencia cardíaca, enfermedad de tronco coronario izquierdo o hipertensión pulmonar severa) incrementan notablemente el riesgo de complicaciones^{2,3}.

18.1.3 Material Necesario⁽⁴⁾.

El procedimiento de cateterización cardiaca se realiza en una sala de hemodinámica, en condiciones de asepsia y preparando un campo estéril sobre el paciente, todo descrito en los capítulos 10,11 y 12.

Material Estándar:

- Equipo de ropa estéril (batas, paños, sábana fenestrada) fundas de pantallas.
- Gasas y compresas.
- Bateas estériles.
- Agujas para anestesia: subcutánea o intramuscular, según vía de abordaje.
- Bisturí.
- Jeringas estándar 10 ml
- Conexiones para dispositivo mecánico de inyección de contraste.
- Si el sistema de inyección es manual:
 - Manifold
 - Transductores de presión y alargadera para toma de presiones.
 - Sistemas de suero sin toma de aire para suero presurizado y con toma de aire para contraste.
 - Jeringa luer-lock para inyección manual de contraste.
 - Cánula de alta presión para inyectora de contraste (para ventriculografía y aortografía) Imagen 18.1

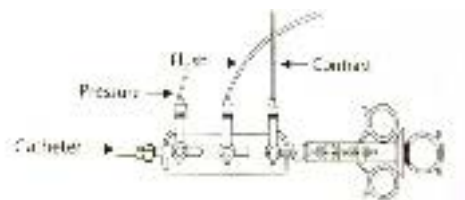


Imagen 18.1: manifold para inyección manual

Material Específico:

- **Aguja** de punción percutánea: 18G para punción femoral y 20G para radial.
- **Introduccionador**: para la inserción y cambio de catéteres sin traumatismo ni sangrado de los vasos. Constan de:
 - Una vaina o pieza externa, con diferentes diámetros y longitud. Tienen una válvula hemostática y brazo lateral para entrada de líquidos y toma de presión.
 - Un dilatador o pieza interna de longitud algo mayor que la vaina, de material plástico duro, para atravesar tejidos fibrosos.
 - Una guía con parte flexible en “J”, con una longitud de varios centímetros superior al dilatador. Imagen 18.2



Imagen 18.2: Introduccionador

El calibre del introductor utilizado depende del procedimiento a realizar y de la vía de abordaje utilizada. En una coronariografía es habitual utilizar 5F o 6F. Se emplean introductores de mayor calibre en procedimientos más complejos que requieren empleo de material de mayor calibre.

- **Guía:** La guía se emplea para introducir los catéteres hasta la raíz aórtica. La guía debe avanzar siempre por delante del catéter para evitar traumatismo en la pared vascular.

La guía estándar tiene el extremo curvo o en “J”, con un grosor de 0.035” y 150 cm de longitud. Se emplea para introducir los catéteres por vía femoral y está recubierta de teflón. También está disponible con una longitud de 260 cm, que permite el intercambio de catéteres y se emplea frecuentemente cuando la vía de abordaje es radial.

Existen guías de diferentes materiales, montaje, longitud, tamaño y forma. Están recubiertas para evitar la fricción con el catéter y la trombogenicidad. Para arterias muy tortuosas se utilizan guías hidrófilicas. El grosor depende del catéter a utilizar y van desde 0.014 a 0.038” (pulgadas). Las hay rectas y curvas o en “J”. Las guías rectas son de uso restringido, como en la estenosis aórtica para cruzar la válvula.

- **Catéteres:** Se clasifican por su forma, longitud, diámetro interno, externo y composición. La palabra French indica el diámetro externo, éste se corresponde con el diámetro del introductor. El diámetro interno se expresa en pulgadas y se corresponde con el de la guía que utilice de soporte (1 French=0,33mm, 1pulgada o inch = 2,54mm).⁽⁴⁾

La elección del catéter depende de las características anatómicas, del procedimiento a realizar, de la vía de abordaje y otros factores.

Entre los catéteres angiográficos existen diferentes tipos con diferentes curvas para angiografías selectivas: Judkins, Amplatz, Sones, Multipropósito...

El Judkins Left (JL) y el Judkins Right (JR) curva 4, son los catéteres habitualmente empleados en una coronariografía en un adulto de estatura media. Si la aorta tiene escaso diámetro o el abordaje es radial, suele emplearse un JL curva 3.5. Si por el contrario se trata de pacientes con aorta muy dilatada u horizontalizada se emplea una curva 5 o 6.

Para inyecciones de alto flujo de contraste se utilizan catéteres con varios orificios distales como el Pigtail o Berman de angiografía.

En el cateterismo derecho para la toma de presiones se utilizan el tipo Cournand y otros dirigidos por flujo con un pequeño balón distal y un orificio terminal, como el Berman de presiones. Similar a éstos últimos, el Swan-Ganz tiene varias luces y termistor que permite medir el gasto cardiaco por termodilución. *Imagen 18.3*



Imagen 18.3: diferentes catéteres

- **Inyector de contraste** para la angiografía de cavidades y grandes vasos.
- Jeringas heparinizadas para oximetrías, si gasto cardiaco por FICK o cortocircuitos.
- Medicación (según el procedimiento a realizar): Heparina, Nitroglicerina, Verapamilo.

18.1.4 Descripción del Procedimiento^{2,5,6}:

- Monitorización del paciente
- Desinfección de la zona de punción y se prepara el campo estéril

- Preparación, purgado y calibración del 0 de los transductores de presión, previa colocación de éstos a la altura medio auricular.
- Anestesia de la zona de acceso.
- Punción con técnica de Seldinger de la arteria seleccionada para cateterismo izquierdo y de la vena para cateterismo derecho.
- Introducción de la guía del introductor en la aguja de punción, se retira ésta, se enhebra el introductor y se procede a su purgado.
 - Inserción de catéteres, previo lavado con suero fisiológico, se avanzan mediante guía hasta la cavidad cardiaca deseada, donde se purgan y conectan a los sistemas de presión.
 - Toma de presiones intracavitarias. En el cateterismo derecho se obtienen presiones de: aurícula derecha, ventrículo derecho, arteria pulmonar y capilar pulmonar. En el caso de cateterismo izquierdo se obtienen de ventrículo izquierdo y aorta.
 - Angiografía de las cavidades a estudiar que se realiza con inyección de contraste.
 - En algunos casos además se realizan otros procedimientos diagnósticos complementarios como es la obtención de una biopsia cardiaca, la realización de una guía de presión, ecografía intracoronaria e intracardiaca, coherencia óptica y otros, que se describen en otros capítulos de éste manual.
- Concluido el procedimiento se retiran los catéteres e introductores previa aspiración y se realiza la hemostasia establecida de la zona de punción, mediante compresión manual, mecánica o con dispositivos de cierre percutáneo.

18.1.5 Cuidados durante el cateterismo cardiaco.

Antes del procedimiento:

- Verificar identidad del paciente, ayunas, alergias, historial completo y consentimiento informado.
- Comprobar la preparación del área de punción así como la permeabilidad de vías, sondas etc.
- Preparar la sala con todo el material necesario para el procedimiento a realizar y comprobar el correcto funcionamiento de todos los equipos.

Durante el procedimiento:

- Informar al paciente.
- Monitorización del paciente.
- Desinfección del área de punción.
- La enfermera instrumentista se encarga de cubrir al paciente con ropa estéril y preparar todo el material que se va a utilizar.
- Comprobar el correcto purgado de la bomba inyectora o del sistema de inyección manual (según se disponga) y programación de los volúmenes de contraste a inyectar.
 - Colaborar con el hemodinamista en la realización del procedimiento.
 - Mantener asepsia durante todo el procedimiento.
 - La enfermera circulante se encarga del registro de presiones, toma de muestras y proveer de material al hemodinamista y enfermera instrumentista
 - Administrar medicación según pauta médica.
 - Detectar y tratar precozmente las posibles complicaciones: Arritmias, hipotensión etc.
 - Registro del procedimiento.

Después del procedimiento:

- Retirada de introductor según protocolo de la unidad.
- Cubrir la zona de punción con apósito estéril y/o vendaje compresivo valorando pulsos distales, signos de sangrado o hematoma.
 - Recoger y desechar material fungible.
 - Cursar muestras para análisis.

- Traslado del paciente

18.1 Cateterismo derecho.

La cateterización de las cavidades derechas del corazón permite diagnosticar estados de shock, edema pulmonar, hipertensión pulmonar, enfermedad valvular o shunts, mediante registro de presiones, gasto cardiaco, saturación de oxígeno o biopsias ^{2,6}.

Además de las complicaciones comunes a cualquier procedimiento de cateterización cardiaca, en el cateterismo derecho es frecuente la aparición de arritmias y más raramente puede producirse también rotura de la arteria pulmonar e infarto pulmonar.

18.2.1 Descripción del procedimiento ⁽⁶⁾:

- Informar al paciente
- Preparación de todo el material necesario descrito anteriormente.
- Monitorización del paciente
- Desinfectar la zona de punción y preparar el campo estéril.
- Punción con técnica de Seldinger, de una vena de calibre adecuado que suele ser Femoral, Yugular interna o Basílica.
- Avanzar el catéter desde la zona de punción, dependiendo del procedimiento, hasta aurícula derecha, ventrículo derecho, arteria pulmonar y capilar pulmonar. Puede ser necesario utilizar una guía de 0.025 “J” para dirigir el catéter. Si el catéter está provisto de balón, se avanza inflado para mejorar su navegabilidad.
- Registrar presiones en las diferentes cavidades: *Imagen 18.4*

CAVIDAD	PRESION SISTOLICA/DIASTOLICA	PRESION MEDIA
Aurícula Derecha (AD)		0- 8 mmHg
Ventrículo Derecho (VD)	15- 30 /0-8 mmHg	
Arteria Pulmonar (AP)	15-30 /4-12 mmHg	10-22 mmHg
Capilar pulmonar		1-10 mmHg

Valores normales de las presiones en cateterismo derecho

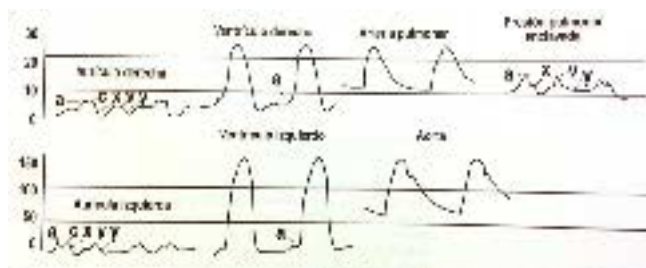


Imagen 18.4: morfología de las ondas de presión ⁵

Existe gran variedad de catéteres para angiografía y registro de presiones derechas. El catéter de Swan-Ganz es uno de los más empleados para cateterización derecha, no sólo en la unidad de hemodinámica ya que también se emplea para monitorización del paciente en unidades de Críticos ⁷. El catéter estándar para adultos es del calibre 7 French y mide 110 cm de longitud. Consta de cuatro luces:

- Distal: (color amarillo) Termina en la punta del catéter y queda alojada en la arteria pulmonar; sirve para medir la presión de arteria pulmonar (PAP) y permite extraer sangre para gases venosos mixtos.
- Proximal: (color azul) Situada a 30 cm de la punta, queda ubicada en la aurícula derecha, además se puede utilizar como una vía central: Para administración de sueros y fármacos, para recoger muestras de sangre para analítica y gases, para medir la Presión Venosa Central (PVC) y para inyectar los

bolos de suero frío para la determinación del gasto cardiaco (GC).

- Luz de inflado de balón situado en el extremo distal del catéter (a dos cm), su inflado provoca el enclavamiento del mismo y mide la Presión Capilar Pulmonar (PCP), está provisto de una jeringa de 1,5 ml y una válvula de apertura y cierre.

- Cable del termistor: consiste en un cable metálico conectado a un sensor de temperatura ubicado en la punta del catéter, que mide la variación de temperatura para la determinación del GC y monitorizar la temperatura central. En su extremo externo presenta una conexión que le permite adaptarse a un cable que va al monitor o consola de GC. *Imagen 18.5*



Imagen 18.5: catéter Swan-Ganz

- **Medición del Gasto Cardiaco (GC) O Volumen Minuto en arteria pulmonar** ^{2,5,6}:

El gasto cardiaco (GC) o cantidad de sangre que el corazón bombea por minuto. En condiciones normales (en ausencia de cortocircuitos intracardiacos) el gasto de ambos ventrículos es idéntico y es de unos 4-8 L/minuto. Se puede medir por diferentes métodos:

- **Consumo de oxígeno de Fick.** Fick describió el primer método para calcular el gasto cardiaco, basándose en el contenido arterial de oxígeno (medido en VI), el contenido de oxígeno en la sangre venosa mixta (medido en AP) y el consumo de oxígeno. Es el método más exacto para el cálculo de GC, pero por la dificultad para medir el consumo de oxígeno ha sido sustituido en la práctica clínica por otros más modernos y simplificados.

- Método de **Termodilución:** El cambio de temperatura al inyectar un diluyente es inversamente proporcional a la cantidad de sangre que fluye a través de la arteria pulmonar. Es el método más frecuentemente utilizado en la práctica clínica.

Procedimiento de medición del GC por termodilución ^{2,6,8}:

- El termistor mide primero la temperatura corporal interna del paciente, luego la temperatura del bolo de suero introducido y finalmente la temperatura en el extremo distal del catéter de Swan-Ganz.

- Asegurar la correcta colocación del catéter en Arteria Pulmonar.

- Conectar el cable de la consola al termistor del catéter de Swan-Ganz.

- Inyectar en la luz proximal del catéter continua y rápidamente un bolo de suero frío de 10 ml en menos de 4 segundos.

- Observar la curva de termodilución (temperatura/tiempo) que aparece en pantalla; debe presentar un ascenso rápido y un descenso suave y gradual a la línea base y una cifra digital con uno o dos decimales.

- Registrar el valor en l/min. y repetir la operación con otros dos bolos más de suero frío.

- Si las curvas son válidas y similares se promedia el valor de las tres si se encuentran dentro del 10% del valor medio. El promedio de las tres será el valor registrado del GC. *Imagen 18.6*

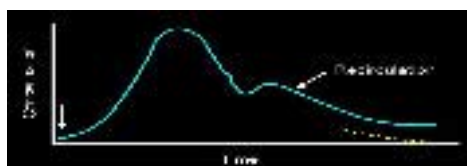


Imagen 18.6: curva de gasto cardiaco

Los errores en las mediciones pueden deberse a: inyecciones demasiado prolongadas, mezcla inadecuada con la sangre, contacto del termistor con la pared del vaso, irregularidades respiratorias o cambios bruscos de la frecuencia cardíaca y del volumen sistólico.

- Oximetrías ⁶

Durante el cateterismo derecho también es posible tomar muestras de sangre para determinar saltos oximétricos que permitan diagnosticar shunts cardiacos. Para ello es necesario determinar la saturación de oxígeno en distintas cavidades: arteria pulmonar, ventrículo derecho, aurícula derecha alta y baja, y vena Cava superior e inferior. Se extraen unos 2 cc de sangre, empleando preferentemente un catéter con único orificio distal con el fin de obtener una muestra fiable de la cavidad.

18.2 Ventriculografía derecha^{5,8}

Es la inyección de contraste en la cavidad ventricular derecha para estudiar la anatomía y motilidad de la misma. Se realiza con un catéter Berman para angiografía o similar, que se hace progresar hasta el VD con balón inflado. Una vez situado el catéter, sin que cause irritación, se realiza una inyección de unos 20ml a 10-15ml/seg.

18.3 Cateterismo izquierdo.

El cateterismo izquierdo permite el estudio y diagnóstico de la enfermedad coronaria, aórtica, valvulopatías y miocardiopatías ². Precisa abordaje arterial o retrógrado desde arteria femoral, radial, braquial o cubital. Suele incluir la coronariografía y ventriculografía izquierda aunque también se pueden realizar aortografía y pontografía que describimos a continuación.

CAVIDAD	PRESION SISTOLICA/DIASTOLICA	PRESION MEDIA
Aorta (Ao)	90-140 /60-80 mmHg	70-100 mmHg
Ventrículo Izquierdo (VI)	90-140 / 3-12 mmHg	

Valores normales de las presiones en el cateterismo izquierdo

18.4.1 Coronariografía.

Consiste en la visualización de las arterias coronarias a través de fluoroscopia mediante la inyección de contraste yodado. La inyección selectiva de contraste en cada arteria coronaria permite determinar su anatomía, la trayectoria, la disposición de las ramas, la existencia de fistulas, vasos colaterales y la existencia y grado de estenosis ^{2,3,9}.

Se utilizan catéteres preformados para canular los ostium coronarios y realizar las inyecciones de contraste. Existen gran cantidad de modelos y tamaños con diferentes diámetros o french para adaptarse a la anatomía coronaria

La indicación principal de la coronariografía es determinar la existencia y grado de enfermedad aterosclerótica coronaria, siendo fundamental para determinar el pronóstico y decidir sobre la técnica de revascularización ².

El flujo de las arterias coronarias puede calcularse en el momento de la coronariografía mediante una escala creada por los investigadores del Thrombolysis Myocardial Infarction (TIMI) ³.

- 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.

Para cuantificar el grado de estenosis es preciso visualizar la lesión en diferentes proyecciones angiográficas, además existen métodos de análisis angiográfico cuantitativo informatizado.

Se considera que una estenosis es **severa** si ocluye el 70% o más de la luz arterial, **moderada** si ocluye entre el 50 y el 70% y **no significativa** si es menor del 50%.

Aunque cada operador elegirá las proyecciones que considere más oportunas en cada caso, a modo de orientación, las proyecciones estándar son ⁵:

CORONARIA IZQUIERDA	CORONARIA DERECHA
Antero posterior (AP)	OAI 45°
AP Craneal 40°	Craneal 25°
Oblicua Anterior Izquierda (OAI) 45° Craneal 20°	Oblicua Anterior Derecha 30°
OAI 45° Caudal 25° (Spider)	
OAI 90° (lateral)	
OAD 25° Caudal 25°	

Proyecciones estándar para coronariografía.

Como en cualquier cateterismo cardiaco no existen contraindicaciones absolutas salvo la negativa del paciente o la falta de medios, pero si existen contraindicaciones relativas como la insuficiencia renal, coagulopatías graves y hemorragias activas, insuficiencia cardiaca descompensada, alteraciones electrolíticas, alergia al contraste o falta de colaboración del paciente.

Descripción del procedimiento ^{6,8}:

- Tras realizar abordaje arterial, insertar el catéter sobre la guía de soporte y avanzar hasta la aorta ascendente bajo control fluoroscópico.
- Retirar guía y conectar el catéter, previamente purgado con suero salino, al extremo del manifold o alargadera de la bomba inyectora. Dejar refluir una pequeña cantidad de sangre desde el catéter con la técnica de flujo contra flujo para evitar la entrada de aire.
- Registrar la presión aórtica.
- Orientar el catéter hacia el ostium de la coronaria. Una vez localizada e intubada la arteria coronaria se inyecta un volumen de contraste de unos 8 ml a 4ml/seg con una presión de 600 psi en la coronaria izquierda y 6 ml a 3ml/seg con presión de 460 psi para la coronaria derecha, mientras se graba la imagen.

Es muy importante durante la Coronariografía, mantener monitorizada y vigilada cuidadosamente la presión, dado que si esta cae a niveles demasiado bajos, no debe realizarse una inyección intracoronaria ⁵. *Imagen 18.7*

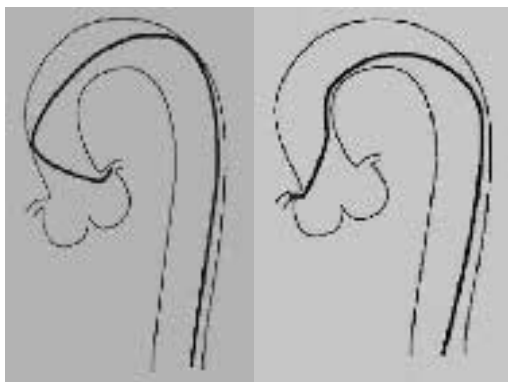


Imagen 18.7: Abordaje de los ostium coronarios desde la Aorta

18.4.2 Pontografía ^{2,6}.

Es el estudio de los puentes coronarios mediante inyección de contraste para determinar la permeabilidad, calibre y estado de los vasos injertados, de la anastomosis y del trayecto de coronaria nativa distal al injerto.

Los injertos suelen ser de vena Safena, Arteria Mamaria Interna (derecha o izquierda) y con menor frecuencia, por su tendencia espasmolítico, Arteria Radial.

El procedimiento es el mismo que para la coronariografía, pero en este caso se busca el origen del puente en la pared anterior de la aorta, en caso de injertos de safena, o se accede desde la aorta ascendente a la subclavia para canular el origen de la arteria mamaria.

El catéter más adecuado dependerá de la orientación y el origen del vaso-puente, siendo el Judkins derecho o el catéter de Mamaria los más utilizados.

18.4.3 Ventriculografía izquierda^{2,6}.

Consiste en la inyección de contraste en el ventrículo izquierdo que permite visualizar la contractilidad de las paredes, determinar la fracción de eyección y cuantificar el grado de insuficiencia Mítral.

Se realiza con un catéter Pigtail.

- El catéter sobre la guía pasa al ventrículo a través de la válvula aórtica. En caso de estenosis aórtica puede ser necesario el uso de guía recta para atravesar la válvula.
- Una vez retirada la guía, registrar y analizar la presión ventricular. Si la presión telediastólica del ventrículo izquierdo es muy elevada puede estar contraindicada la realización de la ventriculografía
- Conectar a la inyectora y a continuación grabar la inyección intraventricular inyectando unos 35 ml de contraste a 10-15 ml/seg con un límite de presión de 900-1200 psi , en proyección oblicua anterior derecha de 30°, que permite además visualizar la válvula aórtica y mitral.
- Una vez finalizada la inyección, lavar el catéter con suero para evitar que el contraste amortigüe la presión.
- Registrar las presiones de ventrículo y Aorta para determinar si existe gradiente transaórtico.
- Es importante informar al paciente sobre la posibilidad de extrasístoles causadas por la irritación del ventrículo y de la sensación de calor intenso que causa la inyección de contraste a fin de disminuir la ansiedad. *Imagen 18.8 Imagen 18.9*

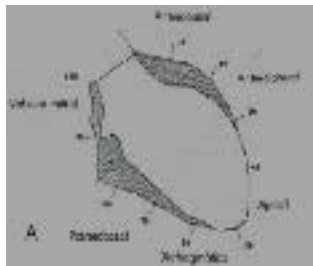


Imagen 18.8: Segmentación del ventrículo izquierdo

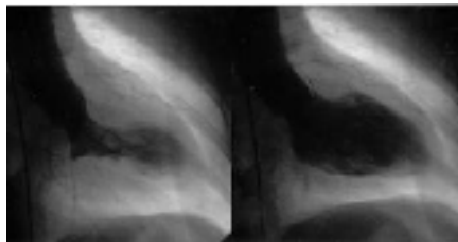


Imagen 18.9: Ventriculografía izquierda (sístole y diástole)

18.4.4 Aortografía^{2,6}.

Es la inyección de contraste en la aorta ascendente. Se emplea para valorar la existencia y severidad de insuficiencia valvular y estenosis, tortuosidad o disección aórtica. Se realiza con un catéter

Pigtail, con inyector automático programando un volumen de unos 40 ml y velocidad de inyección 20 ml/seg en proyección OAI 45°-60°.

Puede realizarse también en aorta abdominal para diagnóstico y evaluación de aneurismas o disecciones. Para valorar la tortuosidad y enfermedad arterial en miembros inferiores se realiza a nivel de la bifurcación iliaca. En estos casos es necesario adaptar los volúmenes de inyección y la proyección fluoroscópica para la adecuada visualización ⁹. *Imagen 18.10 Imagen 18.11*

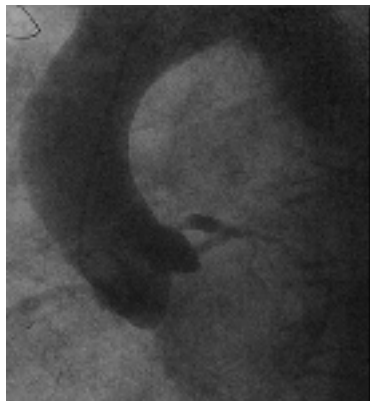


Imagen 18.10: Aortograma en aorta ascendente



Imagen 18.11: Aortograma a nivel de bifurcación iliaca

18.1.5 Referencias Bibliográficas.

1. Chorro FJ, García Civera R, López Merino V, eds. *Cardiología Clínica*. Universidad de Valencia. 2011
2. Grossman W, Baim D. *Grossman's Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention*. 7ª ed. Lippincott, Williams and Wilkins. 2005
3. Braunwald E, Bonow R, Mann D, Zipes D, Libby P, eds. *Braunwald Tratado de Cardiología: Texto de Medicina Cardiovascular*. 9ª ed. Elsevier España. 2013
4. Argibay V, Gómez M, Jiménez R, Santos S, Serrano C, coordinadores. *Manual de Enfermería en Cardiología Intervencionista y Hemodinámica. Protocolos Unificados*. Asociación Española de Enfermería en Cardiología. 2007.
5. Martín Moreiras J, Cruz González I, eds. *Manual de Hemodinámica e Intervencionismo Coronario*. Pulso ediciones. 2009
6. Kern MJ. *The Cardiac Catheterization Handbook*. 5ª Ed. Elsevier Health Sciences. 2011
7. Casado Dones MJ, Casado Dones MR. Papel de enfermería en el manejo del catéter de Swan-Ganz. *Enferm Intensiva*. 2008;19(3):141-9
8. Watson S, Gorski KA. *Invasive Cardiology: a manual for cath lab personnel*. 3ª Ed. Jones and Bartlett Publishers. 2010.
9. Mukherjee L, Bates E, Roffi M, Moliterno D, autores. *Cardiovascular Catheterization and Intervention. A Textbook of Coronary, Peripheral, and Structural Heart Disease*. Informa Healthcare. 2010.

TEMA 19. BIOPSIA HEMODINÁMICA.

*Juan Carlos Rubio Ramos, Erica Carnajal Vázquez, Aina Bibiloni Cladera, Alicia Véliz González, Sección de hemodinámica.
Hospital Universitario Son Espases, Baleares.*

19.1 Introducción.

La biopsia endomiocárdica (BEM) es una técnica diagnóstica percutánea que consiste en extraer pequeñas muestras del músculo cardíaco por medio de un biotomo.

La primera biopsia endomiocárdica se realizó en 1962 por Sakakibara y Konno que utilizaron un catéter con una pinza distal. En la actualidad se utilizan biotomos similares al introducido por King⁹. Consisten en dos alambres recubiertos con un espiral, una punta distal con dos cazoletas de bordes cortantes y un dispositivo de tracción en el extremo proximal que permite la apertura y cierre de las dos cazoletas.

El acceso percutáneo habitual es venoso, las vías preferentes siguen siendo la vena yugular derecha y la femoral derecha e izquierda⁷. Actualmente se ha puesto de manifiesto las posibilidades de otra vía de acceso venoso, como es la vena basilica derecha e izquierda¹², la cual tiene las ventajas de trabajar con una vena periférica y ser muy cómodo para el paciente, aunque tiene el inconveniente de la escasa oportunidad de repetirse por esta vía.

Se obtienen muestras habitualmente del ventrículo derecho³, concretamente del septo inter-ventricular, pared de mayor grosor de esta cavidad, para evitar la complicación más seria como es la perforación ventricular. Se pueden realizar también biopsias de ventrículo izquierdo, lo que obliga a un acceso arterial de gran calibre. También se han descrito biopsias en septo interauricular para descartar miocarditis auricular como causa de fibrilación auricular.

La indicación más frecuente de la BEM es la monitorización del rechazo agudo¹ en el primer año del trasplante cardíaco². Otras indicaciones son⁵, el diagnóstico de miocarditis, enfermedades infiltrativas como la amiloidosis, y otras menos comunes como la displasia arritmogénica de ventrículo derecho o la toxicidad miocárdica por antracilinas⁶.

19.2 Material, descripción.

Como **material** común a una BEM mediante punción venosa⁸ tenemos:

- Maquinilla de rasurar, se utiliza sobre todo en acceso femoral.
- Desinfectante para la zona de punción.
- Anestésico local, de 5 a 8cc para acceso femoral, de 2 a 5 cc en yugular y 1 cc en acceso por vena basilica. En abordaje por vena basilica, se administra tras canalización de la vía para atenuar el dolor en la penetración del catéter.
- Compresor venoso si vena basilica.
- Cánula intravenosa de 1 pulgada (20G) y de 2 pulgadas (16G) para yugular o femoral. Algunos operadores prefieren el trocar para el acceso femoral y yugular.
- Hoja de bisturí del nº 11.

Material específico de la BEM, (fig1):

- Guía de 150 cm. - 0,035 pulgadas para el acceso femoral y yugular, y de 0,025pulgadas (0,635 mm) para la vena basilica. Ella nos permite guiar el catéter hasta la aurícula derecha.
- Dilatadores de 19 cm. de 6, 7, 8 o incluso de 9 French que facilitan la dilatación progresiva y la introducción del conjunto vaina-catéter (habitualmente de 7F = 2,3 mm), salvando la transición entre ambos. La mayoría de las veces sólo se utiliza el dilatador de 7 F. En zonas muy encallecidas se utiliza dilatadores mayores, y en la vena basilica se utiliza el 6 F.
- Un introductor o vaina de 7F con angulación distal y punta radiopaca de 43 cm. para acceso yugular, y de 100 cm para femoral o basilica. Estos disponen de una alargadera que permite la monitorización de las presiones durante el procedimiento.

- Catéter Multiuso (de 50 o 125 cm) o Pigtail que da cuerpo a la vaina y permite su avance y colocación, habitualmente frente al tabique interventricular.
- Fórceps o biotomo que se introduce por la válvula proximal del introductor.



Figura 1. Conjunto de dilatador, catéter, vaina y biotomo.

19.3 Desarrollo del procedimiento.

- 1. Colocación del paciente:** Tumbado en decúbito supino, dejando la zona de punción al descubierto.
- 2. Monitorización:** electrocardiográfica, con tres derivaciones es suficiente porque no precisamos diagnóstico topográfico.
- 3. Preparación de la zona:**
 - 3. a.** Si se trata de acceso femoral, la zona debe estar rasurada previamente. Se coloca un paño estéril entre ambas ingles cubriendo genitales y se aplica antiséptico sobre la zona a puncionar.
 - 3. b.** Si es la vena yugular, se coloca gorro al paciente y paño estéril debajo de la cabeza y hombros. Se pincela con antiséptico todo el lado derecho del cuello.
 - 3. c.** Si se realiza por vena basilica¹¹ se coloca soporte de brazo, paño estéril sobre el soporte y compresor en la parte más alta posible del brazo, el cual se mantiene en abducción de 30 a 50°. Una vez introducida la cánula venosa (20G) se lava con una solución salina heparinizada y se pone un tapón de vía.
- 4. Preparación general:** Para todos los accesos se utiliza, sábana estéril amplia y fenestrada, haciendo coincidir el orificio sobre la zona de punción. En el protocolo de acceso por vena basilica, una vez realizada la punción, es cuando la enfermera quirúrgica, abre el material descrito previamente, y procede con vestimenta de gorro, mascarilla, delantal de RX a su lavado quirúrgico para la consiguiente preparación de la mesa quirúrgica, colocación de sábana estéril, con el orificio sobre la cánula venosa que previamente se ha implantado. A continuación colabora en el procedimiento.
- 5. Anestesia:** Infiltración por planos para el acceso femoral y yugular. En el acceso de vena basilica se infiltra 2 cc a cada lado de la punción, tras la introducción de la guía de 0,025 y retirada de la cánula. En todos los casos se recomienda ligero masaje para la buena absorción de la anestesia.
- 6. Punción de la vena:** En el acceso yugular se utilizan dos técnicas (anterior o posterior) a criterio del operador, tomando como referencia el ángulo que forman los fascículos musculares, y en femoral se utiliza como guía el pulso arterial, haciendo la punción a un centímetro en la parte interna.
- 7. Canalización:** Mediante guías teflonadas de 0,035 pulgadas para venas centrales y de 0,025 para la vía periférica.
- 8. Incisión:** Para aumentar el orificio de entrada en la piel en 2 o 3 mm, se utiliza la punta del bisturí por encima de la guía con el filo hacia arriba. De esta manera se evita dañar la superficie teflonada.
- 9. Dilatación:** Un dilatador de vasos del 7F es suficiente habitualmente para la introducción sin dificultad del introductor de biopsia adecuado. Si se encuentra mucha resistencia se puede usar un dilatador de mayor calibre.
- 10. Introducción:** Del Set de biopsia (formado por catéter montado dentro de introductor). Su tamaño depende de la vía de abordaje.
- 11. Retirada de la guía:** Una vez que esté el Set en aurícula derecha se procede a la retirada de la guía.

12. Colocación de la vaina: Una buena zona es frente al tabique interventricular, el cual una vez alcanzado, se retira el catéter. En esta posición valorar la presión y su posición en proyección O.I. (oblicua izquierda) o lateral para corroborar la posición posterior de la vaina. En pacientes no trasplantados se utiliza 10cc de contraste para confirmar la posición. Es conveniente no manipular la vaina sin el catéter de soporte en su interior para evitar su acodamiento.

13. Toma de presiones: La alargadera lateral de la vaina se purga, y se conecta a un transductor de presión.

14. Introducción de pinza o biotomo: Previa a su introducción, se comprueba que abra y cierre correctamente (fig2). Al llegar la pinza a la punta de la vaina, debe ser accionada por su mecanismo proximal para abrirla, para evitar perforar no hacer este paso con la pinza cerrada, a continuación, deslizarla hasta chocar contra la pared del ventrículo, donde se cierra para dejar atrapada la pieza a extraer dentro del biotomo. Una vez cerradas las palas no se volverán a abrir, ya que podría desprenderse algún fragmento que hubiésemos pinzado.

15. Extracción: Para un buen análisis anatomopatológico se precisan unas 3 ó 4 muestras, a veces más, dependiendo del tamaño de las mismas o por considerar que no pueden dar unos resultados muy fiables al realizarse en zonas de biopsias previas. No usar agujas para desprender las muestras de las palas, ya que podrían pincharse y desnaturalizar las muestras, siempre despegarlas con un chorro de suero, mediante jeringa.

16. Retirada de vaina: Se debe retirar siempre bajo aspiración de la vaina para evitar que queden coágulos en la vía de acceso.

17. Hemostasia: Se realiza mediante compresión manual. El tiempo requerido para lograr la hemostasia, puede variar de 3 a 10 minutos según sea vena yugular, basílica o femoral.

18. Apósito: conseguida la hemostasia se desinfecta la zona y se coloca apósito compresivo adecuado a la vía utilizada;

- En vena yugular, se coloca apósito simple (fig3).
- Si vena basílica, apósito con gasa doblada y ejerciendo compresión media, con dos tiras de esparadrapo. Conviene que en las 6 horas siguientes el paciente no haga esfuerzos ni coja pesos con ese brazo.
- En vena femoral, se coloca apósito con dos gasas dobladas y colocación de tiras de esparadrapo que ejerzan una compresión importante. Posteriormente reposo absoluto en cama durante un mínimo de 2 horas, teniendo en consideración: la medicación que toma el paciente, como haya sido la punción, si HTA, y las características físicas del paciente. Durante las horas posteriores se recomienda no agacharse, no coger pesos y guardar reposo relativo¹³.



Figura 2. Comprobación del biotomo.



Figura 3. Apósito en vena yugular.

19.4 Cuidados de enfermería en la biopsia cardiaca

OBJETIVO (CAUSA JUSTIFICADA)	ACTIVIDADES DE ENFERMERÍA PARA LOGRAR EL OBJETIVO
Preparar al paciente en la mesa de operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorización ECG con 3 derivaciones (No necesitamos diagnóstico topográfico). <ul style="list-style-type: none"> • Toma de constantes vitales FC y TA. • Aplicar dispositivos confort (en el acceso yugular mantener cabeza extendida y rotada a la izqda sólo durante la punción para disminuir el tiempo de incomodidad del paciente). Poner sistema para evitar que el campo estéril caiga encima de la cara.
Verificar uso correcto de pinza ó biotomo. Correcta recogida de muestras.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar previa a la introducción que la pinza ó biotomo se abre y cierra correctamente. • Se precisan de 3-4 muestras para un buen resultado anatómo-patológico. <ul style="list-style-type: none"> • No usar agujas para desprender las muestras de la pinza ó biotomo por riesgo de desnaturalización. • Transporte de la muestra a Anatomía Patológica, debidamente identificada, inmersa en líquido adecuado (S Fisiológico, Formol..), en un tiempo establecido.
Vigilar Sistema Cardiocirculatorio (prever reacciones vasovagales, arritmias y otras complicaciones hemodinámicas).	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar ECG, TA y FC. • Vigilar color y temperatura de la piel. <ul style="list-style-type: none"> • Nivel de conciencia.
Atención quirúrgica.	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar y mantener el campo estéril. • Conocer comprobar y preparar el material específico.
Control hemostático de la zona de punción.	<ul style="list-style-type: none"> • Retirada del introductor bajo aspiración. • Realización de la hemostasia por técnica manual, y colocación de apósito compresivo según protocolo de la vía de acceso: Vena Yugular apósito no compresivo. Vena Basílica apósito semicompresivo. Vena Femoral apósito compresivo .Reposo absoluto durante 2h de extremidad puncionada. • Valoración de la zona de punción(sangrado, hematoma, dolor, calor..) y de la extremidad afecta.

Además de los cuidados generales básicos del procedimiento de Cateterismo Cardíaco descritos en el Tema 15 , se deben procurar los siguientes:

19.5 Complicaciones.

- La más grave aunque infrecuente es la perforación ventricular.
- La extrasistolia ventricular inducida por el catéter, no es infrecuente. Se pueden observar otras arritmias como taquicardias supraventriculares e incluso bloqueos auriculoventriculares. Estas alteraciones suelen ser transitorias, sólo aparecen mientras dura el procedimiento.
- Las fístulas coronarias, son de baja aparición. Más frecuente es la aparición de complicaciones en la zona de punción, como fístulas arteriovenosas y hematomas.
- En el acceso yugular existe posibilidad de neumotórax (<1%) y ocasionalmente la infiltración con anestesia del nervio laríngeo puede condicionar un cuadro de dificultad para tragar y hablar.
- En el acceso por vena basilica aunque infrecuente se pueden dar espasmos venosos y flebitis¹⁰. Es importante dilatar progresivamente el orificio venoso e incluso utilizar introductor de 6F hidrofílico para evitar desgarros en la entrada de conjunto vaina-catéter.
- Para concluir debemos de reseñar que se trata de un procedimiento invasivo con indicaciones muy precisas. El taponamiento es una complicación grave diez veces más frecuente en pacientes sin pericardiotomía previa. Es preciso su realización por personal experto y con las precauciones descritas.

19.6 Referencias bibliográficas.

1. Mañas Segura A, Casajus Pérez G. Disfunción endotelial en el corazón trasplantado. *Enfermería en Cardiología* 2000; 19: 37-39.
2. Juffé Alberto, Gomes Valdemes, Cuenca José, Crespo Marisa, Hormi de Luis, Zavanella Claudio. Donación y trasplante cardíaco. *Revista Argentina de Cirugía Cardiovascular* 2004; 1(2): 26-30.
3. Sánchez Javier, Perrone Sergio, Torino Augusto, Guevara Eduardo, Bustamante Labarte Miguel, Pérez de la Hoz Ricardo guiado por ecocardiografía bidimensional en pacientes post-trasplante cardíaco. *Revista Fed. Argentina Cardiológica* 1999; 28:77-85.
4. Soler Rafaela, Rodríguez Esther, G Crespo María, Bello M José, Álvarez Marta. La radiología en el trasplante cardíaco. *Radiología* 2003; 45:6.
5. Dec GW et cols. Heart failure after cardiac transplantation: Diagnostic evaluation and treatment options. *A CC Curr J Rev* 2002; 11:61-64.
6. Filguerra José Luis, Chiossani Marta, Cola Jorge, Liguori Hugo, Besada Enrique, Bigalli Daniel et al. Trasplante cardíaco. Montevideo (Uruguay); 1999.
7. Kusa J, Fernández RB, Mejía SM, De Castro MH, Samachaga IM, Núñez FR et al. Brachial percutaneous venous access. *arch. Cardio Mex* 2004; 74(4):271-275.
8. Gauntlett Beare Patricia, Myers Judith L. *Enfermería medicoquirúrgica*. Madrid: Harcourt; 2000.
9. Donald S. Baim, William Grossman. *Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention*. 5th ed. Michigan.
10. Rivas Doblado, Jesús et cols. Prevención de las flebitis en la canalización de vías endovenosas. *Higya* 2005; XVII(59): 1924.
11. Bielsa I, España J, Pérez J, Pacheco Biopsia cardíaca y cateterismo derecho a través de la vena basilica. *Metas de enfermería* 2006 9 (2) 22-26
12. Bielsa I, España J, Pérez J, Pacheco A. Comunicación Abordaje por vena basilica. 3º Curso de radial. Madrid 2005 febrero.
13. Pérez J, España J, Pacheco A, Jurado J. Comunicación. Métodos de compresión arterial y venosa. 4º Curso de radial. Murcia 2006 febrero.

TEMA 20.1.

GUÍA DE PRESIÓN INTRACORONARIA.

*Cristina Herrera Álvarez, Beatriz García Fernández, Inés Lago Celada, Pilar Guillen Goberna.
Servicio de Hemodinámica, Complejo Hospitalario Universitario de Vigo (CHUVI), Pontevedra.*

20.1.1 Introducción.

La angiografía coronaria en presencia de síntomas de isquemia miocárdica nos permite en la mayoría de pacientes decidir si la revascularización coronaria está indicada. Las limitaciones técnicas de la angiografía coronaria para el adecuado análisis de las lesiones o estenosis coronarias son bien conocidas y la más evidente es que sólo nos da información acerca de la luz vascular y no de la pared del vaso ni de la repercusión funcional motivada. En ocasiones, la geometría propia de la placa aterosclerosa puede darnos una falsa idea acerca del verdadero estado del lumen vascular como ocurre en las lesiones excéntricas, las ramas colaterales que pueden sobreponerse al área de nuestro interés y dificultar su análisis, algunas zonas son a veces difíciles de evaluar (estenosis ostiales). Todos estos factores llevan tanto la valoración visual como cuantitativa (QCA) del grado de estenosis de una lesión, esté sujeta a una importante variación interobservador. Por ello en pacientes en los cuales la angiografía coronaria revela lesiones dudosas o intermedias sería útil disponer de evidencia convincente sobre el significado fisiológico de la estenosis. A pesar de contar con pruebas de isquemia no invasivas como el ECG durante ejercicio, estudios nucleares de perfusión y ecocardiografía de esfuerzo, estos estudios incrementan el costo, en general se realizan fuera del laboratorio de cateterismo y retrasan la toma de decisiones, mientras que la medición de valores fisiológicos transtenóticos durante angiografía podría facilitar decisiones relacionadas con revascularización en la sala de cateterismo, y proveer información pronóstica.

Los avances técnicos de los últimos años han permitido contar con nuevos dispositivos diagnósticos y terapéuticos en el laboratorio de hemodinámica. La utilización de la ecografía intracoronaria ha permitido un mejor conocimiento de la morfología de la placa arteriosclerótica y de los mecanismos implicados en su desarrollo y tratamiento. Las guías intracoronarias de presión y Doppler han logrado una valoración funcional de la enfermedad arteriosclerótica coronaria, con un manejo de la estenosis coronaria más racional que el basado en datos morfológicos¹⁻². En el caso de la guía de presión se ha conseguido establecer un parámetro, la reserva fraccional de flujo (FFR, “fraccional flow reserve”), con una cifra (0.75) que representa un punto de corte concreto en la determinación del significado funcional de una lesión coronaria³⁻⁴, lo que permite decidir la revascularización de lesiones de significación angiográfica dudosa⁵⁻⁶, así como determinar el pronóstico de lesiones coronarias tratadas con angioplastia con balón de forma aislada o mediante el uso de stent⁷⁻⁸. La reserva fraccional de flujo ha demostrado una buena correlación con test de detección de isquemia no invasivos⁹⁻¹⁰ con un 100% de sensibilidad para isquemia inducible con valores de FFR <0.75, mientras que los valores de FFR >0.8 tienen una especificidad del 90% para descartar isquemia.

Las últimas guías de práctica clínica de la Sociedad Europea de Cardiología sobre revascularización miocárdica apoyan el uso de la valoración funcional de las lesiones angiográficamente moderadas (entre el 50-90% por estimación visual) cuando no dispongamos de información aportada por test no invasivos para toma de decisión sobre indicación de revascularización (indicación Clase I con nivel de evidencia A).

La técnica de “pressure wire” permite valorar la limitación al flujo de una estenosis coronaria, expresado en forma de presión. Se define reserva de flujo fraccional (FFR) como el cociente entre el máximo flujo alcanzado en el territorio distal a la estenosis (Pd) y el máximo flujo teórico alcanzado en ese mismo vaso sin lesiones y que equivaldría a la presión en aorta (Pa) durante un estímulo que provoque hiperemia máxima y anule las resistencias arteriolas miocárdicas¹².

$$FFR = P_{\text{distal}} / P_{\text{aórtica}}$$

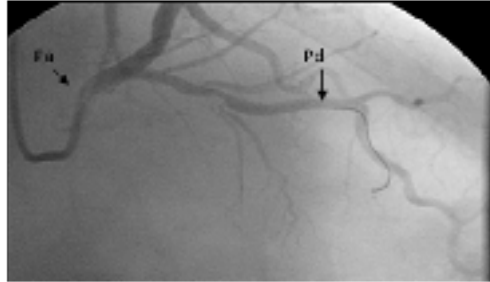


Imagen 20.1.1

El valor normal de FFR es 1,0. Este es considerado un procedimiento fácil, se utiliza una guía similar a las utilizadas para angioplastia y permite estudiar múltiples vasos ¹³. Varios estudios han mostrado que, en pacientes con una función sistólica ventricular izquierda normal, la información obtenida con FFR fue equivalente a la obtenida con cintigrafía de perfusión de estrés. La medición de FFR es altamente reproducible e independiente de cambios en la hemodinámica o la contractilidad ventricular izquierda.

La hiperemia máxima puede ser alcanzada con administración intracoronaria de adenosina o papaverina o por infusión endovenosa de adenosina.

Disponemos cada vez de una mayor evidencia de que no sólo la instrumentación de las guías de presión y flujo intracoronario son seguras, ^{14-15, 18-19} sino que también las decisiones clínicas que se apoyan en los resultados obtenidos tras una valoración fisiológica mediante dichas técnicas.

En los casos que está indicado el uso de la guía de presión son:

- Para poder valorar la repercusión funcional isquémica de las estenosis, en arterias que son angiográficamente intermedias, es decir entre un 50 y un 70%. Incluso en lesiones que por estimación visual estén entre 70-90% pero que existan discrepancias con los resultados de los test de isquemia no invasivos.
- Aclarar el papel de lesiones concretas en pacientes con isquemia y enfermedad multivaso.

20.1.2 Precauciones.

Aunque el efecto de la adenosina dura segundos, sobre todo con el protocolo de infusión de adenosina intravenosa en que debe mantenerse durante varios minutos, debemos tener las siguientes consideraciones:

- A pacientes EPOC y asmáticos agudizados, porque los vasodilatadores pueden provocar broncoespasmo transitorio añadido.
- Si presentan trastornos conducción auriculoventricular asociados a inestabilidad hemodinámica, debido al efecto cronotópico negativo que conduce a una bradicardia.

20.1.3 Situaciones no valorables.

Hay contextos clínicos en los que la FFR no está validada.

- En pacientes trasplantados, ya que el corazón está denervado y la medicación no producirá estímulos.
- En contexto de IAM por daño agudo de la microcirculación o por presencia de escara que reduce de manera variable la respuesta al estímulo vasodilatador.
- En presencia de hipertrofia ventricular severa.

20.1.4 Descripción y preparación del material.

La guía de presión es una guía intracoronaria cuya medida es de 0,014". Lleva incorporado

un transductor de presión, es un sistema que traduce los fenómenos físicos en señales analógicas, de presión, que se reflejan en el monitor de datos. Este monitor es un terminal que según los modelos, se recogen la presión proximal, la presión distal y el gradiente. Mediante la selección en el panel de los parámetros adecuados se calcula la FFR (reserva fraccional de flujo).²⁰



Imagen 20.1.2

Existen distintos modelos de Guía de presión hoy en día en el mercado cuya técnica de preparación es muy similar.

Entre los sistemas que existen puede que funcionen de forma alámbrica o los más nuevos que ya tienen un sistema inalámbrico y así se evitan cables dentro de la mesa de intervenciones durante el procedimiento.



Imagen 20.1.3

20.1.5 Preparación.

1. En caso de que el estudio se vaya a realizar con adenosina intravenosa, canalizar vena basilíca o cefálica 18-16G. Es importante explicar al paciente los posibles efectos que puede sentir con la administración de adenosina.

2. Encender la consola.

3. Introducir datos del paciente.

4. Seleccionar tipo de estudio: New FFR Recording.

5. Seleccionar sala, si procede, en donde se vaya a realizar el caso y así detectar el transmisor si el sistema es inalámbrico, sino ya detecta la consola el sistema al conectarlo.

6. Cambiar el catéter diagnóstico por un catéter guía, de 5 Fr ó 6 Fr según la complejidad de la posible ICP. Evitar catéteres guía con agujeros laterales "side holes" ya que pueden modificar el valor de Pa. Evitar medir el FFR con un catéter diagnóstico (aunque sea factible técnicamente). Evitar que el catéter se intube demasiado y pueda ventricularizar la Pa.

7. Antes de introducir la guía en la arteria coronaria administrar HNF ajustada al peso, a la misma dosis que en una ICP.

8. Hacer Cero: abrir al aire transductor de presión aórtica y hacer click en “Zero Pa” tanto en la consola de la guía de presión como en nuestro polígrafo. Están los dos conectados al mismo transductor.

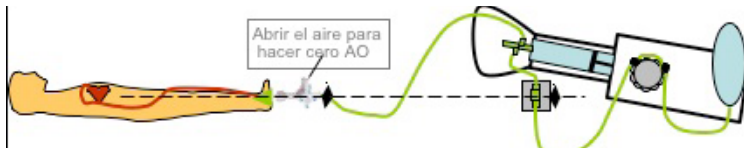


Imagen 20.1.4

9. Calibración: purgar la guía con salino sin sacar del caracol y colocarlo horizontalmente a la misma altura del transductor de la aorta. Si la guía con la que estamos trabajando es inalámbrica en este momento es cuando hay que hacer clic en “Connect”. Aparece “Searching” y entonces encender el transmisor inalámbrico de la guía que se ilumina con una luz verde.



Imagen 20.1.5

Si al encender el transmisor no reconoce la guía, comprobar la conexión guía-transmisor. Sin mover la guía y a la altura que ya comentamos comprobar que este hecho el cero de la guía.

10. Sacamos la guía del caracol y la pasamos por el introductor de guía, el intervencionista preforma la punta de la guía.

11. La guía tiene un sensor que mide la presión localizado en la unión entre los 3 cm radiopacos y el resto de la guía. Avanzar la guía de presión hasta que el sensor asome fuera del catéter-guía, retirar el introductor de guía, cerrar la llave en Y, lavar con salino el catéter guía, situar el transductor de la guía al mismo nivel que el transductor de presión de aorta (línea axilar media) y pinchar en “Ecuilizar” o “Normalizar” según la consola. Comprobar que se igualan las 2 presiones (FFR = 1.00).

12. Administrar NTG intracoronaria (200 mcg) y posteriormente salino.

13. Progresar la guía hasta que el sensor de presión se posicione inmediatamente distal a la lesión a valorar.



Imagen 20.1.6

Si existen dificultades para maniobrar con la guía, en el caso de que estemos trabajando con una guía inalámbrica, se puede desconectar el transmisor desenroscando su extremo proximal. Entonces la luz del transmisor será de color amarillo y se deja encendido (batería dura 4 hs). NUNCA apagar el transmisor una vez desconectada la guía porque se pierde el Cero de la guía de presión y no serían válidas las mediciones.

14. La presión de aorta (Pa) se mide con el catéter guía, que debe estar lo suficientemente fuera de la coronaria para que la presión no esté amortiguada.

15. Administrar adenosina intracoronaria (IC) o intravenosa (IV) para provocar hiperemia máxima.

16. En caso de adenosina IV, montar alargaderas cortas y purgar la dilución de adenosina antes de iniciar la infusión.

17. Una vez conseguido el efecto (inmediata con adenosina intracoronaria y 1-2 min desde inicio infusión con adenosina IV) pinchar en “Record” para grabar la medición. Durante la grabación y en caso de adenosina iv se puede ir retirando la guía en el caso de lesiones en tándem. La grabación dura hasta que se pinche en “Stop”.

18. Para volver a la medición “in vivo” del FFR pinchar en “New Recording”. Para acabar el caso pinchar en “End Review” y con ello se vuelve al sumario del paciente.

19. Antes de retirar catéter guía administrar NTG intracoronaria (200 mcg) y hacer angiografía final de control.

20. Antes de apagar la consola poner las anotaciones en cada una de las grabaciones para facilitar su interpretación cuando se revise el caso en un futuro.

20.1.6 Preparación de la adenosina.

La hiperemia se consigue provocando una vasodilatación máxima en los 2 componentes de la circulación coronaria:

a. vaso epicárdico: NTG intracoronaria.

b. microcirculación: Adenosina intravenosa o intracoronaria.

Intravenosa

1. Velocidad de infusión:

140 µg/kg/min por vena femoral.

180 µg/kg/min por vena antecubital.

2. Se usan viales de adenosina de 30 mg (10 ml).

3. Se diluyen 3 viales (90 mg/30 ml) con 60 ml de suero fisiológico de modo que queda una dilución de 1 mg/ml (90 mg adenosina en 90 ml).

Intracoronaria

Fármaco utilizado: ADENOSINA (Adenocor®) ampollas de 2 ml (=6mg de adenosina)

Tenemos varias opciones:

1- Diluir una ampolla de 2ml en 500ml de suero salino

Se obtiene una concentración de 12 µgr/ml

2- Diluir una ampolla de 2ml en 250 ml de suero salino

Se obtiene una concentración de 24 µgr/ml

3- Diluir una ampolla de 2ml en 100 ml de suero salino

Se obtiene una concentración de 60 µgr/ml

Coronaria Izquierda: a partir de 150 µgr

Coronaria Derecha: a partir de 130 µgr

} **3 bolos mínimo**

20.1.7 Interpretación de los resultados.

Valores de FFR

- 1.00 = valor normal en cualquier vaso e independientemente de la situación hemodinámica del paciente.
- ≤ 0.75 = lesiones que casi SIEMPRE inducen isquemia con el ejercicio. Indicada ICP.
- > 0.80 = lesiones que casi NUNCA inducen isquemia con el ejercicio. No ICP en lesión con FFR > 0.80 ha demostrado ser seguro y con excelente pronóstico a largo plazo.
- 0.76-0.80 = Zona Gris. Decidir ICP teniendo en cuenta otras variables: qué síntomas, información de test no invasivos, complejidad de la lesión, enfermedad focal o difusa, localización lesiones (TCI-DA proximal).

20.1.8 Complicaciones.

Las derivadas de cualquier cateterismo diagnóstico y/o terapéutico con la guía ¹⁶

- Espasmo coronario.
- Disección coronaria u oclusión de vasos.
- Perforación.
- Embolia.
- Infección local y/o sistémica.
- Neumotórax.
- Insuficiencia cardiaca congestiva.
- Infarto de miocardio.
- Hipotensión.
- Dolor de pecho.
- Insuficiencia renal.
- Arritmia grave.
- Muerte.
- Las derivadas del fármaco adenosina:
- Bloqueo A-V transitorio, que habitualmente desaparece en breves segundos (<10 seg.)

dada a la escasa vida media de la adenosina. Mientras tanto es útil pedir al paciente que tosa para estimular la contracción.

- Rubor
- Sensación de disnea intensa
- Dolor torácico (que son inocuos)
- En pacientes con historia previa de asma puede aparecer broncoespasmo (0,2%), puede que requiera aminofilina ¹⁷.

Estos cuatro últimos efectos apenas se observan con la administración intracoronaria, solo con la endovenosa.

20.1.9 Cuidados de enfermería.

Los cuidados de Enfermería referidos a la angioplastia coronaria convencional pueden trasladarse a estos pacientes.

En nuestro servicio, en la preparación del paciente, procuramos que la vía venosa sea de 18G en vena basilica o cefálica. Las guías recomiendan el uso de la adenosina IV por una vía central para que su efecto sea más fiable. Pero este procedimiento nos parece muy agresivo. Por ello y por experiencia hemos comprobado que por una buena vena en menos de 2 min la adenosina está haciendo su efecto.

Durante el procedimiento hay que estar muy atento a la saturación del paciente y tener a mano Aminofilina IV por si tiene reacción con broncoespasmo por la administración de la adenosina. La dosis es de 5 mg/kg IV a pasar en 20'.

Posprocedimiento si se trata la lesión se realizan los mismos cuidados que en las ICP y si sólo es FFR diagnóstica y no se trata se deja al paciente 2 horas más de control que en un paciente diagnóstico coronario sin FFR.

20.1.10 Referencias Bibliográficas.

1. Kern MJ, Puri S, Craig WR, Bach RG, Donohue TJ. Hemodynamic rounds series II: coronary hemodynamics for angioplasty and stenting after myocardial infarction: use of absolute, relative coronary velocity and fractional flow reserve. *Cathet CardiovascDiagn* 1998; 45: 174-182.
2. Pijls NH, Kern MJ, Yock PG, De Bruyne B. Practice and potential pitfalls of coronary pressure measurement. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; 49: 1-16 [fe de erratas en *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; 50: 157].
3. Pijls NH, Van Gelder B, Van der Voort P, Peels K, Bracke FA, Bonnier HJ et al. Fractional flow reserve. A useful index to evaluate the influence of an epicardial coronary stenosis on myocardial blood flow. *Circulation* 1995; 92: 3183-3193.
4. Pijls NH, De Bruyne B, Peels K, Van der Voort P, Bonnier HJ, Bartunek JKJ et al. Measurement of fractional flow reserve to assess the functional severity of coronary-artery stenoses. *N Engl JMed* 1996; 334: 1703-1708.

5. Wilson RF. Assessing the severity of coronary-artery stenoses. *N Engl J Med* 1996; 334: 1735-1737.
6. Fearon WF, Takagi A, Jeremias A, Yeung AC, Joye JD, Cohen DJ et al. Use of fractional myocardial flow reserve to assess the functional significance of intermediate coronary stenoses. *Am J Cardiol* 2000; 86: 1013-1014.
7. Bech GJ, Pijls NH, De Bruyne B, Peels KH, Michels HR, Bonnier HJ et al. Usefulness of fractional flow reserve to predict clinical outcome after balloon angioplasty. *Circulation* 1999; 99:
8. Fujita H, Inoue N, Matsuo Y, Tokura T, Tanaka T, Ohta B et al. Fractional myocardial flow reserve (FFR_{myo}) after coronary intervention as a predictor of chronic restenosis. *J Invasive Cardiol* 1999; 11: 527-532
9. Bartunek J, Marwick TH, Rodrigues AC, Vincent M, Van Schuerbeeck E, Sys SU et al. Dobutamine-induced wall motion abnormalities: correlations with myocardial fractional flow reserve and quantitative coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 1429-1436.
10. Caymaz O, Fak AS, Tezcan H, Inanir SS, Toprak A, Tokay S et al. Correlation of myocardial fractional flow reserve with thallium-201 SPECT imaging in intermediate-severity coronary artery lesions. *J Invasive Cardiol* 2000; 12: 345-350.
11. Wijns W, Kolh P, Danchin N, Di Mario C, Falk V, Folliguet T, Garg S, Huber K, James S, Knuuti J, Lopez-Sendon J, Marco J, Menicanti L, Ostojic M, Piepoli MF, Pirlat C, Pomar JL, Reifart N, Ribichini FL, Schalij MJ, Sergeant P, Serruys PW, Silber S, Sousa Uva M, Taggart D. Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2010;31:2501-2555.)
12. Pijls NHJ. Is it time to measure fractional flow reserve in all patients? *J Am Coll Cardiol* 2003; 41:1122 - 4.
13. Pijls NHJ, Klauss V, Siebert U, et al. Coronary pressure measurement after stenting predicts adverse events at follow-up: a multicenter registry. *Circulation* 2002; 105:2950 - 4.
14. Pijls NHJ, De Bruyne B: Coronary pressure. Eds. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht 1997: 60–8. [Links]
15. Qian J, Ge J, Baumgart D, Oldenburg O, Haude M, Sack S, et al: Safety of intracoronary Doppler flow measurement. *Am Heart J* 2000; 140: 502–10. [Links]
16. Pressure Wire™. Guidewire Mounted Sensor. Instrucciones for use.
17. Hernández García JM, Alonso JH, Jimenez Navarro MF, Dominguez A. Utilidad de las guías de presión y flujo en la práctica clínica. *Manual de Cardiología Intervencionista*. Sociedad española de Cardiología 2005; Cap.22:317-332.
18. Tonino PA, De Bruyne B, Pijls NH, Siebert U, Ikeno F, van't Veer M, et al; FAME Study Investigators. Fractional Flow Reserve versus Angiography for Guiding Percutaneous Coronary Intervention *N Engl J Med*. 2009 Jan 15;360(3):213-24.
19. De Bruyne B, Pijls NH, Kalesan B, Barbato E, Tonino PA, Piroth Z, et al; FAME 2 Trial Investigators. Fractional Flow Reserve—Guided PCI versus Medical Therapy in Stable Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2012 Sep 13;367(11):991-1001.
20. Argibay Pytlík V, Gómez Fernández M, Jiménez Pérez R, Santos Vélez S, Serrano Poyato C (eds). *Manual de Enfermería en Cardiología Intervencionista y Hemodinámica*. Protocolos unificados, s.l. [Vigo], Asociación Española de Enfermería en Cardiología, 2007, 416 pp., 24 x 17 cm.— D.L. VG-0000-2007.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro mayor agradecimiento a los comerciales de St Jude Medical y Volcano por su colaboración a la hora de compartir material bibliográfico y fotografías para la ejecución de este capítulo.

TEMA 20.2.

ECOGRAFÍA INTRACORONARIA E INTRAGRAVITARIA.

*Vera Rodríguez García-Abad, María Nieves Gonzalo López,
Unidad de Hemodinámica. Hospital Clínico San Carlos, Madrid.*

20.2.1 Ecografía intracoronaria.

20.2.1.1 Introducción.

La angiografía coronaria es la herramienta diagnóstica de elección para evaluar las arterias coronarias. Sin embargo en ocasiones esta técnica diagnóstica presenta limitaciones ya que sólo aporta información acerca de la luz del vaso.¹⁻³

Por esta razón se han desarrollado técnicas de diagnóstico por imagen que aportan datos sobre la morfología y características de la pared arterial^{1,2,4,5}, como por ejemplo la ecografía intracoronaria (IVUS –intravascular ultrasound-) o la tomografía de coherencia óptica (OCT).

Los primeros catéteres de IVUS se comenzaron a utilizar a finales de los años 80¹ y desde entonces hasta nuestros días suponen una herramienta fundamental en el campo del diagnóstico por imagen intracoronario.

20.2.1.2 Principios Básicos.

La sonda de IVUS es un catéter de menos de 3 French (Fr) de diámetro (1mm) que tiene en su punta un transductor (generalmente de cerámica), que se expande y contrae al aplicarle una corriente eléctrica, emitiendo así ondas de sonido en un rango imperceptible para el oído humano¹ (ultrasonido).

Estas sondas de ultrasonido “impactan” contra los tejidos explorados, los cuales producen, dependiendo de su composición, un eco. Este eco que “rebota” es recogido por el mismo transductor⁴ (que además de emitir las ondas actúa como receptor de los ecos generados por dichas ondas) y dependiendo de la impedancia acústica de esta señal, la imagen será traducida como más ecolucente o ecogénica (es decir, más blanca cuanto más eco genere) o más ecotransparente (es decir, más negra cuanto menos eco genere). La obtención de imágenes se consigue a partir de la emisión de estos ultrasonidos generados por una sonda que gira 360° a unas 1800 revoluciones por segundo¹.

La frecuencia a la que se emiten los ultrasonidos es de entre 20 y 40 Megahertzios (MHz). Esta frecuencia permite una resolución espacial muy alta con una resolución axial de 80 μm y una resolución lateral de 200-250 μm⁴, lo que posibilita una adecuada visualización de la arteria coronaria.

20.2.1.3 Indicaciones^{2,3,4}.

- Valoración de estenosis (área luminal, carga y composición de placa)
- Valoración del stent tras la implantación (expansión, aposición) y en el seguimiento (aposición).
- Complicaciones del stent (trombosis y restenosis).
- Enfermedad tronco común o coronaria derecha ostial (Valoración lesión, expansión y aposición del stent, protrusión del stent en aorta).
- Imágenes angiográficas dudosas (lesiones moderadas, disecciones, luz falsa, aneurismas, placas rotas, trombos, etc...).
- Bifurcaciones.

20.2.1.4 Material.

20.2.1.4. A Catéteres.

CATETER IVUS MECANICO^{3,4,5} (imagen 20.2.1): tienen un transductor consistente en un elemento piezoeléctrico en la punta del catéter, conectado a un motor que produce su rotación a 1800

revoluciones por segundo. Por cada vuelta de 360° de este elemento, se obtiene una imagen circular que se compila hasta un máximo 60 cortes tomográficos en un segundo. Este transductor está cubierto y protegido por una vaina transparente (dispuesta para no dañar la arteria) dentro de la cual el transductor gira mientras va siendo retirado para hacer el denominado “pullback”.

Este sistema de IVUS se incorpora en un catéter monorail (la guía será visible en todas las imágenes obtenidas) con un diámetro de 2,5 Fr en la punta y la frecuencia del transductor es de 40-45 MHz.

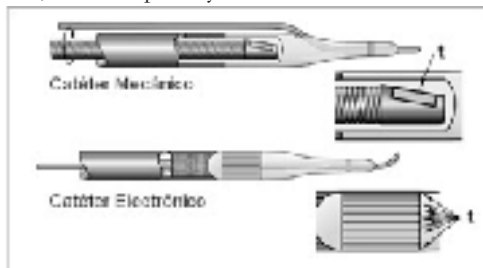


Imagen 20.2.1. Catéter mecánico y electrónico de IVUS

CATETER IVUS ELECTRONICO³⁻⁵ (imagen 20.2.1): En vez de tener una pieza que gira, este catéter tiene 64 transductores dispuestos de manera circular en la punta de tal forma que cada uno de ellos explora un sector concreto de la pared. Las imágenes obtenidas se integran hasta obtener una imagen final circunferencial del vaso.

El diámetro de este catéter es de 2,9 Fr y la frecuencia es de 20 MHz. El catéter también es monorail pero los transductores (al realizar una rotación virtual por activación consecutiva de los mismos) no necesitan protección plástica. La guía no se ve porque siempre queda por dentro de los 64 transductores y no sale reflejada en la imagen de IVUS.

La calidad de la imagen depende de la frecuencia (MHz) del catéter de IVUS (imagen 20.2.2)

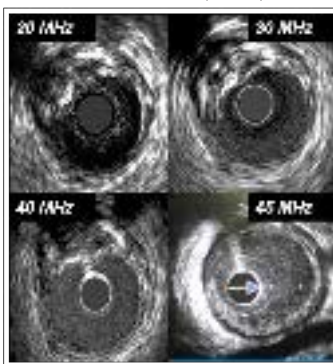


Imagen 20.2.2. Calidad de la imagen en función de la frecuencia del catéter.

Ambos catéteres se dispensan de forma estéril y se introducen a través de una guía convencional de angioplastia de 0,014”. En su extremo distal tendrán el transductor y el proximal se conectará a una “interface” para transmitir la imagen a la consola. En el caso del catéter mecánico, esta interface lleva integrada el motor que hará girar el transductor piezoeléctrico.

20.2.1.4. B Consolas.



Todas las consolas de IVUS están compuestas por una pantalla de unas 17 pulgadas en la que se visualizan las imágenes obtenidas por el transductor y procesadas por un ordenador que lleva un software específico el cual permite realizar múltiples funciones.

Las consolas vienen preconfiguradas por el fabricante, pero todos sus parámetros, en lo que a la imagen de eco se refiere (profundidad, ganancia, etc...), pueden personalizarse. Graban cada *pullback* de exploración (manual o automático) para que éste pueda ser revisado y analizado por el operador de IVUS inmediatamente después de realizarse. Este operador generalmente es una persona entrenada en ecografía intracoronaria y que maneja la consola fuera del campo estéril de la sala de hemodinámica. Además de las consolas móviles, en los últimos años, se han incorporado los sistemas integrados en la sala que permiten que el propio operador realice todas las funciones (tanto la adquisición como las mediciones). Es conveniente que este operador de IVUS (ya sea un médico o una enfermera) tenga conocimientos tanto en la interpretación de imágenes como en el manejo de todas las opciones que proporcionan estas consolas puesto que de ello depende no solo la contextualización de la información recibida sino también la optimización de todas las herramientas y recursos que proporcionan las múltiples funciones que incorpora una consola de IVUS. Estas funciones se agrupan en:

MANEJO DE IMÁGENES: diferentes vistas del vaso (cortes transversal y longitudinal) en diferentes planos para localizar regiones de interés, memorización de fotogramas congelados, etc...

MEDIDAS: áreas, diámetros, longitudes, distancias e incluso volúmenes. Algunas de estas medidas pueden realizarse de forma automática (gracias a una herramienta del software que es capaz de reconocer el contorno del lumen y del vaso) o de forma manual. La opción automática suele requerir frecuentemente corrección manual. No se necesita realizar calibración previa ya que ésta viene dada por el tamaño del catéter de IVUS cuyas dimensiones se consideran a partir de la circunferencia constante de 1mm x 1mm central determinada en la imagen proporcionada.

COMPOSICION DE LA PLACA: bajo el nombre de “histología virtual” o “caracterización tisular”, el software de IVUS incluye una opción en la que, dependiendo de la amplitud de la onda acústica detectada por el transductor y en base a unos algoritmos que varían en función de las propiedades de cada catéter y de cada software, se clasifica la composición de la placa según un código de colores en el que cada color corresponde a los diferentes materiales que conforman la placa de aterosclerosis.

20.2.1.5.- Descripción de la Técnica.

20.2.1.5.A Material Necesario.

- Llave de hemostasia.
- Guía de 0.014”

- Catéter guía 6 Fr (algunos modelos de los catéteres de IVUS mejorados y de reciente aparición en el mercado, admiten 5Fr)
- Catéter de IVUS.
- Heparina.
- Dispositivo de retirada automática (“*pullback*” específico para cada catéter).
- 1 bolsa estéril.
- Consola para IVUS

20.2.1.5.B Preparación del Catéter.

1. *Catéter mecánico intracoronario*^{6,7} (Imagen 20.2.4):

Este catéter necesita ser purgado. Para ello se conectará la alargadera a una llave de 3 pasos y a dos jeringas (una de 2ml y una de 10ml) y se purgará con la jeringa de 2ml primero con la parte telescópica de catéter extraída (Imagen 20.2.4.A), después se progresa esta parte telescópica hasta que queda completamente introducida en la cubierta plástica (Imagen 20.2.4.B). Se cubre la interface con un plástico estéril (incluido en el kit) y se conecta el catéter a la interface (Imagen 20.2.4.C). Se comprueba la calidad de la imagen y el correcto purgado del catéter. Si se quiere hacer retirada automática hay que adaptar el dispositivo de *pullback* (específico de cada sistema) a la interface y conectar el catéter a este dispositivo como indica cada fabricante (Imagen 20.2.4.D).



2. *Catéter fijo electrónico o de alineación de fase*⁸:

Este catéter no necesita ser purgado, solamente es necesario conectarlo a su interface correspondiente y, en caso de querer hacer “*pullbacks*” automáticos, adaptar el IVUS al dispositivo de *pullback* como determine cada fabricante.

20.2.1.5.C Procedimiento.

Antes de comenzar el procedimiento técnico, hay que encender la consola de IVUS e introducir los datos de identificación del paciente. Se prepara el catéter y se conecta a su interface correspondiente para comprobar que el catéter funciona y la imagen (obtenida a partir de sumergir el transductor en suero) es la adecuada.

Es altamente recomendable utilizar siempre el mismo protocolo de realización de IVUS tanto para la preparación del catéter como para la adquisición y almacenamiento de imágenes, ya que de esta manera se evitan errores humanos y se homogeniza la técnica.

Una vez se posiciona una guía de 0.014” o de angioplastia, en la coronaria a explorar, y se ha preparado el catéter de IVUS, éste se inserta a través de la guía por el sistema monorraíl hasta que la marca del transductor (que está a 20-26 mm de la punta en el catéter mecánico) esté lo suficientemente distal a

la lesión que se quiere explorar. Cuando se obtiene la imagen, se ajustan los parámetros de profundidad y ganancia y, adicionalmente en los catéteres electrónicos, hay que normalizar la imagen de manera que no haya una hipercontrastación entre el catéter y la luz arterial. En este punto se inicia el *pullback*, que debe ser automático siempre que sea posible para poder hacer mediciones de longitud, volúmenes, etc,

Cuando el catéter está posicionado en el lugar deseado, se comienza a grabar, manteniendo el catéter lo más coaxial posible al catéter guía para evitar la aparición de artefactos en la imagen. Además, la llave de hemostasia no se debe cerrar hasta colapsar el movimiento del catéter de IVUS ya que se podrían originar artefactos en la imagen o estropear el sistema giratorio en caso de catéteres mecánicos. Algunas consolas están provistas de un sistema de grabación de voz para que durante la realización del IVUS se puedan grabar comentarios.

Al terminar la exploración de un segmento por IVUS, hay que extraer el catéter y lavarlo inmediatamente tanto por dentro como por fuera, para dejarlo libre de sangre que pueda resultar una fuente de trombos si hay que realizar otro IVUS durante el procedimiento.

Si el catéter es mecánico, hay que volver a colocar el transductor en la parte distal del catéter con sumo cuidado ya que cuando el alma del catéter está en posición proximal (es decir, fuera de la vaina protectora) es cuando más facilidad existe de que el catéter se acode y se estropee el sistema de rotación. En todo momento hay que tener la precaución de mantener el catéter estirado para evitar acodamientos, ya que estos inutilizan por completo los catéteres de IVUS, y protegido en su cubierta plástica, para evitar que se contamine durante el procedimiento.

Las consolas de IVUS tienen sistemas de audio integrados para grabación de voz, por lo tanto es conveniente utilizarlos para hacer comentarios durante la adquisición de imágenes que puedan resultar de ayuda para el análisis posterior de las imágenes.

20.2.1.6 Complicaciones^{1,9}.

- Espasmo coronario producido por la inserción de cuerpo extraño y por la vibración del catéter mecánico.
- Trombosis arterial coronaria.
- Embolia gaseosa.
- Isquemia coronaria por obstrucción luminal de la arteria por el catéter de IVUS.
- Derivadas del paso de la guía: disección, oclusión aguda, formación de trombos intracoronarios, etc...

20.2.1.7 Cuidados de Enfermería.

DURANTE EL PROCEDIMIENTO ⁹

- Administrar nitroglicerina y heparina previa a la inserción de la guía y del catéter.
- Purgar el catéter antes de introducirlo en el paciente.
- Lavar el catéter por dentro y por fuera después de cada pullback para no embolizar trombos.
- Cuando esté fuera del paciente, intentar mantener dentro de su cubierta plástica para evitar que se dañe.
- Realizar controles periódicos de la coagulación (ACT) en caso de prolongación del procedimiento, especialmente si éste comporta la realización de sucesivos IVUS y, por tanto, de la permanencia de una guía dentro de la coronaria.

DESPUES DEL PROCEDIMIENTO

Después de la realización de un IVUS no hay cuidados específicos, sino los propios del cateterismo cardíaco diagnóstico o terapéutico (ver temas 44 y 45 de este manual, respectivamente).

20.2.1.8 Interpretación de Imágenes.

Para interpretar las imágenes^{1,2,4,10} y poder realizar un análisis cualitativo y cuantitativo, hace falta saber distinguir entre las diferentes estructuras del vaso² que podemos apreciar con el IVUS (figura 20.2.5).

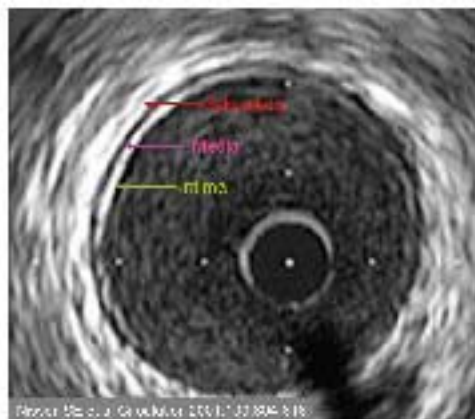


Imagen 20.2.6. Caracteres de la pared del vaso. La capa íntima (blanca); la capa media (negra); la capa media que termina en el IVUS de colocarse. La capa externa (adventicia).

CAPA ÍNTIMA: compuesta de células endoteliales y tejido conectivo. Esta capa se engrosa con la edad y con la aterosclerosis. Aparece en color BLANCO por la alta ecogenicidad que le confiere el tejido elástico en el subendotelio.

CAPA MEDIA: compuesta de células musculares lisas. Está separada de la íntima por la membrana elástica interna¹⁰ (MEI). Aparece en color NEGRO por la baja ecogenicidad que tiene el contenido elástico.

ADVENTICIA: su límite externo no es definible muy nítidamente por IVUS por la baja capacidad de penetración del catéter, pero si es posible conocer donde comienza puesto que su límite con la capa media está delimitado a través de la membrana elástica externa¹⁰ (MEE). Su ecogenicidad es mayor que la capa íntima, por tanto se verá en color BLANCO.

20.2.1.8.A Análisis Cualitativo.

Tipos de Placa visualizadas por IVUS (Imagen 20.2.6)

Las placas de ateroma se acumulan entre la capa íntima y la media. El área del lumen se puede medir dibujando una línea continua entre la íntima y el lumen.

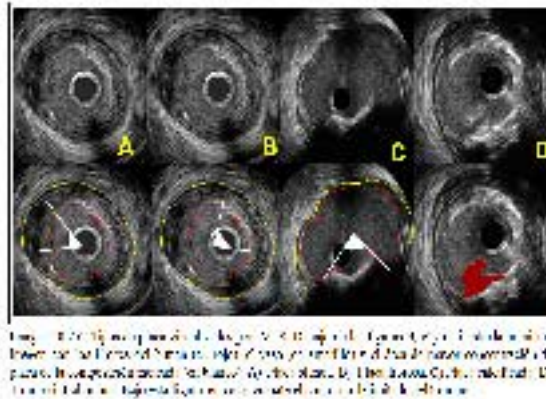
Para determinar el área de placa, hay que dibujar una línea continua en el límite entre la capa media y la adventicia, es decir, la zona por la que discurre la MEE¹⁰ (que se observa como una capa negra en IVUS). El área de la placa será el área que quede por dentro de esta circunferencia, pero por fuera del área delimitada para el lumen.

La composición de la placa se puede estimar gracias a su ecogenicidad. Aunque la tecnología pone a disposición de la medicina herramientas cualitativas para clasificar los componentes de la placa (tales como la histología virtual o la caracterización tisular con las que la composición de la placa se estratifica por colores), el análisis cualitativo por escalas de grises, sigue el siguiente patrón^{4,10}:

PLACA BLANDA O ECOLUCENTE (Imagen 20.2.6.A): El término “blanda” no se refiere a la estructura de la placa sino a la baja ecogenicidad procedente de la señal acústica generada. Estas placas son las que producen ecos de una densidad homogénea e inferior a la densidad de la adventicia. Generalmente son el resultado de un alto contenido lipídico.

PLACA FIBROSA (Imagen 20.2.6.B): Estas placas presentan una ecogenicidad intermedia entre las placas blandas y las calcificadas. Son aquellas que producen ecos densos y gruesos con una ecogenicidad homogénea, mayor o igual a la densidad de la adventicia, pero que no producen sombra acústica.

Figura 20.2.6



PLACA CALCIFICADA O DE ALTA ECOGENICIDAD (Imagen 20.2.6.C): Es aquella que genera ecos blancos y brillantes, que producen una típica “sombra acústica” (debido a que los ultrasonidos no pueden atravesar este material)

TROMBO INTRALUMINAL (Imagen 20.2.6.D): Se reconoce generalmente como una masa intraluminal con apariencia lobulada y pedunculada. El trombo suele ser ecolucente o tener apariencia punteada, dependiendo de su estadio. La inyección de contraste o suero fisiológico durante la realización del IVUS en un segmento con trombo ayuda a delimitar los bordes de éste y a confirmar su presencia.

Por lo general la composición de la placa no es absolutamente homogénea y por tanto no atiende a un solo patrón acústico puesto que un vaso enfermo puede presentar material de diferente composición.

20.2.1.8.B Análisis Cuantitativo.

El IVUS permite realizar medidas^{3,4} sin previa calibración, no solo del lumen y de la pared del vaso, sino también de diámetros y de distancias longitudinales. Para esto la retirada se tiene que hacer a velocidad constante, es decir, un *pullback* automático a 0.5mm/seg o a 1.0mm/seg. Esta modalidad de *pullback*, además, permite hacer una reconstrucción tridimensional del segmento explorado, así como la medición de volúmenes.

Por tanto en tantas imágenes como se quiera, previa congelación de la misma en el fotograma a medir, se pueden hacer medidas cuantitativas tanto en la luz como en el vaso (área luminal, área del vaso), así como diámetros, medidas de segmentos o de otras distancias que la consola proporciona a partir de la delimitación que establezcamos del borde del lumen y la MEE, lo cual representará, respectivamente, la medida del área del lumen y la medida del área del vaso. Todas las consolas incluyen de forma automática la medición del diámetro máximo y mínimo del área calculada.

20.2.2 Ecografía intracavitaria (ICUS).

20.2.2.1 Introducción.

La ecografía intracardiaca es una herramienta diagnóstica de imagen muy útil en caso de querer evaluar las cavidades cardiacas o los grandes vasos, como la arteria aorta^{1,11}. Sus principios básicos son los mismos que los del IVUS, pero difiere de éste en que las sondas de exploración para ICUS tienen una frecuencia menor ya que para valorar las estructuras cardiacas o los grandes vasos no se necesita tanta resolución pero sí se hace necesario más penetración del ultrasonido.

Por lo tanto, las sondas de ICUS emiten a una frecuencia de 9-12.5 MHz. Esta frecuencia permite una resolución espacial, de hasta 0.3mm.

20.2.2.2 Indicaciones¹.

- Tratamiento de ciertas cardiopatías estructurales (defectos del cierre septal: comunicación interauricular, comunicación interventricular, foramen oval permeable, etc...) proporcionando imágenes que guían el procedimiento intervencionista.
- Guía de punción del septo interauricular.
- Estudios electrofisiológicos (ablación de arritmias mediante catéteres)

20.2.2.3.- Material.

20.2.2.3.A- Catéteres de ICUS (Imagen 20.2.7).



Imagen 20.2.7. Diferentes catéteres de ICUS. De izda. A dcha.: UltraICE[®], ClearICE[®] y AcuNav[®]. Los dos últimos tienen en la parte proximal del catéter sendos mangos que permiten articular la punta del catéter de forma que consigan una movilidad del mismo en 3 planos.

CATETER ICUS MECANICO *UltraICE[®]*, Boston Scientific¹².

El diámetro de este catéter es de 9 Fr, tiene 110 cm de longitud y la frecuencia del transductor es de 9 MHz. Este catéter se dispensa de forma estéril y se introduce sin guía a través de una vaina de 9 Fr. En su extremo distal tiene el transductor y el proximal se conectará a una interface que lleva integrada el motor que hará girar el transductor piezoeléctrico para la obtención de imágenes.

CATETERES ICUS ELECTRONICO¹³ (*AcuNav[®]*, Siemens. *EP Med View Flex[®]*, St Jude Medical. *ClearICE[®]*, St Jude Medical. *SoundStar[®] Catéter*, Biosense-Webster)

Es un catéter de 8-10Fr de diámetro. Tiene 64 transductores dispuestos de manera frontal en la punta, que proporcionan una imagen ecográfica 2D. Suelen ser catéteres articulables para conseguir un ángulo de hasta 160° de giro. Se dispensa de forma estéril y la zona de manipulación para obtención del giro en la punta (la más proximal del catéter) debe cubrirse con un plástico estéril ya que esta parte del dispositivo que va conectada a la consola no es desechable.

Este catéter es de 9 Fr, tiene 110 cm de longitud y la frecuencia del transductor es de 9 MHz. Este catéter se dispensa de forma estéril y se introduce sin guía a través de una vaina de 9Fr. En su extremo distal tiene el transductor y el proximal se conectará a una interface que lleva integrada la consola para la obtención de imágenes.

20.2.2.3.B Consolas.



Las consolas de ICUS se componen de una pantalla donde se visualizan las imágenes obtenidas por la sonda de ICUS y procesadas por el ordenador que tiene incorporado un software específico. Vienen preconfiguradas por el fabricante, pero todos sus parámetros, en lo que a la imagen de eco se refiere (profundidad, ganancia, etc...), pueden personalizarse.

La obtención de imágenes se realiza de forma manual, es decir, sin dispositivo de retirada

automática, puesto que el uso de ecografía intracavitaria se concentra en la cardiopatía estructural y por tanto la imagen de eco debe abarcar toda la región de interés de manera global y no por segmentos mediados por dispositivos de retirada constante.

El manejo de los parámetros de estas consolas no solamente optimiza su uso sino que su conocimiento es imprescindible ya que la cardiopatía estructural requiere con frecuencia la modificación de estos parámetros varias veces durante el procedimiento intervencionista que indica el uso de ICUS. Por tanto el uso de la consola debe realizarse por una persona no solamente entrenada en su manejo sino por un profesional experto en la interpretación de imágenes de cardiopatía estructural.

20.2.2.4 Descripción de la Técnica.

20.2.2.4.A Material Necesario.

- Vaina de 9-10Fr (dependiendo del catéter).
- Llave de hemostasia.
- Catéter de ICUS.
- Heparina.
- 1 bolsa estéril.
- Consola para ICUS.

20.2.2.4.B Preparación del Catéter. Material Necesario.

1. Catéter mecánico intracardiaco¹²: (Imagen 20.2.9)

Este catéter necesita ser purgado, pero de una forma muy diferente que el catéter de IVUS. Se introduce agua bidestilada (preferiblemente según el fabricante, para evitar la formación de cristales de cloruro sódico que se pueden formar a partir de suero fisiológico, aunque eventualmente el suero fisiológico puede servir también) desde la punta del catéter (Imagen 20.2.9.B) con la jeringa de 1ml que viene en el kit y con una aguja especial (Imagen 20.2.9.C) que tiene una longitud determinada y un tope sintético para no dañar el transductor una vez se inserta. Se lava de forma constante (Imagen 20.2.9.E) hasta que el suero sale por el orificio proximal (Imagen 20.2.9.F). Para completar el purgado y sacar todas las burbujas, a veces es necesario agitar de manera circular el catéter por su parte proximal y así expulsar todo resto de aire que pueda quedar. Finalmente se conecta a la interface sin necesidad de adaptarlo a un dispositivo de pullback automático, ya que los procedimientos para los que se requiere ICUS no precisan mediciones de longitud.

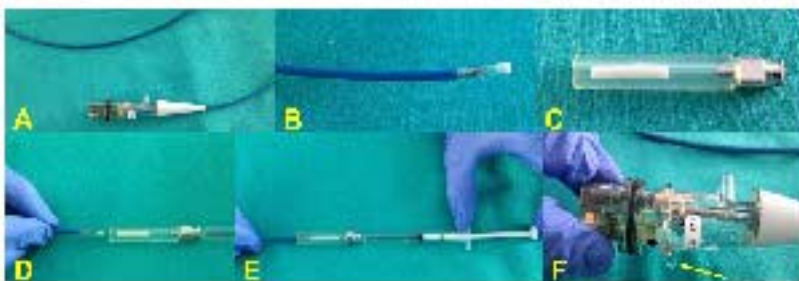


Imagen 20.2.9. Preparación de la catéter intracardiaco mecánico: A) Se muestra el catéter y el manual de instrucciones, la punta distal y proximal del catéter. B) Se muestra el catéter con la jeringa de 1ml que viene en el kit. C) Se muestra la aguja especial que se utiliza para introducir el suero en la punta del catéter. D) Se muestra la jeringa de 1ml que se utiliza para introducir el suero en la punta del catéter. E) Se muestra la jeringa de 1ml que se utiliza para introducir el suero en la punta del catéter. F) Se muestra la jeringa de 1ml que se utiliza para introducir el suero en la punta del catéter.

2. Catéter Electrónico:

Al no posicionarse con guía y no requerir purgado, no precisa preparación específica, salvo la conexión a la interface y el recubrimiento con plásticos estériles incluidos en el kit del catéter.

20.2.2.4.B Procedimiento.

Antes de comenzar el procedimiento técnico, hay que encender la consola de ICUS e introducir los datos de identificación del paciente. Se prepara el catéter y se conecta a su interface correspondiente para comprobar que el catéter funciona y la imagen (obtenida a partir de sumergir el transductor en suero) es la adecuada.

Una vez posicionado el catéter en el lugar deseado, se comienza a grabar en modalidad manual (la empleada siempre con ICUS), manteniendo el catéter lo más longilíneo para evitar la aparición de artefactos en la imagen. Además, la llave de hemostasia no se debe cerrar hasta colapsar el movimiento del catéter de ICUS ya que se podrían originar artefactos en la imagen y estropear el sistema giratorio en caso de catéteres mecánicos.

La adquisición de imágenes para ICUS precisan de una grabación una vez el transductor se coloque en la zona a explorar. La grabación permite realizar posteriormente las medidas posteriores a partir de imágenes congeladas en la fase del ciclo cardiaco que el operador crea conveniente.

En todo momento hay que tener la precaución de mantener el catéter estirado para evitar acodamientos ya que estos inutilizan por completo los catéteres de ICUS y protegido en su cubierta plástica para que no se contamine durante su uso.

20.2.2.5 Complicaciones^{2,9}.

- Formación de trombos en el catéter.
- Espasmo radial por movimiento rotacional del catéter en toda su longitud
- Accidente cerebral vascular o tromboembolismo pulmonar por embolización de trombos.
- Perforación de cavidades cardiacas.
- Derrame pericárdico.

20.2.2.6 Cuidados de Enfermería.

DURANTE EL PROCEDIMIENTO⁹

- Purgar el catéter antes de introducirlo en el paciente.
- Lavar después de cada *pullback* para no embolsar trombos, por dentro y por fuera
- Cuando esté fuera del paciente, intentar mantener dentro de su cubierta plástica para evitar que se dañe o se contamine.
- Realizar controles periódicos de la coagulación (ACT) en caso de prolongación del procedimiento, especialmente cuando el catéter se mantiene mucho tiempo dentro de una cavidad, lo que es muy frecuente en este tipo de procedimientos de cardiopatía estructural.

DESPUÉS DEL PROCEDIMIENTO

Después de la realización de un ICUS, no hay cuidados específicos, sino los propios del cateterismo cardiaco diagnóstico y/o terapéutico (ver temas 44 y 45 de este manual, respectivamente).

20.2.3 Agradecimientos.

Las autoras de este capítulo quieren agradecer su colaboración a las casas comerciales St. Jude Medical, Boston Scientific, Volcano y Acunav por ceder material gráfico que ilustre el material que disponible para IVUS e ICUS.

20.2.4 Referencias Bibliográficas.

1. Alfonso F, Botas J. Intracoronary Diagnostic Techniques. McGraw Hill. Madrid 2003.
2. Nissen SE, Yock P. Intravascular Ultrasound: Novel Pathophysiological Insights and Current Clinical Applications. Circulation 2001;103:604-616.
3. Dijkstra J, Koning G, Reiber JHC. Quantitative Measurements in IVUS Image. International Journal of Cardiac Imaging 1999;15:513-522.
4. Mintz GS, Nissen SE, Anderson WD, Bailey SR, Erbel R, Fitzgerald PJ et al. American College of Cardiology Clinical Expert Consensus Document on Standards for Acquisition, Measurement and Reporting of Intravascular Ultrasound Studies (IVUS).

- A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37:1478-92.
5. Mintz GS, García-García HM, Nicholls SJ, Weissman NJ, Bruining N, Crowe T et al. Clinical expert consensus document on standards for acquisition, measurement and reporting of intravascular ultrasound regression/progression studies. *EuroIntervention*. 2011;6:1123-30.
 6. Catéter Atlantis™ SR Pro 40MHz Coronary Imaging Sistem. 2013 Boston Scientific ©. Instrucciones de Uso del Fabricante.
 7. Catéter Opticross™ 40MHz Coronary Imaging Sistem. 2013 Boston Scientific ©. Instrucciones de Uso del Fabricante.
 8. Catéter Eagle Eye® Platinum Digital IVUS Catheter. 2011 Volcano. Instrucciones de Uso del Fabricante.
 9. Tovar Martín A, Duran Parra A, Lozano Marote E, Martínez Pérez E. Ecografía Intracoronaria, ecografía intracavitaria. En Argibay V, Gómez M, Jimenez R, et al, editores. Manual de Enfermería en Cardiología Intervencionista y Hemodinámica, Protocolos Unificados. Vigo: Asociación Española de Enfermería en Cardiología; 2007. P 142-145.
 10. Mintz GS. Intracoronary Ultrasound. Taylor & Francis Group. Oxon, UK. 2005
 11. Hijazi ZM, Shivkumar K, Sahn, DJ. Catheterization Intracardiac Echocardiography During Interventional and Electrophysiological Cardiac. *Circulation*. 2009;119:587-596.
 12. Catéter Ultra ICE™ 9MHz Intra Cardiac Echo Catheter. 2012 Boston Scientific ©. Instrucciones de Uso del Fabricante.
 13. Catéter Acuson AcuNavb Ultrasound Catheter. 2012 Siemens. Instrucciones de Uso del Fabricante.

TEMA 20.3. TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA (OCT).

*Pedro Ramírez Yáñez, Mar Castillo Marín, Sagrario García Rueda.
Servicio de Cardiología. Sección de Hemodinámica. Fundación Jiménez Díaz-IDC. Madrid.*

20.3.1 Introducción.

La Tomografía de Coherencia Óptica (*Optical Coherence Tomography-OCT*) es una técnica de diagnóstico que permite obtener imágenes tomográficas de alta resolución de tejidos biológicos, basada en las propiedades ópticas de los mismos. La OCT crea imágenes de muy alta calidad de las arterias coronarias ayudando así a valorar las características anatómicas del vaso y a caracterizar la placa de ateroma. También se utiliza en el intervencionismo coronario, así como en su posterior seguimiento. Es además una herramienta de gran utilidad en investigación. Su uso en la actualidad se ha extendido gracias a la última generación de dispositivos basados en OCT de dominio de frecuencia.

El Dr. Huang concibe la idea de aplicar la luz para conseguir imágenes de la retina humana con el objetivo de diagnosticar precozmente los cambios patológicos. Esto ocurre mientras llevaba a cabo su cuarto año de postgrado en el laboratorio del Dr. James Fujimoto en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Boston. Había estado estudiando *Optical Coherence Domain Reflectometry* (OCDR) para realizar mediciones de distancias en el ojo aunque estas exploraciones de retina OCDR eran muy difíciles de interpretar. El planteamiento fue el siguiente: si se añade un análisis transversal de los gráficos OCDR se podría crear una imagen, la cual sería mucho más fácil de interpretar que un conjunto de formas de onda OCDR. Todo lo que se necesita es añadir una etapa de traducción y un paquete de *software* para convertir una matriz de datos en una imagen. El principal problema en la toma de imágenes tomográficas con luz, fue desarrollar una técnica que permitiera a los reflejos de distintas profundidades ser medidos y registrados de manera análoga a la formación de imágenes ultrasónicas. En el caso del sonido, los circuitos electrónicos son lo suficientemente rápidos como para procesar los ecos que se reciben desde el transductor. En el caso de la luz, es preciso usar un interferómetro para superar las dificultades causadas por su velocidad de propagación.¹

Desde 1990, la OCT ha generado más de 5.000 artículos en revistas científicas. El primer manuscrito del MIT, publicado en 1991,² describe el concepto básico de un sistema de imágenes de OCT, analizándose sus posibles aplicaciones tanto en la imagen de la retina como en la imagen de las arterias.¹ La primera demostración con catéter de OCT no es publicada hasta 1997 aplicando la técnica a la endoscopia.³ Durante la década de los años 90 la tecnología de OCT se implementó y la intensidad de la señal interferométrica se convirtió en una escala de color o en una escala de grises para proporcionar una imagen de sección transversal.⁴ En 2001 la OCT se comienza a usar en cardiología, pero hasta el año 2010 no se generaliza su comercialización.

20.3.2 Bases teóricas.

Como ya hemos comentado, la OCT utiliza una tecnología que se basa en el uso de la luz que es análoga a la ecografía intravascular (IVUS). La diferencia fundamental es que en vez de usar ultrasonidos usa luz, lo que confiere a esta tecnología diferentes características (tabla 1), lo que nos permite tener una resolución de imagen 10 veces superior a la ecografía (hasta 10 μm), pero al mismo tiempo tiene una capacidad de penetración limitada en los tejidos respecto a la ecografía y además la exploración precisa llevarse a cabo en un entorno sin sangre, lo cual puede suponer más o menos efectos adversos dependiendo de la técnica que se realice como veremos más adelante.

SISTEMAS DE IMAGEN	IVUS	OCT
Fuente	Ultrasonido 20-45 MHz	Luz NIR* 192 THz
Longitud de onda (µm)	35-80	1.3
Resolución axial (µm)	100-200	10-20
Resolución lateral (µm)	200-300	20-90
Velocidad de rotación (Hz o CS/s**)	30	16-160
Velocidad de retirada (mm/s)	0.5-1	1-40
Penetración tisular (mm)	10	1-3
Diámetro de escaneo	15	7-11

Tabla 1 Diferencias entre IVUS y OCT. *Near-Infrared (cerca del infrarrojo) ** Cross Section (Corte transversal) ⁵

Sabemos que la velocidad de la luz es extremadamente alta, de 3×10^8 m/s, mucho más rápida que la del sonido. Debido a esto la tecnología de la OCT incorpora un interferómetro que va a permitir medir distancias. Este interferómetro divide el haz de luz en dos: un haz de referencia y otro de muestra, este último se dirigirá hacia lo que queremos explorar, en nuestro caso la pared del vaso. Gracias a esta tecnología se puede medir el retraso del eco óptico, obteniéndose imágenes creadas a partir de la de la señal de interferencia, que será analizada por la sistema OCT para determinar la cantidad de retrodispersión como una función de retardo de tiempo y de profundidad dentro del tejido¹.

Hasta el momento existen 2 generaciones de OCT. La primera generación basada en la interferometría de dominio de tiempo (TD-OCT) y la segunda generación que es la que se utiliza mayoritariamente en la actualidad, basada en la interferometría de dominio de la frecuencia (FD-OCT).

La TD-OCT utiliza una fuente de luz de banda ancha la cual es dividida en 2 haces por un divisor de haz (*beam splitter*). El haz de referencia se dirige a un espejo móvil, lo que permite conocer la profundidad en la imagen punto a punto. Cada movimiento del espejo es un punto y la señal de interferencia recibida llega al detector para su posterior análisis.

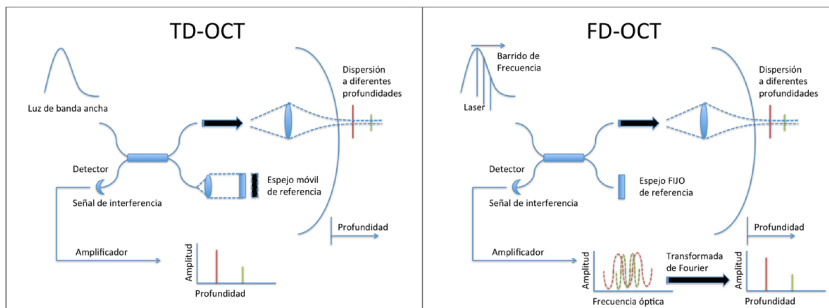


Imagen 20.3.1 Una representación esquemática de OCT-TD (panel izquierdo).

El panel de la derecha representa un subtipo de FD-OCT⁶.

La arquitectura de la FD-OCT es similar pero en esta generación se utiliza como fuente de luz un láser de barrido. El haz de luz es dividido en 2 como en la generación anterior aunque en este caso el espejo de la rama de referencia es fijo. La FD-OCT es capaz de analizar más información ya que registra puntos simultáneamente al analizar la frecuencia y no verse limitada por el movimiento mecánico de un espejo. A partir de la señal recibida, se puede construir el perfil de profundidad, por la transformada de Fourier que se realiza electrónicamente en la unidad de procesamiento de datos. Este desarrollo ha dado lugar a una mayor velocidad de adquisición de imágenes, con una mayor profundidad de penetración, sin pérdida de detalle o resolución, lo que representa un gran avance en los sistemas de OCT (tabla 2)⁶.

Se utilizan múltiples términos para describir el mismo tipo de OCT pero no existen diferencias fundamentales: FD-OCT (Frequency Domain OCT de St Jude Medical), OFDI (Optical Frequency Domain Imaging de Terumo), HD-OCT (High Definition OCT de Volcano)¹

Interferometría	TD-OCT	FD-OCT
Longitud de onda (µm)	1.3	1.3
Resolución axial (µm)	10-20	10-20
Líneas-A / Sección transversal	200	500-1000
Resolución lateral (µm)	20-90	20-40
Velocidad de rotación (Hz)	16-20	100-160
Velocidad de retirada (mm/s)	1-3	10-40
Penetración tisular (mm)	1-3	2-3,5
Máximo diámetro de escaneo	7	11

Tabla 2 Diferencias entre tipos de OCT: TD y FD

La imagen de sección transversal se obtiene mediante el registro de líneas A, producidas durante la rotación del catéter. La calidad de imagen es dependiente de la resolución espacial, que tiene dos direcciones: axial (paralelo al haz de luz) y transversal (perpendicular al haz de luz). La resolución axial depende del rango de longitudes de onda y la resolución lateral depende de la cantidad de líneas A. La resolución en el modo longitudinal la proporciona el número de cortes transversales por milímetro.

El rango axial sobre el que se puede lograr una imagen de OCT varía y se denomina profundidad de penetración, esta profundidad viene dada por la atenuación de la luz al chocar con los tejidos. Para una imagen circular este valor oscila entre 8 y 12 mm⁷.

20.3.3 Material.

20.3.3.1 Catéteres.

Los catéteres de OCT son capaces de recoger datos del vaso en forma de imágenes gracias a la emisión de un haz de luz. Lo hacen de forma transversal y longitudinal a lo largo del vaso, usando sistemas mecánicos. El catéter está compuesto por fibra óptica y en su extremo distal incorpora una lente que enfoca el haz y un elemento reflector para dirigir la luz hacia el vaso. El catéter se conecta en su parte proximal con un motor que hace girar a la fibra óptica. A su vez, éste va unido a un soporte que es capaz de hacer un retroceso automatizado. Este movimiento de rotación y traslación es transmitido a la parte distal de la fibra óptica, donde se sitúa la lente. En la tecnología actual (FD-OCT), la fibra óptica está integrada en un catéter monorraíl corto, con un perfil que varía entre 2,4 y 3,2 French y que es compatible con guías de angioplastia estándares de 0,014” y catéteres de 6 Fr o más. En la TD-OCT la fibra óptica va encapsulada en una vaina transparente. La sonda de imagen disponible (ImageWire™ St. Jude Medical/LightLab Imaging) tiene un diámetro exterior máximo de 0.019” con una punta estándar de 0.014”.⁷



Imagen 20.3.2. Catéter C7 Dragonfly™, St Jude Medical

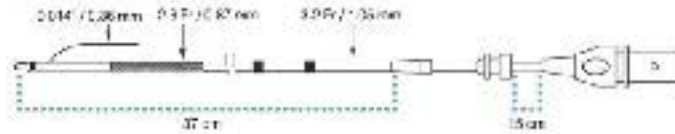


Imagen 20.3.3. Catéter C7 Fastview™, TERUMO

20.3.3.2 Consola.

La consola del sistema es capaz de proporcionar y recoger luz a través de la unión giratoria y el catéter. Dentro de la consola se detectan las señales de luz reflejadas y se convierten en señales digitales que se utilizan para generar imágenes. Con el software podemos controlar la velocidad de rotación y de retirada. La velocidad de rotación determina la velocidad a la que se obtienen las imágenes de cortes transversales. La velocidad de retirada influye directamente en el espacio entre fotogramas y por lo tanto determinará la resolución en el modo longitudinal.

A la señal óptica registrada por la consola se le asigna un valor utilizando una escala de grises o un pseudocolor. La consola está configurada con un rango dinámico y una ganancia determinados.

20.3.4 Preparación

La preparación del paciente no difiere de la habitual para el intervencionismo. Los pacientes deben estar anticoagulados con la pauta habitual del laboratorio. Es recomendable la administración de nitroglicerina intracoronaria antes de realizar el examen para minimizar el riesgo de vasoespasm producido por el catéter o la guía.

Hay que extremar la vigilancia en pacientes con disfunción ventricular severa y en los pacientes con deterioro hemodinámico ya que el procedimiento implica el lavado completo de sangre en la arteria coronaria, igualmente se debe tener precaución en los pacientes con un único vaso o en insuficiencia renal.

20.3.5 Técnica.

Lógicamente la última generación aporta muchas ventajas por lo que el uso de la OCT de dominio de tiempo actualmente es marginal, aunque estaría indicado en vasos en los que se comparten flujo colateral y anterógrado, cuando la inyección con la técnica no oclusiva es subóptima o cuando la estenosis es muy severa o la anatomía del vaso no permite progresar un catéter de 2.6 Fr. En estos casos el menor calibre de la sonda de la generación anterior sería más adecuado⁷.

20.3.5.1 Oclusiva.

Necesitamos un catéter guía de 6 Fr o mayor, el cual es capaz de soportar la sonda de imagen TD-OCT (ImageWire™) y el balón de oclusión proximal (Helios™, St. Jude Medical/LightLab Imaging). Como medio de inyección el recomendado es el Lactato de Ringer calentado a 37°C, aunque también se puede usar suero salino. El Lactato de Ringer es menos arritmogénico y tiene menor tasa de isquemia comparado con el salino.

El primer paso es progresar una guía de angioplastia convencional hasta pasar distalmente el segmento a explorar. Sobre esta guía se avanza el balón oclusivo que es de arquitectura *Over The Wire (OTW)*, se hace un intercambio, retirando la guía convencional y progresando la sonda de imagen. Tras colocar el balón proximal a la zona a explorar, se comienza a infundir la solución a una velocidad de 0.5-1 ml/s. Después inflamamos el balón a baja presión (0.3-0.5 atm) y se comienza la retirada, que es automática, a una velocidad de 0.5 hasta 2 mm/s. La velocidad de adquisición es de 15 *frames/s*. La exploración terminará lo antes posible, o cuando se observen arritmias ó inestabilidad hemodinámica.

20.3.5.2 No oclusiva.

Fundamentalmente existen dos compañías que comercializan sistemas de OCT de última generación: ST JUDE con C7-XR™ FD-OCT *Intravascular Imaging System* y su catéter C7 Dragonfly™

(imagen 20.3.2) y TERUMO con su *Optical Frequency Domain Imaging* OFDI-OCT LUNAWAVE™ con su catéter Fastview™ (imagen 20.3.3). En estos momentos la versión más extendida es la de St Jude Medical. Tanto la técnica como las características de ambos productos son muy similares. En este caso nos ceñiremos a la técnica basada en el sistema de St Jude que es el que más distribución tiene hasta el momento y es el que actualmente se utiliza en nuestro laboratorio.

Como en la técnica oclusiva, el primer paso es llevar a cabo un sondaje selectivo de una arteria coronaria con un catéter de 6 Fr o superior situándolo de la forma más coaxial posible. Vamos a poder utilizar medios de contraste isoosmolar, suero o mezcla de ambos, aunque el medio de contraste puro es el más utilizado por su capacidad de desplazar la sangre.

Necesitaremos por lo tanto el catéter de OCT Dragonfly, un cobertor estéril para la unión motorizada llamada *Drive-motor Optical Controller* (DOC), una guía estándar de angioplastia de 0.014" y la consola C7-XR™. El siguiente paso es encender la consola y seleccionar el estudio a realizar: nueva OCT. Cubriremos con el protector estéril el DOC y retiraremos el aro protector del catéter y lo lavaremos por fuera con suero salino heparinizado, de esta forma activamos el recubrimiento hidrofílico. Es necesario purgar el catéter con contraste (tal y como nos indica en el monitor) mediante una jeringa *luer-lock* de 3 cc suministrada. Basta con mantener presión continua medio minuto aproximadamente hasta completar el purgado. Esto lo hacemos para evitar que el catéter se llene de sangre ya que la sangre supondría artefactos en la exploración. Una vez purgado dejaremos la jeringa conectada para posteriores purgados y además evitar el flujo retrógrado de sangre desde la punta del catéter. Tras purgar el catéter podemos conectarlo al DOC como se indica en el monitor de la consola. Seguidamente retiraremos el protector azul de la parte proximal del catéter y alinearemos la parte proximal con el DOC, introduciendo el catéter y girándolo en el sentido de las agujas del reloj (teniendo cuidado de no tocar la fibra óptica y no doblar el catéter). El catéter y por tanto la fibra óptica se conectarán automáticamente. Lo podremos comprobar tanto en el monitor como en una barra de progresión formada por unos *Light Emitting Diodes* (LED) situados en el DOC que se iluminan progresivamente hasta completar la conexión.

Podemos configurar tanto el modo de disparo (manual o automático), como la velocidad de retirada (entre 10 y 25 mm/s). Es obvio que cuanto más lenta sea la retirada más contraste requerirá la exploración. Los parámetros nominales son: retirada automática y 20 mm/s. También es posible configurar el medio que vamos a usar para la exploración (contraste, suero o mezcla). En este caso el nominal es contraste. Antes de comenzar el examen debemos comprobar la calibración fuera del paciente. Se puede sujetar la lente entre dos dedos. La identificaremos fácilmente a pocos milímetros de la punta del catéter, ya que es una luz roja a nuestra vista. Pondremos el monitor en tiempo real para ver los círculos que aparecen entre los dedos, los cuales corresponden a la vaina que encapsula la fibra óptica. En la parte inferior izquierda de la pantalla aparecen unos botones para calibrar tanto de forma manual como automática. La calibración será correcta cuando unas marcas verdes coincidan con el círculo más externo. En la forma automática el sistema emplea 3 segundos y la forma manual nos permite corregir la posición de las marcas hacia el interior o el exterior.

El catéter está preparado para ser cargado en la guía (0.014"). El puerto de entrada es de color azul y el de salida está muy próximo a éste conformando así un monorraíl muy corto. Este puerto de salida se sitúa distal a la lente, por eso es recomendable doblar suavemente la punta del catéter a la altura de este puerto para permitir salir el extremo proximal de la guía de forma fácil y sin posibilidad de dañar la lente.

Avanzaremos el catéter hasta la zona a explorar. En el monitor de fluoroscopia se pueden diferenciar dos marcas separadas por 20 mm. La distal casi coincide con la punta del catéter y la proximal se sitúa 5 mm distal a la lente, la cual no es radiopaca.

Antes de realizar la retirada, ya con el monitor en tiempo real, comprobaremos si la calibración es correcta ya que la posición de la fibra óptica respecto al catéter podría haber sufrido pequeños cambios. Si no es correcta debemos hacer una nueva calibración del sistema de la misma forma que antes. Comprobaremos también que el catéter esté libre de sangre (el interior del catéter aparece negro). Si esto no es así purgaremos nuevamente con la jeringa en ese momento. Suele ser suficiente con presionar levemente la jeringa durante unos 3 ó 4 segundos.

Comprobaremos con un test que el catéter esté bien intubado y alineado para asegurar una inyección óptima. Los parámetros recomendados son 4 ml/s de flujo con un volumen de 14 ml para la coronaria izquierda y 3 ml/s de flujo para la coronaria derecha con un volumen de 12 ml.

Por último se habilita la función de retirada en el monitor. A partir de este momento tenemos 15 segundos (indicado por una cuenta atrás en forma de icono circular) para inyectar. La retirada (55 mm) comenzará cuando el contraste sea detectado a una velocidad de 100 Hz, por lo tanto de 100 *frames/s* ó 100 imágenes por segundo. El sistema puede grabar retiradas de hasta un total de 2400 imágenes. La retirada la podríamos hacer de forma manual, simplemente hay que pulsar F5 en el teclado de la consola tras la inyección de contraste. En este caso el momento de comenzar la retirada lo elige el operador.

Tras finalizar la exploración la lente vuelve a su posición inicial y nuevamente estará preparada para un nuevo examen.

No debemos olvidar presionar el botón de desarme en el DOC para poder desconectar el catéter, girándolo en sentido antihorario después de que los LED vuelvan a su posición. Si no se respetan estos pasos existe riesgo de causar daño al sistema.

Tras la adquisición de una retirada podemos ver la secuencia reproducida automáticamente. La imagen se representa de forma transversal (parte superior del monitor) y longitudinal (parte inferior del monitor).

La consola dispone en la parte inferior de la pantalla unos controles que incluyen: *play*, *pause*, *stop* y movimiento *frame* por *frame*. Podemos añadir marcadores donde lo consideremos oportuno y desplazarnos por estos.

El *software* nos va a permitir realizar mediciones precisas. Antes de llevarla a cabo debemos calibrar de nuevo el sistema, de la misma forma que lo hicimos antes, haciendo coincidir un círculo discontinuo de color azul con el anillo más externo del catéter. En este caso lo haremos en modo revisión. La *interface* nos proporciona unos iconos en el margen derecho de la ventana de revisión para calcular el área de forma manual o automática.

Durante la elaboración de este manual comienza a introducirse la nueva versión de OCT de St Jude Medical en España. Las novedades más importantes que aportará ILUMIEN OPTIS son las siguientes: reconstrucción 3D, medidas automáticas de área y diámetro y la posibilidad de seleccionar retirada: 75 mm ó 54 mm de alta resolución. Además es posible con la nueva versión capturar imágenes sin necesidad de hacer una retirada, a este modo se le llama *Stationary*. La tecnología ha sido implementada para alcanzar en esta versión una velocidad de rotación de 180 Hz, una velocidad de retirada de hasta 36 mm/s y obtención de 10 *frames/s* en el modo alta resolución.

El diseño del catéter cambia, así como de la consola y el DOC. El catéter ahora tiene 3 marcas, una fija en la punta y 2 móviles que se desplazan durante la retirada. El DOC en esta versión incorpora unos controles para poder iniciar la retirada, y cambiar a vista en directo.

20.3.6 Cuidados de enfermería.

Los cuidados de enfermería antes, durante y tras el procedimiento no difieren de los aplicados en los procedimientos de intervención coronaria en general. Estos se abordan en otros capítulos de este manual.

20.3.7 Complicaciones.

La tasa de complicaciones es mucho menor con la tecnología actual, fundamentalmente por no precisar de la técnica oclusiva. En un estudio multicéntrico que incluyó 468 pacientes con técnica oclusiva y no oclusiva utilizando TD-OCT los eventos fueron: cambios eléctricos en el ECG y dolor torácico en el 47 % de los pacientes con la técnica oclusiva y 45% con la técnica no oclusiva, complicaciones mayores incluyendo 5 casos de fibrilación ventricular (1,1%) debido a la oclusión con balón, 3 casos (0,6%) de embolia aérea y 1 caso de disección (0,2%)⁸. Se han reportado datos preliminares de registros donde el 10% de los pacientes examinados con FD-OCT tienen inversión de la onda T o depresión del segmento ST, siendo este el evento más frecuente, sin mayores complicaciones durante el procedimiento o en las 24 horas posteriores a la intervención⁹.

20.3.8 Aplicaciones.

A pesar de que actualmente no hay unas indicaciones claras de uso en la aplicación clínica de la OCT podemos destacar múltiples utilidades en el día a día del laboratorio de hemodinámica:

20.3.8.1 Evaluación de la lesión: a) valoración de la lesión causante en el Síndrome Coronario Agudo (SCA) en pacientes sin lesión responsable identificable con angiografía, b) valoración de lesiones con imagen de aspecto brumoso para diferenciar entre trombo, disección y calcificación, c) determinación de ausencia o presencia de placa por ejemplo en espasmo coronario.

20.3.8.2 Valoración preintervencionismo: a) mediciones lumbales para selección de material: tamaño del balón y del *stent*, b) caracterización de la placa para decidir estrategia terapéutica, c) evaluación de las zonas de liberación óptima del *stent*, d) evaluación en bifurcaciones.

20.3.8.3 Postintervencionismo: a) evaluación de la expansión del *stent*, infraexpansión, estenosis residual o aposición incompleta, b) identificación de disecciones del borde, protrusión del tejido y presencia de trombo, c) evaluación tras intervención con balón de corte o Rotablator, d) evaluación de material trombótico tras trombectomía o aplicación de fármacos IIb/IIIa en el SCA, e) seguimiento tras el implante: valoración de la eficacia y seguridad del *stent* a medio y largo plazo: reestenosis desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, trombosis del *stent* y reendotelización del *stent*, f) monitorización de la reabsorción de los *stents* bioabsorbibles (BVS)¹⁰.

20.3.8.4 Investigación.

20.3.9 Imágenes tras el examen. Interpretación.

Para interpretar la imagen correctamente debemos de tener en cuenta que propiedades respecto a la luz tienen las estructuras del vaso y los componentes de la placa, así como la sangre y las endoprótesis con las que trabajamos. Tabla 3¹¹.

	Retrodispersión	Atenuación
Tejido	Moderada	Baja
Lípidos	Moderada	Alta
Calcio	Baja	Baja
Metal	Alta	Alta

Tabla 3 Propiedades ópticas

20.3.9.1 Estructuras más comunes.

20.3.9.1.1 Morfología normal de la arteria coronaria. Aparece como una estructura de 3 capas. La capa media se puede identificar fácilmente con un espesor de unas 200 μm y es la capa más oscura. La íntima normal es una lámina de colágeno que queda fuera del alcance de la resolución OCT, sin embargo se pueden detectar las primeras etapas de engrosamiento, que se representan como una señal homogénea con más brillo que la capa media. La adventicia es una capa heterogénea con más retrodispersión. (Imagen 20.3.4)

20.3.9.1.2 Placas fibrosas. Ricas en colágeno o células musculares. Señal homogénea. Aparecen brillantes con señal intensa. (Imagen 20.3.5)

20.3.9.1.3 Calcificaciones. Se representan como zonas heterogéneas con bordes bien delimitados. (Imagen 20.3.6)

20.3.9.1.4 Núcleos necróticos o tejidos ricos en lípidos. Se pueden identificar como zonas brillantes con gran atenuación de la señal sin bordes definidos. En la mayoría de los casos no se puede medir el espesor debido a la poca penetración y a la gran atenuación de la señal. Sin embargo sí es posible medir con precisión la capa fibrosa. Esto parece tener gran relevancia ya que hay estudios postmortem tras SCA que identifican 65 μm de espesor de la capa como umbral de rotura y posterior organización de trombo. (Imagen 20.3.7)

20.3.9.1.5 Los trombos. Se pueden identificar como masas que sobresalen en la luz del vaso con bordes muy irregulares. Los trombos rojos, ricos en hematíes proyectan una gran sombra, mientras que los blancos, ricos en plaquetas son más brillantes y casi no proyectan sombra. Lo más frecuente es encontrar trombos mixtos.

20.3.9.1.6 Macrófagos. Se suelen localizar entre el núcleo necrótico y la pared de la placa en contacto con el vaso. Se identifican como pequeños puntos muy brillantes. (imagen 20.3.8)

20.3.9.1.7 Vasa vasorum. Aparecen como pequeños “vacíos” de señal bien delimitados, cerca de la pared del vaso. (Imagen 20.3.9)

20.3.9.1.8 Strut del Stent. Se identifican como estructuras casi siempre muy bien definidas, muy brillantes y que proyectan una gran sombra¹².

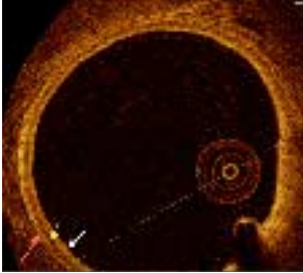


Imagen 20.3.4

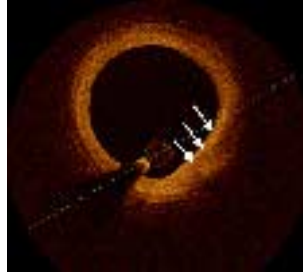


Imagen 20.3.5

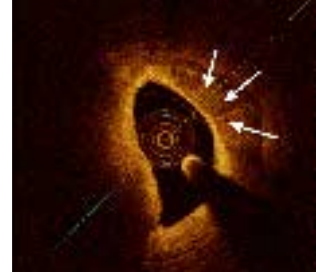


Imagen 20.3.6

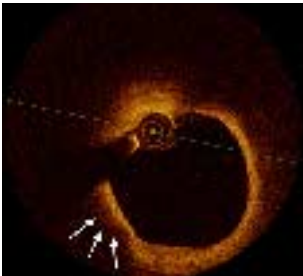


Imagen 20.3.7

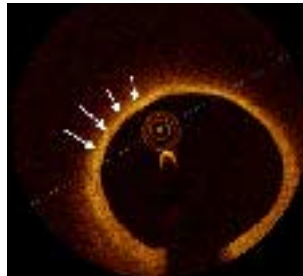


Imagen 20.3.8

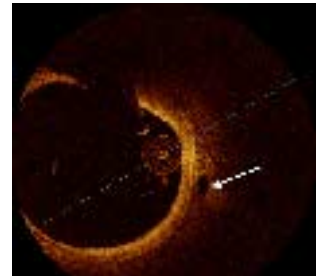


Imagen 20.3.9

20.3.9.2 Artefactos más comunes

Existen inconvenientes inherentes a la técnica, a los principios físicos y a la anatomía coronaria. Durante la adquisición de imágenes y posterior interpretación debemos tener en cuenta diferentes artefactos que nos podemos encontrar, los cuales pueden ser más o menos frecuentes y pueden dificultar una correcta interpretación en mayor o menor medida.

20.3.9.2.1 *Non uniform rotational distortion* (NURD). Surge como consecuencia de un problema mecánico del catéter o de los componentes que lo hacen rotar durante la adquisición. La consecuencia de esta rotación no uniforme es una mancha que aparece en la dirección de rotación la cual provoca una distorsión del lumen del vaso. Este artefacto también es posible contemplarlo en el IVUS. Puede ocurrir por defectos en el catéter, por rozamiento de la fibra óptica en la vaina del catéter al doblarlo (en vasos tortuosos) o por compresión de la vaina por la válvula hemostática⁷ (Imagen 20.3.10)

20.3.9.2.2 Aclaramiento incompleto de la imagen. La eliminación de la sangre del vaso ha sido incompleta al hacer la inyección, por lo tanto el lumen del vaso se observa con alta intensidad lo cual provocará un artefacto que podría impedir una correcta interpretación de la imagen⁷ (imagen 20.3.11)

20.3.9.2.3 Fuera de imagen. Es un artefacto típico de la tecnología basada en el dominio del tiempo debido a su menor diámetro de escaneo. Por lo tanto en los sistemas de última generación es más difícil de ver⁷

20.3.9.2.4 Zurcido (*sew up*). Es producido por el movimiento de la arteria o del catéter. La arteria no está exactamente en el mismo sitio al iniciar una rotación que al finalizarla. Esto puede ser debido a la diferencia del lumen de la arteria que hay en la sístole y en la diástole o al propio movimiento del catéter respecto a la arteria. En los sistemas de última generación estos artefactos son menos frecuentes por la mayor velocidad de rotación. Lo veremos como una imagen de “costura”.⁷ (Imagen 20.3.12)

20.3.9.2.5 Saturación de la señal. Cuando la retrodispersión es demasiado alta, el detector no puede medirla con precisión, lo cual provoca artefactos en las líneas A afectadas. Las estructuras que provocan este artefacto con más frecuencia son los *struts* y la guía. Podemos observar estos artefactos como líneas de alta y baja intensidad en la dirección axial. (Imagen 20.3.13)

20.3.9.2.6 Sombras. Algunos elementos pueden crear sombras en la imagen por lo que es difícil o imposible (dependiendo de la intensidad de la sombra) visualizar el sector subyacente. Los elementos más frecuentes son la sangre en el catéter, la guía, los *struts* y los trombos. (Imagen 20.3.14)

20.3.9.2.7 Efecto tiovivo (*merry go round effect*). Ocurre cuando la posición de la guía es muy excéntrica. Este artefacto se debe a la diferencia de resolución lateral que se logra sobre estructuras escaneadas muy cerca y muy lejos de la fuente. Cuanto más lejos, menor resolución lateral. Comparando los *struts* que están muy cerca de la guía con lo más alejados, estos últimos los veremos más grandes debido a que la resolución lateral a esa distancia es menor. (Imagen 20.3.15)

20.3.9.2.8 Efecto girasol (*sunflower effect*). Se observa en las exploraciones de los vasos donde hay implantado un *stent*. Los *struts* hacen una flexión hacia el catéter a modo de girasol. Se produce con el catéter en posición excéntrica y es más acusado cuando es adyacente a la pared luminal. A medida que el haz de luz desde el catéter rota sobre el *strut*, sólo un segmento del *strut* refleja de nuevo a la fibra óptica por lo que el *strut* puede aparecer como una línea recta de modo artificial, perpendicular al haz de luz y oblicua a la pared del vaso. Por lo tanto este efecto podría hacer creer al operador que el *strut* está mal apuesto¹³ (Imagen 20.3.16)

20.3.9.2.9 Plegado (*Fold Over*). En los sistemas de FD-OCT cuando el vaso es más grande que el diámetro de escaneo puede aparecer un pliegue en la imagen. Esto no debe ser interpretado como una estructura del vaso⁷ (Imagen 20.3.17)

20.3.9.2.10 Incidencia tangencial (*Glancing incidence ó tangential signal dropout*). Si el catéter se encuentra cerca de la pared del vaso, el haz óptico puede ser dirigido casi paralelo a la pared. Es más probable que ocurra cuando la pared que está adyacente al catéter es plana. Este artefacto puede inducir a error en la interpretación de la imagen de la pared de la arteria o de la placa en ese segmento⁷ (imagen 20.3.18).

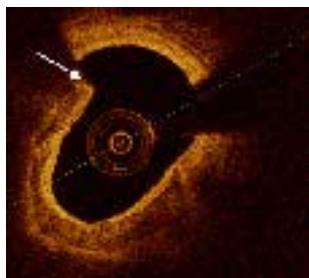


Imagen 20.3.10

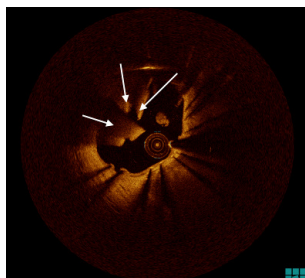


Imagen 20.3.11

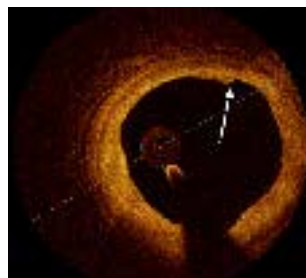


Imagen 20.3.12

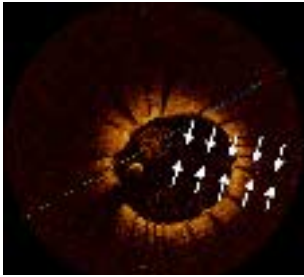


Imagen 20.3.13

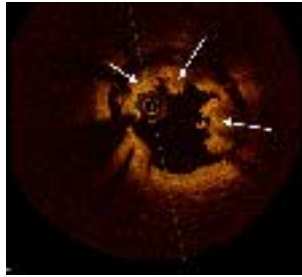


Imagen 20.3.14

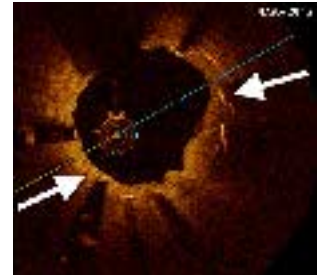


Imagen 20.3.15

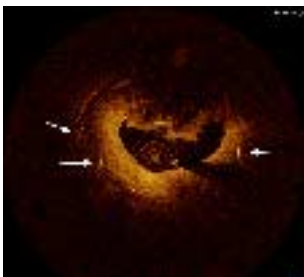


Imagen 20.3.16

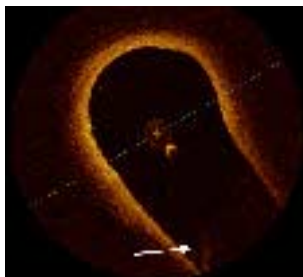


Imagen 20.3.17

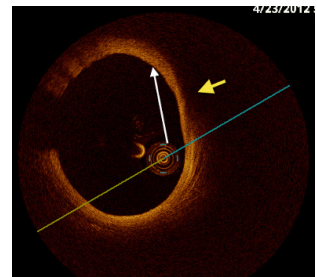


Imagen 20.3.18

20.3.10 Futuro.

Hoy la OCT se basa en la interpretación de imágenes en función de un código de color en un mapa de intensidad. La mejora en la automatización de los algoritmos para representar la imagen, así como la reconstrucción 3-D permitirán una caracterización más objetiva de la placa de ateroma y nos darán otra perspectiva en la interpretación de imágenes. Nuevas tecnologías como la aplicación de coeficiente de atenuación óptico permitirán corregir artefactos y llevar a cabo una caracterización cuantitativa del tejido.⁽¹⁰⁾ Aunque quizás todavía el futuro más espectacular se plantea con la micro-OCT, alcanzando una resolución subcelular que ayudará a comprender mejor la fisiopatología del SCA.

20.3.11 Referencias Bibliográficas.

1. Gonzalo N. Optical Coherence Tomography for the Assessment of Coronary Atherosclerosis and Vessel Response After Stent Implantation [Thesis] Rotterdam. Erasmus University. 2010
2. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et al. Optical coherence tomography. *Science*. 1991;254:1178–1181.
3. Tearney GJ, Brezinski ME, Bouma BE, Boppart SA, Pitris C, Southern JF, Fujimoto JG. In vivo endoscopic optical biopsy with optical coherence tomography. *Science*. 1997;276:2037–2039
4. Brett E Bouma, Seok-Hyun Yun, Benjamin J Vakoc, Melissa J Suter and Guillermo J Tearney. Fourier-domain optical coherence tomography: recent advances toward clinical utility. *Current opinion in Biotechnology*. 2009, 20:111-118.
5. Gutiérrez-Chico JL, Alegría-Barrero E, Teijeiro-Mestre R, Chan PH, Tsujioka H, de Silva R, et al. Optical coherence tomography: from research to practice. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*. 2012 May; 13(5): 370–384.
6. Hiram G. Bezerra, Marco A. Costa, Giulio Guagliumi, Andrew M. Rollins, Daniel I. Simon. In. Intracoronary Optical Coherence Tomography: A Comprehensive Review. *J Am Coll Cardiol Interv*. 2009;2(11):1035-1046.
7. Guillermo J. Tearney, MD, PHD, Evelyn Regar, MD, PHD, Takashi Akasaka, MD, Tom Adriaenssens, MD, Peter Barlis, MD, Hiram G. Bezerra, MD, et al. Consensus Standards for Acquisition, Measurement, and Reporting of Intravascular Optical Coherence Tomography Studies A Report From the International Working Group for Intravascular Optical Coherence

Tomography Standardization and Validation, JACC Vol. 59, No. 12, 2012 March 20, 2012:1058–72.

8. Barlis P, Gonzalo N, Di Mario C, et al. A multicentre evaluation of the safety of intracoronary optical coherence tomography. *EuroIntervention* 2009;5:90–5.

9. Imola F, Mallus MT, Ramazzotti V, et al. Safety and feasibility of frequency domain optical coherence tomography to guide decision making in percutaneous coronary intervention. *EuroIntervention* 2010;6:575– 81.

10. Antonios Karanasos, Jurgen Ligthart, Karen Witberg, Gijs van Soest, Nico Bruining, Evelyn Regar. Optical Coherence Tomography: Potential Clinical Applications. *Curr Cardiovasc Imaging Rep* (2012) 5:206–220.

11. Parikh S, Costa M. High-Resolution Lesion Assessment with OCT. *Cardiac Interventions Today*. July/August 2010: 28-34.

12. Regar E, Prati F. Optical Coherence Tomography En: Eric Eeckhout, Patrick W. Serruys, William Wijns, Alec Vahanian, Marc van Sambeek, Rodney De Palma, editors. PCR-EAPCI Percutaneous Interventional Cardiovascular Medicine Textbook. Vol 1. Part II. Chapter 12. France: Europa Edition 2012. 627-664.

13. Sahar Elahi, J. Jacob Mancuso, Thomas E. Milner, Marc D. Feldman. Sunflower Artifact in OCT FREE J Am Coll Cardiol *Img*. 2011;4(11):1220-1221.

TEMA 20.4. OTRAS TÉCNICAS (HISTOLOGÍA VIRTUAL, DOPPLER INTRACORONARIO).

*Raquel Fernández Sánchez, Manuel Vázquez García, María Nieves Gracia Calzada, Soledad Guerrero Garicano.
Unidad de Hemodinámica. Hospital Vall d'Hebron. Barcelona.*

20.4.1.1 Histología virtual. Introducción ^{1-3,15}.

La reconstrucción de histología virtual realizada por ecografía intravascular (HV-IVUS) es una técnica recientemente validada que tiene como soporte el mismo catéter de ultrasonido intracoronario. Mediante un análisis espectral, por medio de radiofrecuencia, analiza y localiza los colores que caracterizan a los diferentes contenidos de la placa de ateroma, separando el core lipídico, el calcio, la parte fibro-lipídica y la parte fibrosa. (Imagen 20.4.1)

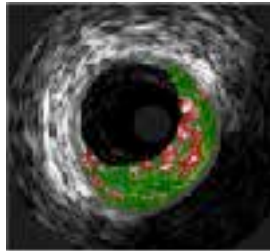


Imagen 20.4.1: Diferenciación tisular: tejido fibrótico (color verde); tejido fibrolipídico (color verdoso- amarillo); tejido necrótico (color rojo); tejido calcificado (color blanco)

La finalidad de la HV es poder obtener información del contenido de las placas de ateroma, así como la vulnerabilidad de las mismas, además mediante el ultrasonido puede analizarse conjuntamente la presencia del tipo de remodelado que acompaña a la placa de ateroma y estudiar la relación entre ambas informaciones.

Los soportes informáticos son capaces de cuantificar el porcentaje de cada uno de estos contenidos de manera automática.

Por tanto, la HV es una técnica validada que permite determinar la composición histológica de la placa aterosclerosa coronaria, en la que los tejidos fibrosos son codificados en color verde, los fibrograsos en amarillo, el calcio en blanco y el core lipídico necrótico en rojo.

La señal de ultrasonidos reflejada en los tejidos, se convierte en señal eléctrica en el rango de radiofrecuencia, antes de ser procesada. Por tanto la presentación de las imágenes convencionales de ultrasonidos solo utiliza la envolvente de la señal de radiofrecuencia. El análisis detallado de los componentes de frecuencia de esa señal puede ofrecer un método para realizar un cierto grado de caracterización tisular y poder evaluar los componentes de la placa de una forma más objetiva.

Diríamos que el ultrasonido convencional IVUS utilizaría sólo la amplitud de la señal para formar la imagen, sin embargo el HV-IVUS se basaría en la amplitud y en la frecuencia de la señal.

La EIV (Ecografía intravascular) ofrece una visión tomográfica de las arterias coronarias y ha demostrado presentar una correlación elevada con las muestras histológicas en los estudios de validación in vitro. Sin embargo, la caracterización precisa de la placa mediante la interpretación visual de la EIV en escala de grises, especialmente en lo que se refiere a las placas con lípidos abundantes, sigue siendo un problema no resuelto. Por lo contrario, el análisis espectral de los datos de radiofrecuencia de la EIV-Virtual Histology (EIV-VH) ha sido una técnica útil para ofrecer información cuantitativa detallada de la composición de la placa y sus resultados han sido validados en estudios efectuados sobre segmentos coronarios humanos. (Imagen 20.4.2)

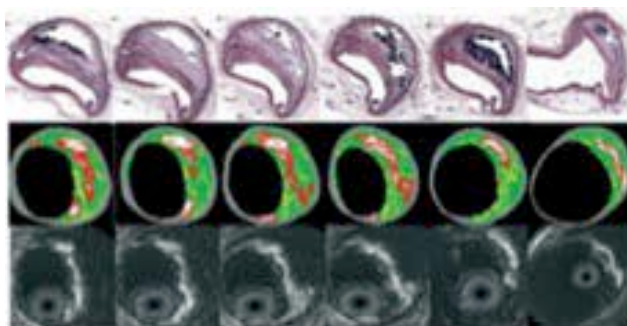


Imagen 20.4.2: Cortes histológicos seriados de un vaso coronario. Los paneles intermedio e inferior muestran la correlación cruzada entre el sistema histología virtual y la ecografía intravascular en escala de grises, respectivamente. Las regiones calcificadas, fibrosas, fibrolipídica y lipídicas aparecen con los colores blanco, verde, verdoso-amarillo y rojo, respectivamente.

La EIV-VH permite realizar un seguimiento de la progresión de la enfermedad no solamente en relación con su volumen, sino también con respecto a su composición.

20.4.1.2. Descripción y preparación del material ⁵⁻⁶.

El material específico para un estudio de HV consiste en el catéter de ultrasonidos intracoronario y la consola para reconstruir, visualizar y archivar imágenes.

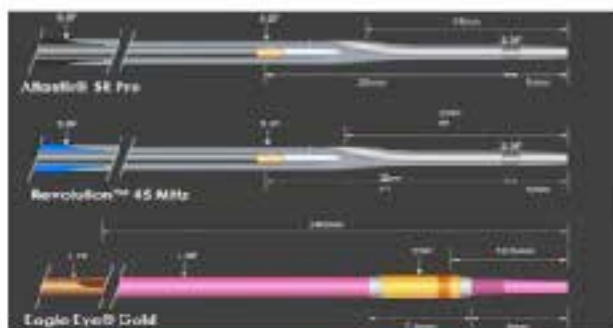


Imagen 20.4.3: Tipos de catéteres de ecografía intravascular que pueden proporcionar HV

Los catéteres para ecografía están diseñados para ser utilizados como complemento de los procedimientos angiográficos convencionales a fin de proporcionar una imagen de la luz y las estructuras de la pared del vaso.

El catéter para HV contiene un transductor cilíndrico ultrasónico que irradia energía acústica al tejido circundante y detecta los ecos posteriores. La información de los ecos se utiliza para generar imágenes en tiempo real de los vasos coronarios y periféricos.

El catéter HV es monorail, utiliza una luz interna que le permite desplazarse sobre la guía de 0,014 pulgadas (0,36mm)

El catéter HV se introduce en el sistema vascular por vía percutánea, a través de un catéter guía y deslizándose por la guía de 0,014”.

Preparación del catéter ecográfico:

- Extraer el catéter de su envase, dentro del campo estéril.
- Conectar el dispositivo de lavado (jeringa de 10cc ó 20cc con solución salina isotónica heparinizada).
- Purgado del catéter ecográfico, inyectando solución salina en su luz. El suero aparecerá por el puerto de salida de la guía.

- Conectar al motor o conector MIP (Modulo de Interconexión con el Paciente), según el modelo de consola que utilicemos.

20.4.1.3 Descripción de la técnica ⁵.

Antes de realizar la técnica, habría que anticoagular al paciente con heparina sódica, según el protocolo de cada unidad/centro.

Preparación de consola:

- Puesta en marcha de la consola.
- Identificación del procedimiento y paciente.

Descripción de la técnica:

- Una vez preparado el catéter se conectara al conector/motor sin manipularlo.
- Durante la manipulación del catéter hay que proteger la punta de impactos y no doblarlo.

También hay que proteger las conexiones eléctricas de la exposición de líquidos.

- Limpiar bien la guía de angioplastia y el catéter con solución salina antes y después de cada uso. Y durante su uso hay que asegurarse de que la colocación del catéter no impida el flujo sanguíneo.
- Al conectar el catéter en el extremo distal de la guía de 0,014" ambos deben estar rectos, sin dobleces ni acodamientos, pues pueden producirse daños en la luz interna.
- Cuando se tengan imagen se ajustaran los parámetros de profundidad.
- El catéter se avanza hasta una posición distal a la lesión a estudio y se inicia la grabación automática o manual en retirada (a una velocidad de 0,5 o 1 mm/s en caso de retirada automática), hasta el final de la arteria a estudiar o hasta que cae en la aorta.
- Se retira el catéter evitando acodamientos. Se limpia para que no queden estos de sangre.

20.4.1.4 Complicaciones y limitaciones ⁴.

La utilización de los catéteres para HV es, en general, segura.

La mayoría de las complicaciones se deben a espasmos coronario inducidos por la guía o el catéter de histología, reversibles con nitroglicerina intracoronaria.

Otras complicaciones derivadas del procedimiento (disección, oclusión aguda, trombosis coronaria, IAM, necesidad de cirugía urgente) son excepcionales.

El uso sistemático de heparina y nitroglicerina intracoronaria reduce la incidencia de complicaciones.

La HV presenta algunas limitaciones:

- El calcio y el metal producen sombra acústica aunque se distinguen por su distribución o la falta de caracterización del material trombótico
- En segundo lugar, es que no permita detectar la cápsula fibrosa fina.

20.4.2 Interpretación de imágenes.

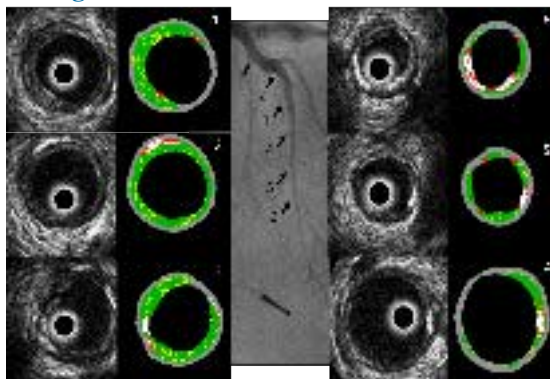


Imagen 20.4.4: Cortes histológicos seriados de un vaso coronario

En esta imagen podemos observar una angiografía con 6 cortes histológicos seriados y la ecografía intravascular en escala de grises respectivamente. Cada corte corresponde:

1. Placa fibro-lipídica con algunas zonas necróticas y calcificadas.
2. Placa fibro-lipídica con arco cálcico y una zona necrótica a las 12h.
3. Placa fibro-lipídica calcificada a las 9 y 13h.
4. Ligera placa fibro-lipídica con arco cálcico a las 3h.
5. Placa fibro-lipídica ligera con calcio a las 4h y en las algunas zonas necróticas.
6. Placa fibrótica con calcio de las 4 a las 9h.

20.4.2.1 DOPPLER INTRACORONARIO. Introducción ^{8,9,15}.

La guía Doppler FloWire está indicada para medir la velocidad del flujo sanguíneo en todos los vasos, incluidos los vasos coronarios, durante una angiografía coronaria diagnóstica o cualquier procedimiento intervencionista. También se puede usar para guiar la colocación de un catéter balón y de otros dispositivos intervencionistas. Las medidas de la velocidad del flujo sanguíneo proporcionan información hemodinámica para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades de las arterias coronarias. (Imagen 20.4.5)



Imagen 20.4.5: Ejemplo de la curva que se muestra al calcular la velocidad media

Cuando la angiografía coronaria presenta limitaciones en la valoración de lesiones intermedias, el Doppler intracoronario podría complementar al estudio angiográfico. La Reserva de Flujo Coronario (CFR) se define como la capacidad máxima de respuesta del lecho vascular para incrementar el flujo sanguíneo en respuesta a una demanda o a un estímulo que produzca una hiperemia máxima (Imagen 20.4.6). Se expresa por el cociente entre el flujo máximo en hiperemia y el flujo basal. Sus valores basales oscilan entre 2 y 5. Si el resultado es patológico, después de realizado el intervencionismo, esta relación debe estar dentro de los parámetros normales.

FFR y CFR

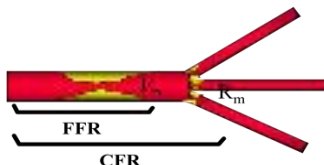


Imagen 20.4.6: Flujo (CFR) efecto que produce en todo el lecho microvascular. Presión (FFR) en lesiones focales dentro de los vasos epicárdicos.

20.4.2.2 Descripción y preparación del material ¹².

La preparación de la mesa exploratoria es similar a la de la realización de una de intervencionismo coronario. La vía de acceso puede ser, tanto femoral como radial.

Al tratarse de una Guía de 0.014", los french del introductor vienen dados por el posible intervencionismo posterior a la arteria a tratar.

Material:

Introductor: (dependiendo del procedimiento posterior)

Catéter guía: (dependiendo de la anatomía coronaria)

Nitroglicerina (NTG)

Adenosina

Heparina sódica

Consola Doppler

Guía Doppler

La Guía Doppler es un cable guía orientable con un transductor de ultrasonidos montado en la punta. Este emite unos pulsos de ultrasonidos que los transmite al equipo de medida (FloMap o ComboMap) con efecto Doppler. La guía FloWire esta disponible en medidas de 175 cm o 300 cm (0,014") y puntas con distintos grados de flexibilidad. Los 3 cm distales de la misma son radiopacos y el extremo proximal lleva un conector eléctrico compatible con el conector proporcionado con la guía.

Es muy importante el conocimiento de la guía Doppler, ya que es muy delicada, un mal uso de ella comportaría su remplazo. Es importante saber que a diferencia de la guía de presión, el transductor lo tiene en la misma punta de la guía, no a 3 cm como lo tiene la guía de presión, por lo que no se le puede dar forma (Imagen 20.4.7).

Comprobar que la parte de la guía (porción proximal) que se introduce en el conector está completamente seca.

Evitar preformar la guía con instrumentos afilados o cortantes. Tener en cuenta que una punta en "J" muy pronunciada puede dificultar la obtención de una buena señal de flujo.

NOTA : Esta guía no está diseñada para atravesar una oclusión total.

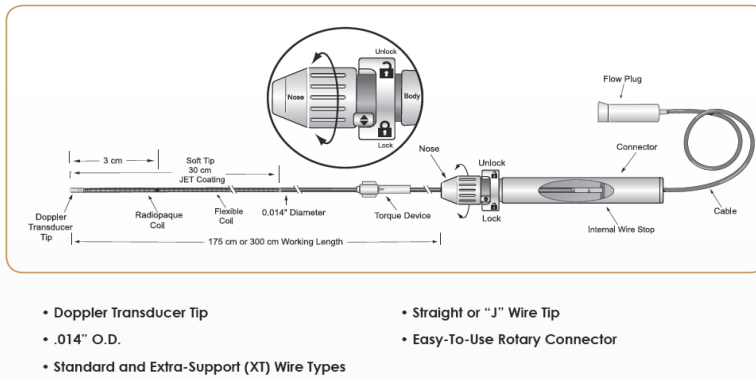


Imagen 20.4.7: Detalle del conector. Detector del transductor en la punta. Zona radiopaca.

20.4.2.3 Descripción de la técnica ^{7,13}.

Previo al análisis de la CFR es aconsejable la inyección intracoronaria de 100-200 µg de NTG ic. Antes de realizar la técnica, hay que anticoagular al paciente con Heparina Sódica, previo al avance de la guía (según protocolo de cada Unidad/Centro).

Es muy importante la colocación de la guía doppler en el vaso, ya que una mala orientación podría ocasionar una mala transmisión de la señal e inducir a falsos datos (Imagen 20.4.8).

La técnica para optimizar la señal Doppler consiste en avanzar la guía distalmente al punto deseado y luego retirarla suavemente hasta alcanzar dicha posición.

Para una correcta medición la punta de la guía debe colocarse como mínimo a 2 cm de la lesión coronaria.

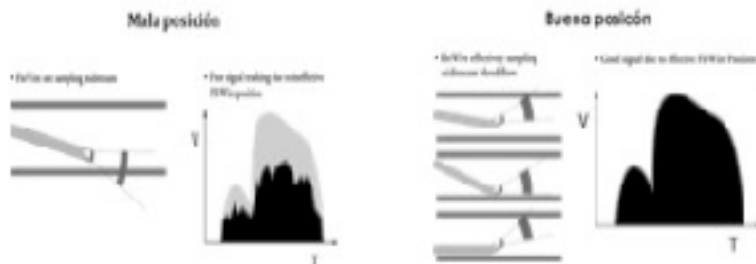


Imagen 20.4.8: Como orientar la guía doppler para obtener una buena imagen

Una vez colocada la guía en la zona a estudiar (pasada la estenosis) se toman los datos de flujo basal (según consola), a continuación se inyecta adenosina IC y se esperan tres latidos cardíacos y se vuelven a tomar los datos, esta vez PICO (Fase 3 de la imagen 20.4.9). Las dosis habituales de Adenosina son las siguientes, IV: 140µg/kg/min durante dos minutos con bomba de infusión (según estudios la hiperemia máxima se alcanza a los 90-120 segundos), IC: 18µg para la coronaria izquierda y 12µg para la coronaria derecha aunque siempre se utilizan dosis considerablemente mayores. La consola nos dará el resultado de la CFR (Imagen 20.4.9)

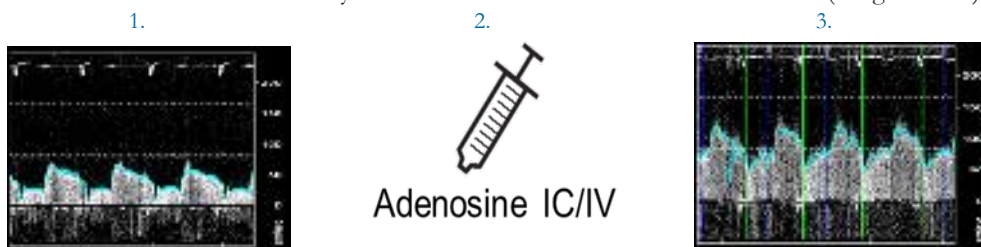


Imagen 20.4.9: Pasos para la consecución de la CFR. 1. Basal. 2. Inyección de adenosina y 3. Pico

Por lo tanto

$$\text{Reserva Flujo Coronario(CFR)} = \frac{\text{APV-Pico}}{\text{APV-Basal}}$$

APV= Velocidad Pico Media

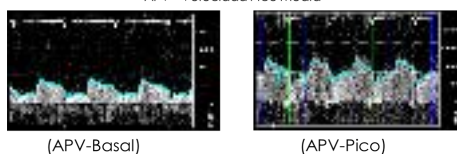


Imagen 20.4.10: CFR: es el ratio entre la velocidad máxima en hiperemia pico APV-P) y la velocidad basal (APV-B) en cm/seg

CONDICIONES	CFR*
Detección de isquemia*	<2
Diagnóstico diferencial	>2
Éxito PTCA	>2-2,5

Imagen 20.4.11: Parámetros para delimitar la severidad de la lesión

20.4.2.4 Complicaciones y limitaciones ¹⁰⁻¹¹.

Complicaciones

Derivadas del cateterismo:

- Espasmo coronario.
- Disección coronaria.

Derivadas del fármaco Adenosina:

- Bloqueo A-V transitorio (<10 seg).
 - Rubor.
 - Sensación de disnea intensa.
 - Dolor torácico (suele ser inócuo).
 - En paciente con historial de asma, broncoespasmo (0,2%), se requiere en ocasiones amiloflina
- Como se ve son iguales que las que pueden aparecer en la administración de este fármaco en la guía de presión.

Limitaciones

Enfermedades clínicamente declaradas que el efecto de la adenosina pueda comprometer la microcirculación por su efecto vasodilatador:

- Hipertrofia Ventricular Izquierda (Contractibilidad)
- Infarto de Miocárdio (>72 horas)
- Diabetes Mellitus (severa)

Enfermedades de la microcirculación:

- La enfermedad microvascular puede impedir una mejora en la perfusión del músculo cardíaco. Situaciones que afecten a la microcirculación pueden también ser problemáticas (IAM, rotablator)

20.4.2.5 Cuidados de enfermería ¹⁴.

Los cuidados de enfermería tanto del doppler intracoronario como de la HV son los mismos que realizamos durante todos los procedimientos diagnósticos e intervencionistas.

20.4.3 Referencias Bibliográficas.

1. Carlos Caorsi S. Enfermedad coronaria y placa vulnerable. ¿Cambiará la Histología virtual su enfrentamiento? Rev.med.clin.condes-2008;19(1) 70-79
2. Rodriguez- Granillo, Gastón A; Regar, Evelyn; Schaar , Johannes A;Serruys, Patrick W; Nuevas tendencias en la evaluación de la placa vulnerable mediante técnicas de cateterismo. Rev Esp cardiol.2005;1197-206.
3. Surmely JF, Nasu K,Fujita H,Terashima M, Matsubara T. Coronary plaque composition of culprit/target lesions according to the clinical presentation: a virtual histology intravascular ultrasound analysis. Eur Herat J.2006;27:2939-44.
4. Jose D Cascón-Pérez, Luciano Consuegra, Francisco Picó-Aracil. Histología virtual de una lesión oclusiva trombótica aguda. Rev Esp Cardiol.2009;62 (6):704-12
5. Manual Eagle Eye Gold Cateter para ecografía intravascular. VOLCANO.
6. Mintz GS,Nisses SE,Anderson WD, et al. American College of Cardiologyclinical expert consensus documento on standards for acquisition, mea-urement and reporting of intravascular ultrasound studies (USIV): Areport of the American college of cardiology task force on clinical expertconsensus documents developed in collaboration with the Europeansociety of cardiology endorsed by the society of cardiac angiography andinterventions. J.Am.Coll.Cardiol.,v.37,p 1478-92,2001.
7. Fernando A. Cura, Ruben Piraino, Luis A. Guzman, Alejandro Meretta, Daniel Cragnolino, Osvaldo Masoli, Lucio T. Padilla, Juan Fernandez, Trivi, M, Alejandro Palacios, Jorge Belardi. "Comportamiento Funcional de Lesiones De Grado Intermedio. Evaluación mediante Doppler Intracoronario, Angiografía Digital y Estudio de Perfusión con Imágenes Tomográficas" Revista Argentina de Cardiología, Marzo-Abril 1998, vol.66, n°2
8. Esplugas,E; Alfonso,F; Alonso,J; Asin,E; Alizag,J; Iñiguez,A; Revuelta,JM. "Guías de Práctica clínica de la Sociedad Española de Cardilología Intervencionista: Angioplastia Coronaria y Otras Técnicas" Rev.Esp.Cardiol. 2000;53:218-40. –vol.53 num 02
9. Mesa,A; Rozo, JC; Treistman,B; Anaya,E. "Ultrasonido Intravascular y Enfermedad Coronaria:Principios Generales (Parte I)". Rev. Peruana de Cardiología. Vol. 28-N° 1- 2002
10. Calabuig,J; Artaiz,M; Azcárate,P; Palazuelos,J; Martín-Raymondi,D. "Avances en Intervencionismo Coronario". Rev.Med. Univ. Navarra/VOL. 49, N° 3, 2005, 53-57
11. Alonso,F; Botas,J; "Intracoronary Diagnostic Techniques". McGRAW-HILL-INTERAMERICANA. 2003. ISBN: 84-486-0486-2003

12. Manual FloWire. Doppler Guide Wire REF 1400 Series-FloWire (VOLCANO)
13. H.J.Pijls,N; De Bruyne,B. "Coronary Pressure". 2000 Kluwer Academic Publishers. Second Edition. ISBN: 0-7923-6170-9
14. Asociación de Enfermería en Cardiología. "Manual de Enfermería en Cardiología Intervencionista y Hemodinámica. Protocolos Unificados". Artes Gráficas Diumaró. DL: VG-0000-2007
15. Sociedad Española Cardiología (Sección de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista). "Manual de Cardiología Intervencionista". Hernandez García, JM. Coordinador. 2005. ISBN. 847592-802-2

TEMA 21.

ESTUDIOS DE HIPERTENSIÓN PULMONAR EN LA SALA DE HEMODINÁMICA.

*M^a Loreto Barroso Morales, Rosa Nieves Rodríguez Hernández, Carmen Elía Sierra Hernández y Gisela Samarín Fernández.
Unidad de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista. Complejo Hospitalario Universitario de Canarias (CHUC). Santa Cruz de Tenerife.*

21.1. Definición.

La hipertensión arterial pulmonar (HAP) se define como un grupo de enfermedades caracterizadas por el aumento progresivo de la resistencia vascular pulmonar (RVP), que conduce al fracaso del ventrículo derecho y a la muerte prematura¹.

Antes de la aparición de los actuales fármacos para el tratamiento de la HAP idiopática (HAPI), la esperanza media de vida era de 2,8 años.

21.2. Definición hemodinámica.

La HAP se define por el incremento anómalo de la presión en la arteria pulmonar. Se considera que existe hipertensión arterial pulmonar (HAP) cuando la presión media en la arteria pulmonar (PAPm) en reposo, calculada por cateterismo cardíaco derecho (CCD), es ≥ 25 mmHg.

Actualmente y debido a la gran variabilidad que suponen factores como la edad, el entrenamiento físico, y el desconocimiento exacto del comportamiento de la presión arterial pulmonar con el ejercicio, no es posible establecer una definición de HAP en el ejercicio aunque se tome como referencia para su definición valores de PAPm ≥ 30 mmHg.

21.3. Clasificación.

La clasificación actual para la HAP surgió tras el 4º Simposio Mundial celebrado en 2008 en Dana Point, California (EEUU) (Tabla 1). Con esta nueva clasificación se perseguía alcanzar los siguientes objetivos: revisar la anterior definición de HAP, actualizar la clasificación para dar fuerza de asociación a los factores de riesgo, redefinir el test de vasorreactividad pulmonar agudo (TVRPA) y agregar al algoritmo terapéutico nuevas drogas y su grado de recomendación^{2,3}.

Tabla 1. CLASIFICACIÓN CLÍNICA DE LA HIPERTENSIÓN PULMONAR.

4º Congreso Mundial de HP- Dana Point 2008.

<p><u>Grupo 1</u></p>	<p>Hipertensión arterial pulmonar (HAP).</p> <p>1.1. Idiopática (HAPI).</p> <p>1.2. Hereditaria:</p> <p> 1.2.1. BMPR2 (Mutaciones del gen que codifica el receptor 2 de las proteínas morfogénicas del hueso).</p> <p> 1.2.2. ALK1 (receptor endotelial), endoglina (glicoproteína de membrana).</p> <p> 1.2.3. Desconocida.</p> <p>1.3. Inducida por drogas y toxinas (metanfetaminas).</p> <p>1.4. Asociada (HAPA) con:</p> <p> 1.4.1. Enfermedades vasculares del colágeno.</p> <p> 1.4.2. Enfermedades cardíacas congénitas.</p> <p> 1.4.3. Hipertensión portal.</p> <p> 1.4.4. Infección por VIH.</p> <p> 1.4.5. Esquistosomiasis.</p> <p> 1.4.6. Anemia hemolítica crónica.</p> <p>1.5. Hipertensión pulmonar persistente del recién nacido.</p> <p>Enfermedad venooclusiva pulmonar (EVOP) y/o hemangiomas capilar pulmonar (HCP).</p>
<p><u>Grupo 2</u></p>	<p>Hipertensión pulmonar debida a enfermedad cardíaca izquierda.</p> <p>2.1. Disfunción sistólica.</p> <p>2.2. Disfunción diastólica.</p> <p>2.3. Enfermedad valvular.</p>
<p><u>Grupo 3</u></p>	<p>Hipertensión pulmonar asociada a enfermedades respiratorias y/o a hipoxemia.</p> <p>3.1. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).</p> <p>3.2. Enfermedad pulmonar intersticial.</p> <p>3.3. Otras enfermedades pulmonares con patrón mixto restrictivo y obstructivo.</p> <p>3.4. Síndrome de apnea del sueño.</p> <p>3.5. Hipoventilación alveolar.</p> <p>3.6. Exposición crónica a grandes alturas.</p> <p>3.7. Displasias pulmonares.</p>
<p><u>Grupo 4</u></p>	<p>Hipertensión pulmonar por enfermedad tromboembólica crónica (HPTEC).</p>
<p><u>Grupo 5</u></p>	<p>Hipertensión pulmonar con mecanismos multifactoriales no claros.</p> <p>5.1. Desordenes hematológicos: trastornos mieloproliferativos, esplenectomía.</p> <p>5.2. Trastornos sistémicos: sarcoidosis, histiocitosis de células de Langerhans: linfangioleiomiomatosis, vasculitis.</p> <p>5.3. Trastornos metabólicos: enfermedades por depósito de glucógeno, enfermedad de Gaucher, desordenes tiroideos.</p> <p>5.4. Otros: obstrucción tumoral, mediastinitis fibrosante, insuficiencia renal crónica en diálisis.</p>

Tabla 1 Clasificación Clínica de HTP.

21.4. Diagnóstico de la HAP.

El proceso diagnóstico de la hipertensión pulmonar es escalonado y abarca la sospecha clínica, la conformación del diagnóstico, la determinación de la etiología y la evaluación de la severidad, de la respuesta al tratamiento y del pronóstico^{4,5}.

La hipertensión pulmonar se encuentra subdiagnosticada y todavía existe el diagnóstico por exclusión.

La base fisiopatológica que subyace al aumento de las resistencias vasculares pulmonares es la enfermedad vascular hipertensiva en arterias pulmonares de pequeño calibre y en su desarrollo participan múltiples factores celulares y moleculares que producen un remodelado de la pared del vaso por cuatro mecanismos fundamentales: vasoconstricción, proliferación celular, trombosis y factores inmunitarios; todo ello sobre una predisposición genética sobre la que actúan factores facilitadores y desencadenantes que dan lugar al inicio de la enfermedad.

Habitualmente cuando el paciente llega a la consulta se encuentra en la etapa final de su enfermedad, esto imposibilita detectar la enfermedad en una fase temprana y tomar una actitud terapéutica precoz que mejore la supervivencia de estos pacientes.

La sospecha de HAP es eminentemente clínica, y se fundamenta en la sintomatología, la presencia de factores de riesgo, los hallazgos de la exploración física y los resultados de exámenes simples como la radiografía de tórax y el electrocardiograma (ECG).

El síntoma de inicio es la disnea de esfuerzo progresiva. Cuando la disfunción ventricular derecha progresa, aparecen la angina o el síncope de esfuerzo por incapacidad del ventrículo derecho (VD) para adaptar el gasto cardíaco al ejercicio; sólo en fases avanzadas estos síntomas se producen en reposo.

Si la valoración inicial confirma la sospecha de HAP, se realizará un ecocardiograma transtorácico, pruebas de función pulmonar y tomografía computarizada de alta resolución torácica para identificar enfermedades pulmonares (grupo 3) o cardiopatía izquierda (grupo 2). Si no hay datos de enfermedad cardíaca o respiratoria o la HAP parece «desproporcionada» para la gravedad de la enfermedad subyacente, se recomienda realizar una gammagrafía pulmonar de ventilación/perfusión (V/Q). Si la gammagrafía muestra múltiples defectos de perfusión segmentaria, debe sospecharse HPTEC. El diagnóstico final de HPTEC requiere un TC multidetector, un cateterismo cardíaco derecho (CCD) y una angiografía pulmonar selectiva.

21.4.1. Estudios diagnósticos.

Entre las exploraciones iniciales, destacamos:

- Ecocardiograma: es una herramienta de gran utilidad por su accesibilidad, bajo coste, sin riesgos potenciales y por ser una prueba no invasiva. Está indicada en todos los pacientes con sospecha de HAP y en el seguimiento de los pacientes ya diagnosticados. El ecocardiograma transtorácico permite estimar la presión sistólica de la arteria pulmonar (PAPs), estimar la presión media en la arteria pulmonar (PAPm), tamaño, función y flujo de llenado de ambos ventrículos, forma y función del septo interventricular, alteraciones valvulares, dimensiones de ambas aurículas, de la arteria pulmonar y de la vena cava inferior. Aporta datos de gran valor sobre el posible origen de la HAP.
- Cateterismo cardíaco derecho (CCD): la realización del estudio hemodinámico es necesario para confirmar la HAP, determinar su gravedad y realizar la prueba de vasorreactividad de la circulación pulmonar que aporta una importante información pronóstica.

21.5. Acciones de Enfermería en Hemodinámica para el Diagnóstico de la Hipertensión Pulmonar.

La evaluación hemodinámica del paciente en estudio por HAP es fundamental en el diagnóstico. Además de confirmar el diagnóstico, el cateterismo cardíaco derecho (CCD) proporciona información respecto a la severidad, al pronóstico y permite establecer la pauta terapéutica a seguir. El CCD siempre debe acompañarse de la prueba de reactividad pulmonar en aquellos pacientes con HAPI, HAP heredable y HAP asociada al uso de anorexígenos.

Para establecer el diagnóstico de HAP, el cateterismo cardíaco derecho (CCD) debe demostrar una PAPm ≥ 25 mmHg en reposo, una PCP ≤ 15 mmHg y unas resistencias vasculares pulmonares > 3 mmHg/1/min (unidades Wood, UW).

21.5.1. Procedimiento.

El procedimiento se realiza, tras la obtención del consentimiento informado, en el laboratorio de hemodinámica por personal entrenado, con monitorización continua del ritmo y frecuencia cardíaca, de la saturación de oxígeno y monitorización seriada de la presión arterial, invasiva si se realiza además cateterismo cardíaco izquierdo o no invasiva si no se realiza cateterismo cardiaco izquierdo.

El paciente debe estar en ayunas y despierto o bajo sedación ligera. La medicación vasodilatadora será suspendida antes del procedimiento según vida media: antagonistas del calcio 12 horas, IECAS 8 horas y nitratos 8 horas⁶.

Se deberán suspender los anticoagulantes orales 48-72 horas antes, heparinas de bajo peso molecular y heparinas no fraccionadas de 12-24 horas y de 4-6 horas respectivamente antes del estudio.

El procedimiento del cateterismo cardíaco derecho, material y complicaciones se han descrito de manera extensa y completa en otros temas de este manual; en este tema sólo especificaremos el material más específico para el estudio de la HAP.

21.5.2. Material necesario.

Además del material habitual de uso en cada sala para el cateterismo cardíaco derecho se precisa de una serie de catéteres específicos. Los catéteres más utilizados son:

- Swan-Ganz; es un catéter con balón flotante, flexible y dirigido por el flujo que permite obtener presiones y muestras de sangre. Tiene accesos proximal, distal y termistores que permiten el cálculo del gasto cardíaco por termodilución. (Imagen 21.1).



Imagen 21.1 Catéter Swan-Ganz.

- Catéter Berman de presión, es un catéter con balón flotante y orificio distal mayor que permite una medición más fiable de presiones, algo más rígido lo que facilita su manipulación pero no nos posibilita el cálculo del gasto cardíaco por termodilución (Imagen 21.2).



Imagen 21.2 Catéter Berman.

- Catéter Courmand, es un catéter con un orificio distal y sin orificios laterales, muy adecuado para la toma de presiones (Imagen 21.3).



Imagen 21.3 Catéter Courmand.

21.5.3. Técnica.

El procedimiento se realiza con el paciente en decúbito supino y con monitorización del ECG, TA y SaO₂.

El personal, tras el lavado de manos quirúrgico, ubicará el campo estéril en la zona del acceso vascular, colocará el transductor de presión a nivel de la línea axilar media y establecerá el valor cero en el canal de presión de referencia.

Las vías de acceso central son la vena cava superior o la cava inferior a través del acceso percutáneo de una vena periférica que permita la colocación de introductor adecuado. Dependiendo del centro y según las características anatómicas del paciente las vías más utilizadas son la vena yugular, cefálica, basilica, subclavía o femoral. La manipulación del catéter es más cómoda y fácil desde el cuello pero es una vía incómoda para el paciente y solo se utiliza cuando no hay otro acceso disponible. Se evita la vía subclavía debido al riesgo mayor de neumotórax que puede llegar a comprometer la vida del paciente con hipertensión pulmonar.

Una vez canalizada la vía de acceso, y tras realizar el lavado de las diferentes luces del catéter y comprobar el correcto funcionamiento del balón, se avanza el catéter a través de la cava superior o inferior hasta la aurícula derecha, apoyándolo en la pared lateral de la AD se forma un lazo para atravesar la válvula tricúspide y con una nueva rotación y retirada, tensando el catéter, se dirige hacia el tracto de salida del VD; esto permite que el catéter migre hacia la arteria pulmonar.

Durante todo el procedimiento se van observando las diferentes curvas de presión venosa hasta su ubicación en la arteria pulmonar y enclavamiento final bajo control fluoroscópico (Tabla 2).

Tabla 2. Cateterismo cardíaco derecho.		Curvas de presión.
	<p>Catéter en Aurícula Derecha</p> <p>Registro de presión AD</p> <p>0-8 mmHg</p>	
	<p>Catéter en Ventriculo Derecho</p> <p>Registro de presión VD</p> <p>Sistólica 20-30 mmHg</p> <p>Diastólica: 0-8 mmHg</p>	




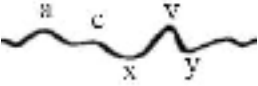
Tabla 2. Cateterismo cardíaco derecho.		Curvas de presión.
	<p>Catéter en Arteria Pulmonar</p> <p>Registro de presión AP</p> <p>Sistólica: 20-30</p> <p>Diastólica: 8-15</p>	
	<p>Catéter enclavado</p> <p>Registro de presión CP-AI</p> <p>1-10 mmHg</p>	

Tabla 2 Cateterismo cardíaco derecho: cavidades, curvas de presión y valores normales.

Antes de efectuar cada medición se realizará la calibración a cero del canal de referencia abriendo el sistema al exterior.

Los datos que se han de registrar son:⁷

- Presión auricular derecha media (PADm),
- Presión sistólica, diastólica y telediastólica ventricular derecha (PSVD, PDVD y PTdVDm),
- Presión arterial pulmonar sistólica, diastólica y media (PSAP, PDAP y PAPm),
- Presión capilar pulmonar (PCP), que es tomada como estimación de la presión en la aurícula izquierda (AI). La PCP es el dato más importante a obtener; debe medirse al final de la espiración de un ciclo respiratorio normal, estableciendo la media en 3 ciclos consecutivos. Se deben obtener registros enclavando el catéter en distintos lugares de ambas ramas de la arteria pulmonar.
- Saturación de oxígeno en arteria pulmonar (AP) y saturación de O₂ sistémico (pulsioxímetro si no se hace cateterismo izquierdo u oximetría en raíz aórtica).
- Gasto cardíaco (GC) e índice cardíaco (IC).

Los métodos para el cálculo del gasto cardíaco son dos: técnica de termodilución o técnica de Fick. El método de termodilución es el más utilizado en la práctica clínica, en las unidades de agudos; se realiza con el catéter de Swan-Ganz y requiere de una inyección de suero salino a 0-5° de temperatura a través del orificio proximal del catéter. Se precisa de una consola a la que conectamos el catéter y que nos proporciona una curva de termodilución; el GC es inversamente proporcional a la superficie bajo la curva de termodilución⁷. El método Fick es actualmente el más utilizado en las salas de hemodinámica y es el más exacto para el cálculo del GC; se basa en que la captación de una sustancia por un órgano es el producto de la diferencia arteriovenosa de dicha sustancia y el flujo sanguíneo de dicho órgano.

- Resistencia vascular pulmonar (RVP).

Los polígrafos utilizados en hemodinámica nos facilitan los datos de gasto cardíaco (GC), índice cardíaco (IC) y RVP registrando en el apartado correspondiente los datos de peso, talla, hemoglobina en sangre (Hb), frecuencia cardíaca (FC), presiones y saturaciones para poder completar las formulas matemáticas de cálculo de estos parámetros (Tabla 3).

Tabla 3. Fórmulas para GC, IC y RVP	Valores normales
Gasto cardíaco (GC) = Volumen sistólico x Frecuencia cardiaca (FC)	4-6 litros minuto
Índice cardíaco (IC) = Gasto cardíaco x metro ² superficie corporal	2,5 – 3,5 L/min/m ²
$RVP = \frac{PAPm - PCP}{GC}$	0,5-1,5 unidades R

Tabla 3 Fórmulas para GC, IC y RVP.

Con todos los datos recogidos en el cateterismo cardíaco derecho (CCD) se logra comprender los factores que regulan la presión venosa pulmonar.

La circulación pulmonar normal se caracteriza por sus altos flujos y bajas presiones. La presión media en la arteria pulmonar (PAPm) a nivel del mar, no sobrepasa los 20 mmHg. Estas bajas presiones del circuito pulmonar se explican porque la resistencia al flujo sanguíneo es muy baja, aproximadamente una décima parte de la resistencia vascular sistémica. La presión de la arteria pulmonar (PAP) depende directamente de la resistencia (RVP), del gasto cardíaco y de las presiones de salida del circuito pulmonar (PCP, presión del capilar pulmonar que, en condiciones normales, es equivalente a la presión en la aurícula izquierda). En condiciones normales, todas estas variables se ven afectadas por el ejercicio. El aumento del gasto cardíaco asociado al ejercicio es compensado por una caída de la RVP, debido a un efecto combinado de distensión y reclutamiento de capilares pulmonares. Se ha demostrado que durante un ejercicio intenso el GC aumenta hasta 20 l/m sin que la PAPm supere los 30 mmHg.

Por estas razones, se define la HAP como aumento de la PAPm >25 mmHg en reposo o > 30 mmHg durante el ejercicio, medidas por cateterización cardíaca derecha.

En la HAP se pierde la capacidad de acomodar incrementos en el flujo pulmonar. Esta resulta de la reducción en el calibre de los vasos pulmonares y/o del aumento del flujo sanguíneo pulmonar.

Podemos diferenciar entre una HAP precapilar y una HAP poscapilar. La HAP precapilar se define como HAP con presión de enclavamiento pulmonar (PCP) ≤ 15 mmHg, con gasto cardíaco (GC) normal o reducido, y existe en los grupos clínicos 1, 3, 4 y 5 de la clasificación de Dana Point.

La HAP poscapilar se define como HAP con PCP > 15 mmHg, con GC normal o reducido, y es característica de la HAP del grupo 2 de Dana Point. En función del gradiente transpulmonar (GTP: diferencia entre la PAP media y la PCP media en mmHg), se divide en HAP pasiva (GTP ≤ 12 mmHg) y HAP reactiva o desproporcionada (GTP > 12 mmHg). En la hipertensión pulmonar pasiva hay elevación de la presión de la arteria pulmonar sin un aumento concomitante de la resistencia vascular pulmonar. Una precarga aumentada del ventrículo izquierdo genera una hipertensión pulmonar pasiva. En la hipertensión pulmonar reactiva hay elevación de la presión de la arteria pulmonar y de la resistencia vascular pulmonar. En las etapas iniciales es reversible si se corrige su causa, sin embargo al hacerse crónica se inducen cambios vasculares irreversibles. La HAP poscapilar aparece como consecuencia al aumento de la resistencia al drenaje venoso pulmonar como sucede en la valvulopatías mitrales.

Una vez confirmada la HAP se realiza el test de reactividad vascular pulmonar con el objetivo de establecer la reversibilidad de la misma tras la administración de agentes vasodilatadores de acción rápida y corta duración. Los agentes recomendados son el epoprostenol endovenoso, óxido nítrico inhalado (NO) y adenosina endovenosa.

La prueba de reactividad vascular se considera positiva si se alcanza una reducción en la PAP media > 10 mmHg respecto al valor basal, alcanzando un valor menor de 40 mmHg, sin caída del gasto cardíaco. Sólo el 10% de los pacientes con HAP cumplen estos criterios y de estos, sólo la mitad serán respondedores al tratamiento a largo plazo.

La descripción de estos procedimientos son detallados en otro tema de este manual.

La principal complicación del CCD es la aparición de arritmias como consecuencia de la estimulación del tracto de salida del VD: arritmias ventriculares autolimitadas, bloqueos AV o bloqueos de rama derecha.

Una vez realizadas las mediciones y/o la prueba de reactividad vascular se procede a la retirada del catéter y del introductor. Se realiza compresión manual de la zona durante 10 minutos. Si la hemostasia es adecuada, se traslada al paciente a su unidad de origen donde se realizarán los cuidados protocolizados tras el CCD y según la vía de acceso utilizada. Se podrá entonces reiniciar el tratamiento farmacológico que venga recibiendo, la ingesta oral y el tratamiento anticoagulante.

21.6. Tratamiento.

- Medidas generales: oxigenoterapia, anticoagulación oral, diuréticos y digoxina.

- Contraindicación de embarazo. Los cambios hemodinámicos durante la gestación suponen un estrés añadido a la mujer con HAP, con una mortalidad materna entre el 20 y 40% y una alta morbilidad materno-filial. Se recomienda la utilización de doble método anticonceptivo, preferentemente con estrógenos VO más un método de barrera.
- Otras recomendaciones incluyen: no desplazarse a lugares con altitud superior a los 1800 m por encima del nivel del mar, fomentar el ejercicio de baja intensidad y de forma gradual. No tomar duchas o baños muy calientes por la vasodilatación que producen y que pueden provocar síncope. No fumar ni usar sustitutivos de la nicotina que son vasoconstrictores.
- Esta indicado el uso de la vacuna de la gripe y del neumococo.
- Medicamentos específicos:
 - Antagonistas de los canales del calcio (ACC). Están indicados en los pacientes con HAP que responden a los vasodilatadores pulmonares en el cateterismo cardíaco derecho. Los ACC más utilizados son el nifedipino, el amlodipino y el diltiazem.
 - Inhibidores de la fosfodiesterasa 5 (iPDE5): sildenafilo y tadalafilo.
 - Antagonista del receptor de la endotelina (ARE): bosentán y ambrisentan.
 - Prostanoides : epoprostenol, iloprost y treprostinil.
- Otros tratamientos: septostomia interauricular, tromboendarectomia pulmonar y el trasplante pulmonar y cardiopulmonar.

21.7. Diagnósticos de enfermería.

Los diagnósticos de enfermería referidos a continuación son en general los aplicables al cateterismo cardíaco derecho y a los pacientes con HAP ⁸⁻¹¹.

Diagnostico NANDA	NIC	NOC
0004 Riesgo de infección.	6540 Control de infecciones.	1101 Integridad tisular: piel y membranas mucosas.
0094 Riesgo de intolerancia a la actividad.	4050 Precauciones cardiacas	1617 Autocontrol enfermedad cardiaca. 0005 Tolerancia de la actividad.
0126 Conocimientos deficientes: tratamiento.	5616 Enseñanza: medicamentos prescritos.	0307 Autocuidados: medicación no parenteral. 0309 Autocuidados: medicación parenteral. 1830 Conocimiento: control de la enfermedad cardiaca.
0126 Conocimientos deficientes: procedimiento.	5618 Enseñanza: Procedimiento/ tratamiento	1814 Conocimiento: procedimiento.
0030 Deterioro del intercambio de gases.	4150 Regulación hemodinámica.	0414 Estado cardiopulmonar. 0802 Signos vitales.
	3350 Monitorización respiratoria	1835 Conocimiento: manejo de la insuficiencia cardiaca congestiva
0146 Ansiedad.	5820 Disminución de la ansiedad.	1211 Nivel de ansiedad. 1402 Autocontrol de la ansiedad.
0148 Temor.	1400 Manejo del dolor.	1404 Autocontrol del miedo.
	5880 Técnica de relajación.	2102 Nivel de dolor

Agradecimientos

A todos los compañeros del Servicio de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista del CHUC. Nuestro agradecimiento a la industria por la cesión de las imágenes (Medtronic® y Direx®).

21.8. Referencias Bibliográficas.

1. Humbert M, McLaughlin VV. The 4th world symposium on pulmonary hypertension. Introduction. J Am Coll Cardiol. 2009; 54:S1-2
2. Proceedings of the 4th world symposium on pulmonary hypertension, february 2008, Dana Point, California, USA. J Am Coll Cardiol. 2009;54:S1-117
3. 4º Simposio Mundial de Hipertension Pulmonar. Dana Point, California, febrero 2008. Simonneau et al. Clasification and Epidemilogy. J Am Coll Cardiol 2009; 54 (1 Suppl S):43-54.
4. Hachulla E, Gressin V, Guillevin L, et al. Early detection of Clasificación actual de la HP pulmonary arterial hypertension in systemic sclerosis: a French nationwide prospective multicenter study. Arthritis Rheum 2005;52:3792-3800.
5. Mukerjee D, St George D, Coleiro B, et 14. al. Prevalence and outcome in systemic sclerosis associated pulmonary arterial hypertension: application of a registry approach. Ann Rheum Dis 2003;62:1088-1093.
6. Web de la Agencia Europea de Medicamentos: <http://www.ema.europa.eu>.
7. Martín Moreiras J, Cruz Gonzalez, I. Manual de Hemodinámica e intervencionismo coronario. Pulso Ediciones 2008.
8. Johnson M, Moorhead S, Bulechek GM, Butcher HK, Maas M, Swanson E. Vínculos de NOC y NIC a NANDA-I y diagnósticos médicos. 3ª edición. Madrid: Elsevier- Mosby; 2011.
9. Herdman TH, editor. NANDA International. Diagnósticos enfermeros: definiciones y clasificación 2009-2011. Madrid: Elsevier; 2010.
10. Moorhead S, Johnson M, Maas MI, Swanson E, editores. Clasificación de resultados de enfermería (NOC). 4ª ed. Madrid: Elsevier; 2009.
11. Bulechek GM, Butcher HK, McCloskey-Dochterman J, editores. Clasificación de intervenciones de enfermería (NIC). 5ª ed. Madrid: Elsevier; 2009.