

CAPÍTULO X CATETERISMO DIAGNÓSTICO Y TERAPÉUTICO PEDIÁTRICO



TEMA 44. CATETERISMOS DIAGNÓSTICOS PEDIÁTRICOS

*María Isabel Plaza Hernández, Sonia López Reusch.
Unidad de Hemodinámica Infantil, Hospital Universitario 12 de octubre, Madrid.*

44.1. Introducción¹.

Las recomendaciones de *American Heart Association* para indicar un cateterismo diagnóstico son principalmente:

- Cuando se quiere obtener datos hemodinámicos y anatómicos para realizar a continuación un cateterismo intervencionista.
- Cuando sea necesario evaluar a pacientes con hipertensión pulmonar para tomar decisiones médicas y/o quirúrgicas.
- En pacientes con atresia pulmonar compleja para completar otros estudios no invasivos y visualizar el árbol vascular pulmonar. Y para visualizar las arterias coronarias cuando el septo está íntegro.
- Para evaluar a los pacientes que esperan ser transplantados siempre que el riesgo del cateterismo no supere a sus beneficios. En ocasiones también se realiza post-transplante para evaluar el resultado.
- Para medir las resistencias y presiones pulmonares y su anatomía previo a la intervención de Glenn bidireccional y Fontan.
- Para hacer un estudio de las arterias coronarias (en casos como enfermedad de Kawasaki o en coronariopatías congénitas).
- Cuando el postoperatorio de un paciente se complica inesperadamente.

44.2. Cuidados de enfermería en el cateterismo cardiaco².

Aunque nos centraremos en los cuidados del paciente en el laboratorio de hemodinámica, el paciente sufre un proceso continuo desde que ingresa en el hospital hasta que se le da el alta. Por este motivo describiremos brevemente los pasos que se dan durante todo el proceso.

44.2.1. Cuidados en planta de hospitalización.

Cuidados el día del ingreso:

- Valoración de enfermería: antecedentes personales, antecedentes familiares, alergias, calendario vacunal, alimentación habitual, toma de constantes e identificación del paciente con pulsera.
- Comprobación-verificación de la historia clínica; consentimientos informados y firmados de anestesia y cardiología, analítica realizada: hemograma y coagulación, pruebas cruzadas y pulsera de banco de sangre puesta, pauta médica habitual (profilaxis antibiótica si fuera necesario), hora pautada de ayunas.
- Valoración del grado de ansiedad del niño y familia; informar de todas las fases del procedimiento, resolver todas las dudas y dialogar con ellos para intentar disminuir ansiedad y temores; además fomentar un ambiente tranquilo.

Cuidados el día del cateterismo:

- Verificar ayunas.
- Bañar al paciente.
- Rasurar zona inguinal si fuera necesario.

- Aplicación de pomada anestésica en zona inguinal bilateral con parche oclusivo.
- Toma de constantes.
- Preparación de la historia clínica.
- Organizar el traslado del paciente a la unidad de hemodinámica acompañado de sus padres o familiares.

Cuidados post-cateterismo:

- En la sala de reanimación: monitorización y vigilancia de constantes vitales, vigilar nivel de conciencia, vigilar sangrado en zonas de punción, pulsos, temperatura y coloración (de los miembros inferiores si la punción ha sido vía femoral y de los miembros superiores si ha sido vía radial); administrar tratamiento pautado: analgésicos, antibióticos, etc...
- En la planta: monitorización y vigilancia de constantes vitales, vigilar sangrado en zonas de punción, pulsos, temperatura y coloración; comprobar signos y síntomas de dolor; control de diuresis; valorar signos y síntomas de vómitos, iniciar tolerancia oral a las 4 horas si su estado lo permite; reiniciar tratamiento médico, reposo en cama durante 24 horas; a las 24 horas retirar el apósito compresivo y ecocardiograma.

44.2.2. Cuidados en el laboratorio de hemodinámica.

Preparación de la sala:

- Encendido del polígrafo y aparato de Rx.
- Encendido y chequeo del aparato de Oximetrías.
- Encendido del desfibrilador y selección del tamaño de las palas (existen dos tamaños, para ≤ 15 Kg y para > 15 Kg) y de potencia en julios según peso y edad (2 julios/Kg en desfibriladores bifásicos).
- Retirar rejillas de detectores si el paciente pesa menos de 10 Kg para disminuir la radiación en el paciente (en los que exista la posibilidad).
- Preparación de manta térmica con su regulador de temperatura.
- Cargar inyector automático de contraste con el contraste.
- Llenar una bolsa de presión con gas CO₂ a la que se conecta una sistema y una llave de tres pasos para inflado de balones de los catéteres específicos de corazón derecho (en caso de rotura del balón este gas se reabsorbe mejor).
- Heparinización de SSF: 0,5 ml heparina Na por cada 500 ml de suero fisiológico para el lavado de catéteres y la misma dilución para el suero fisiológico en bolsa donde se conectan las cabezas de presión.
- Preparación del material de la mesa quirúrgica:
 - Campo quirúrgico, batas y guantes estériles.
 - Varias jeringas para lavado y purgado de catéteres.
 - 1 jeringa de cono LUER para el contraste.
 - Jeringas de 2 cc para oximetrías, si procede.
 - Bránula o catéter periférico del nº 22 (si el niño es mayor, del nº 20) para canalizar vía de acceso.
 - Un bisturí desechable del nº 11.
 - Introdutores, generalmente, de 4 Fr y 5 Fr o 6 Fr (en neonatos en ocasiones se utiliza de 3 Fr y en niños muy mayores 7 Fr o cuando se va a necesitar un acceso con calibre mayor para colocar algún dispositivo).
 - Gasas.
 - Compresa para cubrir genitales.
 - Alargadera de alta presión (para la bomba de inyección de contraste).
 - Sistema con llave de tres pasos que permita la conexión de la bolsa de CO₂ con los catéteres.
 - Un mosquito curvo para dilatar la piel si procede.
 - 2 cazoletas grandes para suero y una pequeña para contraste.

- Sistema de cabezas de presión (habitualmente doble para monitorizar presiones arteriales y venosas).
- Fundas estériles para cubrir (lámpara, detectores, pantalla plomada.).

Preparación de la anestesia:

Hay que tener en cuenta que el paciente pediátrico puede variar mucho de peso, desde niños prematuros con 2 Kg o menos a niños de 60 Kg o más lo que determina el tamaño del material, en pediatría se utiliza gran variedad de tamaños de un mismo producto.

- Preparación de la medicación para la anestesia del niño:
Medicación habitual (para niños a partir de 10 Kg, en recién nacidos la dilución es mayor):
 1. Atropina a 0,1 mg/cc (1 amp en 10 cc de suero fisiológico –SF-).
 2. Fentanest a 10 mcg/cc (2 cc en 10 cc de SF).
 3. Midazolán a 1 mg/cc.
 4. Cefazolina a 100 mg/cc (1 vial de 1 gr en 10 cc de SF).
 5. Heparina 1 mg/kg = 0,1 cc / kg de peso.
 6. Adrenalina a 10 mcg/cc (1/2 amp de 1 mg en 50 cc de SF).
 7. Sueros: Plasmalyte, Ringer lactado, Voluven, Glucosalino 1/3 o 1/5... (a elección del anestesiólogo) siempre en bomba de infusión y con sistema de calentamiento de sueros.
 8. Llenar el depósito del vaporizador con gas inhalatorio sevoflurano.
 9. Relajante muscular a elección del anestesiólogo.
- Verificar correcto funcionamiento del respirador y monitor.
- Preparar aspirador de secreciones y sondas de aspiración del tamaño adecuado.
- Preparar material para la monitorización e intubación:
 - Electrodo para cables de monitorización.
 - Pulsioxímetro.
 - Ventilación manual: mascarilla facial del tamaño adecuado, bolsa de ventilación (0,5 L, 1 L, 2 L), y conexiones necesarias para montar el sistema.
 - Laringoscopia con pala adecuada a la edad (00-0-1-2-3-4-5).
 - Tubo orotraqueal, nasotraqueal, con balón o sin balón, o mascarillas laríngeas, todo eligiendo el tamaño adecuado a la edad y peso del niño.
- Preparar material para colocar sonda vesical (sondas vesicales 6 ch, 8 ch, 10 ch, 12 ch, 14 ch).
- Preparar material para canalización de vías periféricas o centrales. (bránula 24, 22, 20, 18 G, y catéteres centrales 3 Fr, 4 Fr, 5 Fr, según tamaño del paciente)
- Gafas nasales o mascarilla venturi para el traslado al finalizar el cateterismo.

Cuidados durante el cateterismo

A. En la sala previa al Laboratorio de Hemodinámica:

- Premedicación del paciente con midazolam (IV, IN, VO, según la edad y si ya tiene o no canalizada vía periférica), acompañado de sus padres.
- Completar hoja de “Verificaciones para la seguridad del paciente durante el cateterismo cardíaco” donde se comprueban datos como: identidad, ayunas, consentimientos, analíticas, alergias, preparación de la piel, profilaxis, funcionamiento de los aparatos de la sala (de anestesia, aparato de rayos y polígrafo), posibles riesgos durante el procedimiento, personal que realiza intervencionismo.
- Traslado del paciente al Laboratorio acompañado de uno de sus padres para minimizar su ansiedad.

B. En el Laboratorio de Hemodinámica:

Preparación del paciente:

- Conexión y encendido de manta térmica.
- Monitorización del paciente:
 - ECG con 3 electrodos
 - Sensor para Sat. de O₂ en uno de los miembros superiores
 - Manguito para monitorizar presión no invasiva

- Conexión al monitor de cabezas de presión de la presión venosa central y presión arterial si las trae.
- Colocación de placas externas de desfibrilación si fuera necesario.
- Monitorización de la saturación cerebral si precisa con Invos®.
- Monitorización del grado de sedación si preciso con BIS®
- Ningún cable debe atravesar el campo de exploración ya que son radiopacos y aparecerían en las imágenes.
- Colaboración con el anestesiólogo en: ventilación manual con la mascarilla facial y la bolsa e inducción anestésica con el gas. En el momento que el niño se duerme los padres salen de la sala.
- Canalización de vía venosa si no la trae o si se necesita otra.
- Conexión del suero con sistema de calentador de líquidos y bomba infusora y administración de medicación.
- Intubación o colocación de mascarilla laríngea y fijación.
- Conexión al sistema de ventilación mecánica o espontánea.
- Colocación de SNG.
- Colocación de sonda vesical.
- Monitorización de temperatura esofágica.
- Monitorización de la saturación cerebral si precisa.
- Colaborar con el anestesiólogo en la canalización de vía central si fuera necesario.
- Monitorización para la poligrafía:
 - ECG con 5 electrodos a colocar de forma que el tórax quede libre
 - Sensor para Sat de O₂, generalmente en MII
 - Manguito para NBP, también en MII
- Colocación de rodete para elevación de zona inguinal en niños menores de 1 año si se considera necesario y protector radiológico para gónadas.
- Elevación de los brazos del paciente hacia la cabeza procurando una postura ergonómica para evitar lesiones cuando se utiliza un aparato de rayos biplano (para que no interfieran en la imagen radiológica).
- Lavar la zona de punción con agua y jabón y pintado quirúrgico desde el ombligo hasta el tercio superior de los muslos, insistiendo en ingles. Se pinta con clorhexidina acuosa al 0,5 % en niños menores de 2,5 Kg y con clorhexidina acuosa al 2 % en niños mayores de 2,5 Kg.
- [Preparación de la mesa-campo quirúrgico:](#)
- Lavado quirúrgico de manos de los participantes. Colocación de bata y guantes estériles.
- Se abre el campo quirúrgico y se echa al campo el material preparado previamente.
- Colocar en posición de trabajo el/los arcos de Rx.
- Preparación del campo quirúrgico con los paños y sábanas, dejando expuesto desde el ombligo hasta el tercio superior de los muslos (en la mayoría de cateterismos). Y dejando también si fuera necesario libre la zona para la punción de vena yugular, o arterial axilar, etc, dependiendo de la vía de acceso que se necesite.
- Conexión del sistema de cabezas de presión a la bolsa de suero salino heparinizado y colocación de los transductores en su tablilla. Purgado del sistema.
- Conexión del sistema de suero con llave de tres pasos a la bolsa llena de CO₂.
- Conexión de la alargadera de alta presión al inyector automático de contraste.
- Calibrar las cabezas de presión.
- Purgado de los introductores.
- Purgado de catéteres que se vayan a utilizar.
- Inicio del procedimiento.

[Al finalizar el cateterismo:](#)

Tras retirar los introductores compresión manual sobre la zona de punción durante 10 minutos para evitar el sangrado o hematoma posterior. Transcurridos los 10 minutos se comprueba que no

sangra y se coloca apósito compresivo sobre la zona.

Colaborar con el anestesiólogo en el despertar del paciente.

Acompañar al paciente a la sala de reanimación con mascarilla de oxígeno o gafas nasales y transmitirle a la enfermera que lo recibe toda la información necesaria.

44.3. Material que se utiliza en los cateterismos pediátricos³.

En pediatría se utilizan los mismos tipos de catéteres, guías e introductores pero de menor calibre.

- Introductores: de 3 a 6 Fr es lo habitual pero en algún caso se podría utilizar para niños mayores de 7 a 10 Fr.
- Guías: Hidrofilicas y teflonadas de 0.025 y 0.035 G de diferentes longitudes y de angioplastia coronaria (0.014 G) son las más habituales, también se utilizan otro tipo de guías que dan mayor soporte.
- Catéteres: para el lado derecho del corazón se utilizan catéteres tipo Berman de angiografía y de presiones que van de 4 French (Fr) a 7 Fr. Y en el lado izquierdo del corazón se utilizan catéteres para hacer angiografías como NIH 4 y 5 Fr y Pig-tail 4 y 5 Fr y catéteres de diferentes curvas para sondar distintos vasos como colaterales o arterias mamarias, coronarias, fistulas quirúrgicas, o DAP, etc, con calibres pequeños, 3, 4, 5 y 6 Fr; algunos por ejemplo son: catéteres que se nombran según el destino para el que se diseña (de mamaria interna, catéter de coronaria derecha, multiusos, de carótida derecha, catéter cobra, catéter recto, etc), todos ellos con diferentes longitudes, diferentes tipos de pala (la curva final del catéter puede tener varias longitudes), y con distinta situación de la luz del catéter (con o sin luz distal y/o con salida en los laterales del extremo final que dañan menos los tejidos vasculares cuando se irriga suero o contraste a través de ellos).
- Vainas: de diferentes diámetros (desde 5 fr hasta 12-14 fr que suele ser el mayor diámetro utilizado en niños) y diferentes curvas; para avanzar dispositivos y así proteger los tejidos de los vasos.
- Catéteres balón: existen variedad de casas comerciales, pueden ser monorraíl (sólo tiene una luz para inflar el balón y la guía sale por un lateral del catéter cerca del extremo distal) o coaxial (tiene dos luces, una para la guía y otro para inflar el balón). El tamaño del balón es diverso, desde 3 mm de diámetro hasta 25 mm con distintas longitudes del balón. En pediatría se puede utilizar un balón que está destinado para realizar una angioplastia coronaria en adultos para hacer una angioplastia de una rama pulmonar en un lactante.
- Stents: ocurre como con los balones, son de diámetros y longitudes más reducidas pero se colocan igual que en adultos. Se pueden utilizar los que hay que crimpar a un catéter balón con la medida adecuada o los que ya vienen premontados en un catéter balón que en adultos se utilizan para otro tipo de intervencionismo (stent para arterias renales, coronarias...)
- Dispositivos de cierre: coils, microcoils, coils de liberación controlada, dispositivos para CIA, CIV, DAP, foramen oval, tapones vasculares.
- Lazos: Se utilizan para formar asas arterio-venosas con una guía para facilitar después el trabajo y dar soporte cuando hay que colocar un balón para dilatar, un stent o un dispositivo de cierre. Son de 4 y 6 Fr con un diámetro del círculo que forma el lazo al abrirlo de 5, 10 y 15 mm.

44.4. Cateterismo diagnóstico pre-glenn^{3,4}.

DEFINICIÓN DE GLENN BIDIRECCIONAL.

Glenn bidireccional es la conexión de la vena cava superior con la rama pulmonar derecha.

Esta operación es una de las fases para paliar (no llegan a corregirse) quirúrgicamente las cardiopatías congénitas con un ventrículo hipoplásico (atresia pulmonar, síndrome ventrículo izquierdo hipoplásico, ventrículo único...)

OBJETIVOS DEL CATETERISMO.

1. Conocer la presión y resistencia en el circuito pulmonar.
2. Evaluar la función ventricular, la presencia y grado de insuficiencia de las válvulas AV y conocer la presión telediastólica del ventrículo sistémico.

3. Estudiar la anatomía de la fístula aorto-pulmonar cuando exista.
4. Estudiar la anatomía del árbol pulmonar y calcular los índice de Nakata y McGoon* (índice utilizados para valorar si el tamaño de las ramas es suficiente para realizar la cirugía.
5. Realizar intervencionismo cardíaco cuando sea necesario (por ejemplo angioplastia rama pulmonar si fuera necesario)

*Índice Nakata: suma de las áreas de ambas ramas pulmonares medidas antes de la bifurcación dividido entre superficie corporal, en la actualidad el valor normal es aproximadamente $150 \pm 30 \text{ mm}^2/\text{m}^2$.

*Índice McGoon: suma del diámetro de ambas ramas pulmonares dividiéndolo entre el diámetro de la Aorta a nivel diafragmático. Debe ser ≥ 1 .

Índice de McGoon	
> 2	Normal
1.8-2	Hipoplasia leve
1.5-1.8	Hipoplasia moderada
< 1.5	Hipoplasia grave

MATERIAL ESPECÍFICO.

- Introdutores: 4 fr y 6 fr.
- Catéter tipo Berman 5 o 6 fr para hacer ventriculografía y catéter de presiones 5 o 6 fr para tomar gradientes, tomar muestras de sangre para las oximetrías en el circuito pulmonar del corazón.
- Catéter para sondar la fístula de 4 fr (se decidirá en el momento según la anatomía, tipo mamaria interna, coronaria derecha –con agujero distal que permita inyectar contraste e introducir guía para buscar la fístula-) y realizar angiografía de la fístula y de las ramas pulmonares.
- Guías (teflonadas y/o hidrofílicas) de 0.025” y 0.035”.
- Diferente material según el intervencionismo que se quiera realizar (véase tema cateterismo terapéutico).

PROCEDIMIENTO.

1. Canalización de una vena femoral (normalmente introductor de 6 fr) y canalización de una arteria femoral (normalmente introductor de 4 fr).
2. Registro de presiones (AD, AI, V común, Ao, ramas pulmonares) y oximetrías (VCS, VCI, VP, Ao, AP).
3. Angiografías:
 - En fístula aorto-pulmonar en proyección antero-posterior (AP) y lateral (Lat) estrictas para visualizar la fístula y el árbol vascular pulmonar (para obtener el diámetro de las arterias pulmonares). También se pueden utilizar oblicuas si no se visualizan bien las ramas (OAD 45° craneal 35° y OAI 45° craneal 35°)
 - Ventriculografía sistémica. Proyecciones OAD 30° y Lat.
 - Venografía en VCS y tronco venoso innominado para descartar presencia de VCSI (vena cava superior izquierda).
 - Aortografía para estudiar la anatomía del arco aórtico en pacientes con cirugía previa de Norwood.

INTERVENCIONISMO.

- Angioplastia de arterias pulmonares si fuera necesario.
- Implante de stents en fístulas estenóticas si fuera necesario.
- Embolización de colaterales: en raras ocasiones antes de la intervención de Glenn bidireccional se necesita, pero podría darse el caso de tener que hacerlo.

44.5. Cateterismo diagnóstico pre-fontan^{3,4}.

DEFINICIÓN DE FONTAN.

Es la conexión de la vena cava inferior con la rama pulmonar derecha. Es la última fase de la corrección quirúrgica de las cardiopatías congénitas con ventrículo hipoplásico.

OBJETIVOS DEL CATETERISMO.

1. Conocer la presión y resistencia en el circuito pulmonar y obtener una estimación de la presión en el Fontan.
2. Evaluar la función ventricular, la presencia y grado de insuficiencia de las válvulas AV y conocer la presión telediastólica del ventrículo sistémico.
3. Estudiar la anatomía del árbol pulmonar y calcular los índices de Nakata y McGoon.* (índices utilizados para valorar si el tamaño de las ramas es suficiente para realizar la cirugía)
4. Buscar la presencia de circulación colateral (aorto-pulmonar, veno-venosa, arterio-venosa pulmonar).
5. Realizar intervencionismo cardiaco cuando sea necesario

* Véase cateterismo diagnóstico pre-glenn.

MATERIAL ESPECÍFICO.

- Introdutores: 4 fr y 6 fr (x2).
- Catéteres tipo Berman para angiografías y catéteres de presiones con balón para tomar presiones, tomar muestras de sangre para las oximetrías en el circuito pulmonar del corazón y para angiografías.
- Catéteres tipo pig-tail para toma de presiones, toma de muestras de sangre para las oximetrías en el circuito sistémico del corazón y para angiografías.
- Guías (teflonadas, hidrofílicas...).
- Catéter de mamaria interna para realizar angiografía de las mamas.
- Diferente material según el intervencionismo que se quiera realizar (vease el tema cateterismo terapéutico).

PROCEDIMIENTO.

1. Canalización de 1 vena yugular y 1 femoral (normalmente introductor de 6 fr) y canalización de arteria femoral (con introductor 4 fr).
2. Registro de presiones y toma de oximetrías.

Cavidad	Presión	Oximetría
Vena cava superior		X
Rama pulmonar derecha	S/D (M)	X
PCP derecha	A/V (M)	
Rama pulmonar izquierda	S/D (M)	X
PCP izquierda	A/V (M)	
Vena cava inferior		X
Aurícula derecha	A/V (M)	
Aurícula izquierda	A/V (M)	
Vena pulmonar		X
Ventrículo sistémico	S/Td	
Aorta ascendente	S/D (M)	X
Aorta descendente	S/D (M)	

* S (presión sistólica), D (presión diastólica), M (presión media), A (onda A), V (onda V), Td (presión telediastólica).

3. Angiografías:

- Angiografía en VCS (conducto Glenn) con proyecciones antero posterior (AP) y lateral (Lat) para obtener el diámetro de la VCS y de su unión a las pulmonares y el diámetro de las arterias pulmonares.
- Angiografía en tronco venoso innominado. Proyecciones AP y Lat. para valorar colaterales veno-venosas que pueden producir desaturación en el paciente.

- Ventriculografía sistémica. Proyecciones OAD 30° y Lat.
- Aortograma. Proyecciones AP y Lat: para la medición del anillo aórtico, aorta ascendente, arco proximal, arco distal, aorta descendente torácica y aorta descendente abdominal; y para visualizar si hay colaterales sistémico-pulmonares.
- Angiografías selectivas en subclavia derecha e izquierda, en mamas: para visualizar colaterales sistémico pulmonares.
- Angiografía en VCI. Proyecciones AP y Lateral: para medir la unión de VCI con aurícula derecha.
- Angiografías selectivas en las colaterales visualizadas para su posterior embolización.

INTERVENCIONISMO.

- Angioplastia de arterias pulmonares o de la unión de la VCS con las arterias pulmonares.
- Implantación de stents en las arterias pulmonares.
- Embolización de colaterales veno-venosas.
- Embolización de colaterales aorto-pulmonares.
- No está clara su indicación ni si mejora el postoperatorio del Fontan, pero en general se recomienda embolizar aquellas colaterales de mayor tamaño (grados III y IV).

44.6. Cateterismo diagnóstico de hipertensión arterial pulmonar (HAP)⁵.

El cateterismo cardiaco determina directamente de forma invasiva la presión arterial pulmonar (PAP) siendo el *gold standar* para el diagnóstico de HAP; además es una herramienta esencial en la evaluación de los pacientes dado que las variables hemodinámicas tienen importancia pronóstica. En el cateterismo cardiaco se hace un estudio de hemodinámica basal (medición de presiones y saturaciones, cálculo del gasto y resistencias pulmonares) y un test de vasodilatación pulmonar. Se puede emplear el *NO inhalado*, el *Epoprostenol i.v.* o la *Adenosina i.v.* Se considera positivo si presenta un descenso de un 20% o más de la presión media de la arteria pulmonar junto con el aumento o la ausencia de variación del gasto cardíaco.

El diagnóstico y estudio de la hipertensión pulmonar en pacientes pediátricos es similar al de adultos, por ello no lo volvemos a describir aquí y habrá que remitirse al tema 21.

44.7. Angiografía cardiovascular³.

Permite:

1. Definir el situs atrial, posición de los ventrículos y de los grandes vasos.
2. Valorar conexiones atrioventriculares y ventrículo-arteriales anormales.
3. Diagnosticar cortocircuitos anómalos.
4. Demostrar obstrucciones, estenosis o atresias.
5. Valorar la gravedad de las insuficiencias valvulares.
6. Identificar cavidades y vasos dilatados.
7. Calcular masas, volúmenes ventriculares y función ventricular izquierda.
8. Controlar posicionamiento en la implantación de dispositivos de cierre de CIA, CIV y ductus, embolización de vasos anómalos o implantación de stent endovasculares.

Proyecciones angiográficas:

1. PLANO FRONTAL O ANTEROPOSTERIOR (0°) Y LATERAL (90°).

Es el plano en el que se realizan la mayoría de los estudios.

- Estudio del ventrículo derecho y el tracto de salida de ventrículo derecho.
 - Estudio de las válvulas auriculoventriculares.
 - Estudio de las ramas pulmonares.
 - Estudio del drenaje de las venas pulmonares.
 - Estudio de la aorta ascendente, cayado y descendente. Troncos supraaórticos.
 - Estudio del ductus arterioso.
2. PLANO ANTEROPOSTERIOR CON CRANEAL (30-45°) Y LATERAL.
 - Bifurcación de las ramas pulmonares. Valoración de la rama pulmonar derecha.

- Tracto de salida de ventrículo derecho y válvula pulmonar.
- 3. PLANO ANTEROPOSTERIOR CON CAUDAL (45°) Y LATERAL.
 - Buena visualización de la aorta ascendente
- 4. PROYECCIÓN OBLICUA EJE LARGO (OBLICUA ANTERIOR IZQUIERDA 70° Y CRANEAL 30°) CON OBLICUA ANTERIOR DERECHA 30°.
 - Estudio del ventrículo izquierdo y del tracto de salida de ventrículo izquierdo (valoración de estenosis subaórticas).
 - Estudio del arco aórtico completo.
 - Valoración de comunicaciones interventriculares perimembranasas y trabeculares en la porción media.
 - Estudio en la doble salida del ventrículo derecho de la continuidad mitroaórtica y la relación de los grandes vasos con la comunicación interventricular.
 - Válvula mitral: prolapso de la valva anterior.
- 5. OBLICUA ANTERIOR DERECHA (30°).
 - Estudio de los anillos auriculoventriculares.
 - Estudio de la válvula mitral y de los músculos papilares del ventrículo izquierdo.
 - Septo infundibular y comunicaciones interventriculares anteriores.
- 6. OBLICUA ANTERIOR DERECHA (30°) CON CRANEAL (30°).
 - Coronariografía izquierda: buena visualización de la descendente anterior en su porción media y distal.
 - Coronariografía derecha: buena visualización de la descendente posterior.
- 7. OBLICUA ANTERIOR DERECHA (30°) CON CAUDAL (45°).
 - Coronariografía izquierda: estudio de la arteria coronaria izquierda.
- 8. OBLICUA ANTERIOR IZQUIERDA (60-70°).
 - Defectos septales membranosos y trabeculares.
 - Estudio del tracto de salida ventricular izquierdo.
 - Origen de la rama pulmonar izquierda.
 - Coronariografía derecha: estudio de la arteria coronaria derecha.
- 9. OBLICUA ANTERIOR IZQUIERDA (70°) CON CAUDAL (45°).
 - Coronariografía izquierda: buena visualización de la arteria coronaria izquierda y la circunfleja.
- 10. OBLICUA ANTERIOR IZQUIERDA (45°) CON CRANEAL (45°) = PROYECCIÓN DE CUATRO CÁMARAS.
 - Defectos septales atriales (inyección en AI). Defecto ostium primum (ventriculografía izquierda).
 - Conexiones atrioventriculares. Estudio del canal AV.
 - Septo interventricular de entrada o posterior.
 - Tracto de salida pulmonar.

44.7. Referencias Bibliográficas.

1. Timothy F. Feltes, Emile Bacha, Robert H. Beekman III, and cols. *Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric Cardiac Disease*. a Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2011; 123: 2608-2609.
2. Consuelo Herreros, Victor M. Fontecha, Sonia Gil y cols. *Cateterismo y cirugía cardíaca, cuidados preoperatorios y postoperatorios*. Guías de cuidados de enfermería Hospital Universitario Doce de Octubre 2013.
P.J Davis, F.P. Cladis, E.K. Motoyama. *Smiths Anesthesia for infants and children*. Eighth edition.
3. Timothy F. Feltes, Emile Bacha, Robert H. Beekman III, and cols. *Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric Cardiac Disease*: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2011; 123: 2607-2652.
4. Alberto Mendoza, Leticia Albert, Enrique Ruiz y cols. *Operación de Fontan. Estudios de los factores hemodinámicas asociados a la evolución postoperatoria*. Revista española de cardiología 2012; 65: 356-362.
5. M.A. Gomez Sanchez, P. Escibano Subías. *Protocolos de actuación en hipertensión arterial pulmonar*. Unidad de insuficiencia Cardíaca e hipertensión pulmonar. Hospital Universitario 12 de Octubre. 2008.

TEMA 45. CATETERISMOS PEDIÁTRICO INTERVENCIONISTA

*María Isabel Plaza Hernández, Sonia López Reusch.
Unidad de Hemodinámica Infantil, Hospital Universitario 12 de octubre, Madrid.*

45.1. Introducción.

Consiste en la aplicación con fines terapéuticos de las técnicas del cateterismo cardiaco. Fundamentalmente están destinados a dilatar vasos y válvulas o bien a ocluir defectos septales, vasos o comunicaciones anormales tanto intra como extracardiácas. También son una opción terapéutica a la cirugía de Noorwod en periodo neonatal en pacientes con síndrome de hipoplasia de cavidades izquierdas con el implante de dispositivos (stents) que permiten mantener el ductus permeable a modo de fistula sistémica asociada a la realización de banding quirúrgico para evitar el hiperflujo pulmonar en la misma sala de hemodinámica.

Ya en esta década se están implantando con gran expectación dispositivos valvulados implantados sobre un stent insertados en el tracto de salida del ventrículo derecho en niños con cardiopatías congénitas intervenidas e insuficiencia pulmonar severa residual.

Por último reseñar la posibilidad de realizar actualmente intervencionismo valvular fetal para recuperar la función ventricular en niños que inexorablemente nacerían con un ventrículo hipoplásico.

45.2 Técnicas de apertura.

45.2.1. Técnicas de apertura de comunicaciones auriculares.

- ATRIOSEPTOSTOMIA DE RASHKIND¹.

Creación de una comunicación interauricular (CIA) por rotura de la fosa oval que permite el paso de sangre entre ambas aurículas.

Se realiza como una urgencia vital en los casos de transposición de grandes arterias (TGA) con septo interventricular íntegro, en el drenaje pulmonar anómalo total con CIA restrictiva, en casos de atresia tricuspídea y atresia pulmonar con septo íntegro y en el síndrome de cavidades izquierdas hipoplásicas si hay signos de obstrucción a ese nivel.

Consiste en la introducción por vía venosa femoral o umbilical de un catéter balón especial (catéter de atrioseptostomía de Rashkind o similar) que bajo control ecográfico se avanza hasta la aurícula derecha y de ahí se pasa a través de la fosa oval hasta la aurícula izquierda. El balón se llena con 2 o 3 cm de suero salino y a continuación se realiza un tirón enérgico hasta la unión de la vena cava inferior con la aurícula derecha. Esta técnica es muy efectiva en periodo neonatal y raramente tiene éxito pasado el segundo mes de vida debido al engrosamiento del tabique interauricular.

Se realiza generalmente en la unidad de cuidados intensivos neonatales con lo que se evitan las complicaciones del traslado de un paciente inestable y el riesgo de las radiaciones ionizantes en un paciente de tan corta edad.

- OTRAS TÉCNICAS TRANSEPTALES².

Están indicadas cuando se debe acceder a la aurícula izquierda y no existe comunicación previa entre las aurículas (estudios electrofisiológicos, estenosis de venas pulmonares, descompresión de la aurícula derecha en hipertensión pulmonar o fallo postoperatorio del ventrículo derecho...)

La forma más habitual de perforar el septo auricular es mediante la aguja transeptal de Brockenbourg junto con vainas transeptales; pero también se puede perforar el tabique mediante radiofrecuencia sobre todo en niños pequeños. Se necesita un catéter fino coaxial que se apoya en el septo dentro del cual se introduce la guía de radiofrecuencia, a esta le proporciona la energía necesaria un generador de radiofrecuencia. La energía necesaria es baja (5 W) y se aplica durante poco tiempo (0.4-2 seg). Una vez perforado el tabique se puede avanzar el catéter coaxial hacia la aurícula izada e

introducir en él una guía que de más soporte para posteriores intervenciones (dilatación del defecto, implantación de stent, etc). Las complicaciones pueden ser perforación cardiaca, sobre todo si la aurícula es de pequeño tamaño y embolismo gaseoso en relación con el cambio de catéter y guías.

45.2.2. Valvuloplastia pulmonar³.

Es la dilatación de la válvula cuando está estenótica, antes de realizarla hay que documentar bien el lugar de la misma (si la estenosis es infundibular o supra valvular la valvuloplastia no sería de elección) y su grado. Está indicada si el gradiente transvalvular pico es mayor de 50 mmHg, si está sintomático (angor, síncope...), si se producen arritmias auriculares de difícil control, si se asocia a CIA o CIV especialmente con shunt derecha-izquierda y si existe disfunción de ventrículo derecho.

En primer lugar se realiza medición del gradiente mediante catéter diagnóstico tipo Berman de agujero distal, el french (fr) dependerá del introductor elegido en relación con el catéter balón que se vaya a utilizar (normalmente en niños de más de un año el de elección será el de 6 fr y en neonatos el de 4 o 5 fr), para sondear la válvula pulmonar se suele utilizar guías hidrofílicas que oscila entre 0.014" y 0.035" y con punta en J para evitar lesiones vasculares.

Después de tomar las presiones se realiza ventriculografía derecha con catéter tipo berman de angiografía para realizar la medición de la válvula y así elegir el catéter balón adecuado, normalmente se elegirá uno que tenga un diámetro del 120-150% del diámetro del anillo pulmonar (en neonatos no se elegirá uno que sobrepase el 120 % y en niños mayores se elige uno que se acerca más al 150%)

Una vez realizada la ventriculografía se introduce de nuevo el catéter de presiones y se deja alojada una guía teflonada de 0.035" en la porción distal de una rama pulmonar para que proporcione soporte. Entonces se retira el catéter de presiones y se introduce el catéter balón elegido sobre la guía (si este es de tipo coaxial se habrá lavado la luz interna con suero antes de avanzarlo a través de la guía), el balón se inflará según las atmósferas indicadas por el fabricante con jeringa manómetro con una mezcla de suero salino y contraste (la proporción de contraste será de un tercio en relación con el contraste para que el desinflado del balón sea más rápido); colocado el balón a nivel valvular se procede a su llenado, si la dilatación es efectiva se observará una muesca marcada por la estenosis en el contorno del balón, esta operación se realizará unas 3 veces. En algunos casos se debe realizar dilatación progresiva con balones de distintos tamaños.

Una vez realizada la dilatación se retira el catéter balón y sobre la guía se vuelve a introducir el catéter de presiones para medir nuevo gradiente. Se considera la dilatación exitosa cuando la presión del VD no supera el 50% de la presión sistémica.

Finalmente se realiza nueva ventriculografía para comprobar el estado de la válvula, frecuentemente se produce obstrucción infundibular reactiva que desaparece espontáneamente a los pocos días. Las complicaciones son raras y el resultado excelente. En aquellos pacientes en los que la circulación de las arterias coronarias sea dependiente del ventrículo esta contraindicada la realización de la técnica.

Casos especiales:

- Cuando existe atresia pulmonar e infundíbulo de buen tamaño es también posible realizar valvuloplastia habiendo previamente perforado la misma con un catéter que aplica radiofrecuencia.
- La valvuloplastia en neonatos con estenosis pulmonar crítica tiene mayor riesgo de complicaciones, en estos casos se suele mantener el ductus abierto con prostaglandinas ya que esto permitirá colocar la guía que soporta el catéter balón en la aorta descendente logrando una mayor estabilidad del mismo
- Cuando la estenosis de la válvula forma parte de una cardiopatía congénita cianótica se han descrito buenos resultados con la implantación de stent en el tracto de salida del ventrículo derecho.

45.2.3. Angioplastia pulmonar y/o implante de stents³.

El objetivo es dilatar las ramas pulmonares cuando exista una estenosis significativa (gradiente mayor de 20-30 mm Hg entre la zona pre y post estenótica) o cuando no exista mucho gradiente pero si se visualiza en la angiografía una imagen estenótica.

Dado que el índice de reestenosis es alto cada vez se tiende más a implantar stents en niños mayores con un diámetro suficiente para garantizar la óptima perfusión pulmonar el resto de su vida, o más recientemente la implantación de stents que permiten ser redilatados a posteriori. Las complicaciones graves son disección y/o rotura de la rama pulmonar o producción de aneurismas en la misma.

45.2.4. Valvuloplastia aórtica³.

Objetivo: dilatar la válvula aórtica cuando está estenótica.

Indicaciones :

- Neonatos y lactantes con estenosis crítica e insuficiencia ventricular izquierda independientemente del gradiente.
- Niños que presentan un gradiente entre aorta y ventrículo izquierdo mayor o igual a 50 mmHg
- Niños con un gradiente mayor de 40 mmHg cuando presenten alteraciones electrocardiográficas o síntomas de angina o síncope o sin ellos cuando vayan a participar en deportes de competición
- No estaría indicada la valvuloplastia en aquellos casos que presenten cierto grado de insuficiencia que requiera tratamiento quirúrgico.

El riesgo de arritmias es muy alto (sobre todo en neonatos) pudiéndose producir fibrilación ventricular. Se recomienda la colocación de palas de desfibrilador externas antes del procedimiento en todos los casos

A veces es útil implantar por vía venosa un catéter electrodo para aumentar la frecuencia cardiaca del paciente en el momento del inflado del balón para favorecer que este permanezca más estable en el lugar correcto. El balón escogido no debe superar el diámetro del anillo valvular. Aunque la dilatación de la válvula obtenga buenos resultados en la mayoría de los casos hay que tener en cuenta que es un procedimiento paliativo, ya que los pacientes requerirán más procedimientos a lo largo de su vida (por insuficiencia o reestenosis).

45.2.5. Angioplastia aortica y/o implante de stents.³

El objetivo es dilatar las lesiones estenóticas de la aorta tanto en el caso de lesiones nativas como recoartaciones post-quirúrgicas.

La coartación de aorta es muy común en las cardiopatías congénitas. Se suele asociar a válvulas bicúspides y a aneurismas cerebrales. Su localización suele ser en el tejido de cierre del ductus, distal a la subclavia izquierda. El diagnóstico suele sugerirse por una discordancia entre los pulsos de miembros superiores e inferiores.

Los síntomas que provoca son variados desde shock cardiogénico en neonatos hasta claudicación en miembros o hipertensión arterial en niños más mayores.

Su tratamiento ha evolucionado con los años de hecho actualmente se prefiere implantar stents en este tipo de lesiones por sus resultados a largo plazo siempre que puedan ser expandidos acorde con el crecimiento de la aorta del niño hasta la edad adulta.

Indicaciones de la angioplastia aórtica:

- En niños con coartación nativa y disfunción ventricular severa como medida paliativa.
- En niños con recoartación con un gradiente pico entre aorta ascendente y descendente de mas de 20 mmHg.
- En niños con recoartación y gradientes pico de menos de 20 mmHg pero con presencia de colaterales arterio- venosas significativas o con ventrículo único así como con disfunción ventricular.

Indicaciones del implante de stents en aorta:

- En niños con coartaciones recurrentes y gradiente pico de más de 20 mmHg y en los que se pueda implantar un stent que pueda ser expandido cuando el paciente sea adulto.

Las complicaciones de la técnica incluyen disección de la aorta y formación de aneurismas. Por ello se recomienda en el caso de implante contar con stents recubiertos (goretex®) que habría que montar previamente en catéter balón tipo doble balón para solventar el defecto producido en la pared de la aorta.

En el caso de implantación de stent se recomienda realizar ecografía doppler de las arterias femorales ya que las vainas que se requieren son de un french elevado (desde 12 fr en adelante).

45.2.6. Angioplastia y/o implante de stents en venas³.

1. Venas pulmonares

La estenosis de las venas pulmonares puede estar unida a otros defectos cardíacos o estar producida tras una cirugía (por ejemplo en las conexiones venosas del drenaje pulmonar venoso anómalo) o tras trasplante pulmonar.

La implantación de stents produce mejores resultados que la angioplastia por el alto grado de reestenosis a corto plazo.

También se pueden utilizar para este tipo de lesiones “cutting balloon” cuya característica es la de poseer cuchillas en su superficie que eliminarían el tejido proliferativo de la zona estenótica. Dada las dificultades técnicas del procedimiento actualmente se realiza como procedimiento híbrido en quirófano o en la sala de hemodinámica.

2. Venas sistémicas

Puede estar asociada a otros defectos cardíacos o ser consecuencia de manipulaciones tras una cirugía (cánulas de la membrana extracorpórea en venas cavas, suturas) o cateterismos cardíacos (lesiones del endotelio de venas femorales producidos por los introductores). Las zonas de obstrucción son fácilmente visibles por la dilatación postestenótica y la presencia de colaterales venosas a su alrededor.

Dada la baja presión del sistema venoso no existe mucho gradiente entre la zona pre y post-estenótica (1 o 2 mmHg).

45.2.7. Implante de stent en el ductus arterioso persistente (DAP)³.

Es una técnica relativamente nueva utilizada como medida paliativa en niños con cardiopatía cianógena con el fin de proporcionar un adecuado flujo de sangre al pulmón en espera de la corrección definitiva en 3 o 6 meses.

Para el correcto posicionamiento del stent se recomienda realizarlo en DAP cortos y rectos (no en los tortuosos)

Técnica :

- Es preferible el uso de acceso venoso femoral con introductor de 4 o 5 fr y acceso arterial para realizar angiografía de control.
- En caso de no disponer de paso al ventrículo derecho (atresia de la válvula pulmonar) es necesaria la vía retrógrada a través de la arteria femoral.
- Los stents usados son los premontados usados en el intervencionismo coronario sobre una guía 0.014”.
- El tamaño habitual del stent en recién nacidos a término es de 3.5 a 4 mm.
- Es importante tener en cuenta que en niños muy dependientes de la circulación ductal habría que tener membrana de oxigenación extracorpórea (ECMO) preparada ya que la manipulación del DAP podría producir su cierre por espasmo.

45.3. Técnicas de cierre⁴.

45.3.1. Cierre de defectos septales (CIA).

Las CIAS representan el 7% de las cardiopatías congénitas, la más común es la producida en el “ostium secundum”.

Esta contraindicado cerrar CIAS ostium primum o comunicaciones a menos de 5 mm del seno coronario, de una válvula aurículo-ventricular o de la vena pulmonar del lóbulo superior derecho. Tampoco estaría indicado su cierre en niños pequeños con defectos muy grandes.

Al paciente pediátrico se le realizará en primer lugar una ecografía transesofágica para decidir si la CIA cumple los criterios para ser cerrada y en ese caso elegir el tamaño del dispositivo (previa medición de la misma y valoración de sus bordes); el tamaño del dispositivo elegido no debe sobrepasar 1.5 veces el tamaño de la CIA. La técnica es la misma utilizada que en adultos (remitirse al tema 39) y se utiliza el control ecográfico transesofágico durante todo el procedimiento.

45.3.2. Cierre de fenestración en la cirugía de Fontan.

La cirugía de Fontan es la última cirugía paliativa realizada a pacientes con un único ventrículo funcional (anastomosis de la vena cava inferior con la rama pulmonar derecha). En ocasiones se deja una comunicación de escape en el conducto de Fontan hacia la aurícula derecha en aquellos pacientes con elevadas resistencias pulmonares o función ventricular disminuida. De esta forma se consigue una mejor supervivencia en el postoperatorio con una disminución de derrames, mejora del gato cardíaco y una menor incidencia de arritmias. Pasado unos 3-6 meses (cuando se estabiliza la situación hemodinámica en el post-operatorio) tras realizar cateterismo cardíaco y valorar las presiones y resistencias pulmonares se decide cerrar la fenestración si estas se han normalizado.

Técnica:

- Se utilizan distintos tipos de dispositivos creados para otras indicaciones dependiendo de la anatomía y tamaño de la fenestración, del tamaño del paciente o de las preferencias del hemodinamista: cierre de CIA, tapones vasculares (vascular plug), coils, etc.
- Antes de cerrar una fenestración hay que realizar cateterismo diagnóstico para valorar las presiones basales y posteriormente proceder a realizar test de oclusión de la misma; el test de oclusión consiste en obstruir la fenestración con un balón de tamaño adecuado (se puede usar desde un catéter balón de medición hasta el balón de un catéter de angiografía tipo Berman -sin luz distal-). La oclusión se mantiene durante 10-20 minutos, tras los cuales se volverán a medir presiones y toma de oximetrías (la saturación de oxígeno habrá aumentado al aumentar la cantidad de sangre que se oxigena en el pulmón).
- Durante el procedimiento es habitual el uso de ecografía transesofágica como en el cierre de CIA.

45.3.3. Cierre de ductus arterioso persistente (DAP).

La indicación para cerrar el DAP es eliminar el paso de sangre izquierda-derecha para evitar el hiperflujo pulmonar y el desarrollo de hipertensión pulmonar, así como prevenir la endocarditis.

En el cateterismo antes de colocar el dispositivo de cierre se toman oximetrías y presiones para hacer un estudio basal para descartar o no hipertensión pulmonar y conocer la relación entre flujo pulmonar y flujo sistémico (Q_p/Q_s). A continuación se realiza un aortograma y se toman las medidas del ductus. En determinados cortocircuitos (tipo Eisenmenger) habría que realizar test de oclusión antes de cerrar el ductus para comprobar que no aumenta la presión en el pulmón.

La técnica de cierre de ductus con dispositivo tipo Amplatzer que se utiliza en adultos también se utiliza en pacientes pediátricos y se describe en el tema 41.

Por otro lado en el paciente pediátrico también se utilizan otros dispositivos más pequeños como son los coils de embolización controlada (son muelles o espirales pequeñas con pelos que se trombosan provocando el cierre a su paso) que permiten usar catéteres más pequeños y usar un acceso venoso o arterial. El set de liberación del coil se compone de un catéter multiusos de 5 fr y un sistema de liberación de coil. A través del catéter se introduce el coil ya fijado al sistema de liberación y cuando está situado en el ductus (ya sea accediendo por vena femoral o arteria femoral) se deja al menos vuelta y media del coil en el lado contrario por el que se accede al DAP y el resto en el otro extremo. Antes de la liberación se realiza un aortograma de control; si quedase cortocircuito residual se podría implantar otro coil.

45.3.4. Embolización de colaterales.

La presencia de colaterales es muy frecuente en pacientes con cardiopatías congénitas, especialmente en aquellos que han sufrido cirugía de Glenn o Fontan. Pueden ser colaterales venosas, sistémico-pulmonares, arteriovenosas-pulmonares o de vena sistémica a vena pulmonar. La decisión de ocluir las depende de muchos factores. Actualmente la oclusión percutánea se realiza con microcoils y coils de embolización, y con taponos vasculares:

Técnica:

- Coils de embolización: a través de un catéter de 5 fr apto para una guía de 0.038" se introduce el coil y empujándolo con una guía recta se introduce en la colateral a embolizar. Se puede necesitar varios coils.
- Microcoils: se utilizan para colaterales de calibre muy pequeño. A través de un catéter de 5 fr se introduce otro microcateter de 3 fr y a través de este se libera el microcoil empujado por un pusher o empujador (similar a una guía) de 0.018".
- Técnica para colocar un tapón vascular: se accede al vaso que se quiere ocluir, se realiza una angiografía para tomar medidas y se elige la medida del tapón vascular. Se selecciona un catéter de liberación del tamaño adecuado (se puede elegir cualquier catéter que tenga un diámetro interior suficiente para introducir el cable con el dispositivo –existen tablas-) y se avanza sobre la guía teflonada hasta el origen de la zona a ocluir. Se retira la guía y se introduce el cable portador con el dispositivo. Una vez bien posicionado el tapón vascular se libera girando el cable portador en sentido contrario a las agujas del reloj.

45.3.5. Cierre de CIV (comunicación interventricular).

Las CIVs que permiten un cierre percutáneo principalmente son las musculares. Los pacientes que se pueden beneficiar de ello tienen que tener ≥ 5 Kg. En los que no se indica el cierre percutáneo tienen otras alternativas como corrección quirúrgica o procedimiento híbrido.

Técnica:

Se canaliza una vena femoral (con introductor 6 fr) y 2 arterias femorales (con introductor 4 Fr). Con un catéter NIH o Pig-tail de french adecuado (4 o 5 fr) se realiza ventriculografía izquierda para localizar la CIV o CIVs (puede tener varias). A través del introductor de una de las arterias femorales se sonda la CIV con un catéter de 4 Fr y guía hidrofílica de 0.035 larga (para permitir realizar un asa) que se avanza hasta la arteria pulmonar. La guía se captura con un catéter lazo (de 5 o 10 mm de diámetro) introducido por la vena femoral y se forma un asa arterio-venosa. A través del extremo de la guía que sale por el introductor venoso se introduce catéter multiusos hasta sondar la CIV, se retira la guía hidrofílica y se introduce una guía teflonada de 0.035" larga de intercambio sobre la que se pasará una vaina (con ángulo de 45° o 180°) adecuada para liberar el dispositivo; ya colocada la vaina a través de la CIV se introduce el dispositivo y bajo control ecográfico transesofágico se libera el dispositivo. La otra arteria canalizada la utilizamos para realizar angiografías de control.

En los casos que existe más de una CIV se puede canalizar una vena yugular para sondar las CIVs y formar dos asas arterio-venosas (AF-VF y AF-VY), lo que facilita después la liberación de los dispositivos.

45.4. Implante de valvulas pulmonares⁵.

Muchas enfermedades cardiacas congénitas que incluyen estenosis del tracto de salida del ventrículo derecho son reparadas en la infancia con conductos valvulados bobinos que conectan el VD con el tronco pulmonar pero tienen una vida limitada de alrededor de 10 años. En el año 2000, Bonhoeffer implantó la primera valvula pulmonar transcatereter en humanos. La 2010 European Society of Cardiology Guidelines recomienda este procedimiento en pacientes con conducto cuando están sintomáticos y con presión sistólica del VD > 60 mmHg e insuficiencia pulmonar moderada o severa.

Los criterios que excluyen el procedimiento son: el diámetro de la obstrucción debería estar entre 14-16 mm pero no exceder de 22 mm, si tiene una anatomía desfavorable, endocarditis activa o si existe riesgo de compresión coronaria durante la colocación de la prótesis.

Técnica:

El acceso generalmente es por vena femoral aunque podría utilizarse vena yugular. Se canaliza también una arteria para monitorizar presión sistémica. Se realiza angiografía del tracto de salida del VD (TSVD) y se mide presión en la estenosis del tracto de salida con catéter tipo Berman o multiusos. La mejor proyección es lateral y 15° craneal.

Se realiza test de oclusión del TSVD con catéter balón junto con angiografía coronaria para saber si estás podrían ocluirse durante el procedimiento. Si no queda clara esta situación se puede hacer coronariografía derecha e izquierda.

Antes de implantar la válvula se implanta uno o más stent en el TSVD que sirve para anclar la válvula Melody y reducir la posibilidad de migración o de fractura. Tras este paso se puede implantar la válvula Melody o hacerlo en un procedimiento posterior.

Implante de la válvula:

1. La válvula Melody (Medtronic) se compone de una válvula venosa de yugular bobina dentro de un stent CP -covered- de platino e iridio (Numed) de 28 mm de largo. La válvula-stent se crimpa manualmente sobre un catéter liberador llamado Ensemble (es un catéter BIB -doble balón- (Numed) de 22 Fr con una funda retráctil que protege la prótesis cuando se introduce por la vaina. También existen medidas de 18, 20 y 22 mm de balón externo). También se puede poner una bioprótesis aórtica Edwards-Sapien (Edwards Lifesciences) en posición pulmonar con buenos resultados para TSVD con mayor medida.
2. La válvula debe ser lavada varias veces en suero salino para eliminar el glutaraldehído del conservante.
3. La válvula-stent se crimpa de forma homogénea en una jeringa de 2 ml.
4. La parcialmente crimpada válvula se posiciona sobre el balón y se termina de crimpar sobre él. La válvula tiene una sutura azul que deberá coincidir con la también azul punta del catéter. El protector se avanza sobre la válvula-stent y se purga todo el sistema.
5. Progresivamente se va dilatando la incisión inguinal hasta alcanzar 22 Fr necesario para colocar la vaina que se utilizará para que introducir el Ensemble con la válvula-stent.
6. Una vez colocada la válvula en la posición adecuada se realizan angiografías de control por el brazo lateral de la vaina. Posteriormente se infla el balón interno y después el externo expandiéndose completamente el stent-válvula.
7. Por último se realiza de nuevo angiografía de control y se repite el estudio hemodinámico.
8. Se puede redilatar si el gradiente residual es ≥ 25 mmHg con un balón de alta presión.

Complicaciones: compresión coronaria, ruptura del conducto durante la expansión del stent-válvula, migración del dispositivo y fractura del stent-válvula en un 20% de los casos.

45.5. Procedimientos híbridos⁶.

Consiste en unir en un solo procedimiento dentro del laboratorio de hemodinámica o en el quirófano la cirugía cardíaca y el cateterismo cardíaco.

Indicaciones:

- En pacientes con síndrome del ventrículo izquierdo hipoplásico (SVIH):
 1. Como alternativa a la cirugía cardíaca de Norwood en pacientes de alto riesgo quirúrgico (pacientes con bajo peso, o con fallo multiorgánico). La corrección será hacia corazón univentricular.
 2. Como puente al trasplante cardíaco.
 3. En casos de ventrículo izquierdo límite para dar tiempo a que éste aumente de tamaño y se pueda realizar corrección biventricular.
- En pacientes con comunicación interventricular muscular (CIV):
 1. Pacientes de peso bajo para evitar el riesgo que supone una intervención con circulación extracorpórea (CEC) o un cierre percutáneo (lesiones en vena femoral, embolización del

dispositivo, daño neurológico...).

2. Localización de la CIV de difícil acceso y localización sin fluoroscopia.

- Implantación de stents en lesiones estenóticas a pacientes a los que se les va a someter a cirugía cardíaca aprovechando ésta.

Objetivo del procedimiento híbrido en el SVIH:

Proporcionar suficiente flujo sistémico y coronario y controlar el flujo de sangre que va hacia el pulmón; todo ello sin someter al paciente a circulación extracorpórea y minimizando por tanto las complicaciones asociadas al estadio I de Norwood en neonatos de bajo peso o con disfunción ventricular o multiorgánica. De este modo se esperan unos 4 o 6 meses antes de realizar estadio II Glenn bidireccional (unión de la vena cava superior y rama pulmonar derecha) además de reconstruir el arco aórtico (Norwood modificado)

Técnica:

Es un procedimiento que requiere coordinación entre el equipo de cirugía y el de hemodinámica. La bomba de circulación extracorpórea tiene que estar preparada por si fuera necesario durante el intervencionismo canular al paciente y asistirle con ella.

1. Realización de banding de ambas arterias pulmonares mediante esternotomía media y sin necesidad de circulación extracorpórea. El banding lo realiza el equipo de cirugía cardíaca. Consiste en disminuir el calibre de ambas arterias pulmonares con bandas de goretex® (provocar una estenosis artificial) para reducir la cantidad de sangre que irá al pulmón (para evitar plétora pulmonar) y aumentar la cantidad de sangre que pasará hacia la aorta (a nivel sistémico) a través del stent que se implantará en el ductus.

2. Ampliación de la CIA si precisa mediante catéter balón, implante de stent o mediante cirugía.

3. Implante de stent en DAP de forma percutánea a través de arteria femoral (desarrollado en el apartado 45.2.7) o directamente puncionando tronco pulmonar si el paciente permanece con tórax abierto. En los casos realizados se han encontrado menos complicaciones puncionando arteria pulmonar y es lo que a continuación se describe; el cirujano realiza una bolsa de tabaco con un hilo en el tronco pulmonar, en el centro de esa bolsa se abre una pequeñísima incisión con bisturí y se introduce el introductor adecuado (6 fr), controlado por la bolsa de tabaco y fijado con una seda al torniquete por el que se pasa el hilo de la bolsa de tabaco. Se sonda el ductus con guía de angioplastia coronaria de 014" y sobre la misma se introduce el stent montado en cateter balón. El tamaño del stent dependerá del tamaño del ductus; si se considera que la posición es la correcta se procede al inflado del catéter balón con jeringa manómetro hasta alcanzar las atmósferas indicadas; el introductor permite la realización de angiografías para valorar el correcto posicionamiento del stent en el DAP.

Por último el equipo de cirugía cardíaca procede a cerrar la incisión que deja el introductor en el tronco pulmonar con la bolsa de tabaco previamente realizada y cierran el torax o lo dejan abierto pero sellado con un parche de goretex® suturado a los bordes de la piel hasta que consideren en las próximas horas que la inflamación se ha reducido y puedan cerrar el esternón con seguridad.

Normalmente la técnica se realiza en dos tiempos, primero se realiza el banding y ampliación de la CIA y unos días después el implante de stent en el DAP (en algunos casos se ha realizado en un solo tiempo banding + CIA + stent en DAP)

Complicaciones: embolización del stent, coartación de aorta por protrusión del stent, estenosis de las ramas producidas por el banding (requerirán angioplastias progresivas postbanding), restenosis de la CIA (algunos autores prefieren colocar un stent o realizarla directamente por cirugía

45.6. Intervencionismo valvular fetal⁷.

El objetivo es conseguir que fetos con cardiopatías congénitas graves nazcan en mejores condiciones de las que lo harían si la enfermedad evolucionase de forma natural. Se intenta conseguir que

un ventrículo que acabaría siendo hipoplásico por la estenosis valvular se desarrolle lo suficiente antes de que el niño nazca para cumplir su función en el futuro. Este tipo de intervencionismo es técnicamente complicado, tanto por el tamaño del feto (su peso no supera los 500 gr, aproximadamente semana 20 de gestación) como por el material utilizado, que no es específico para esta técnica. También son frecuentes las complicaciones graves durante el procedimiento, desde bradicardia, hemotórax... hasta éxitus fetal.

Material:

- Balón de valvuloplastia coronaria seleccionado según el tamaño del anillo valvular medido mediante ecografía. El más habitual para válvula aórtica es de 3 a 3.5 mm de diámetro y para válvula pulmonar de 4 a 4.5 mm.
- Guía de 0.014" de angioplastia coronaria.
- Aguja semirígida chibas 18G 20cm biselada.
- Jeringa con manómetro rellena de suero fisiológico.
- Campo quirúrgico.
- Clorhexidina alcohólica 2% para desinfección del campo quirúrgico.
- Medicación de urgencia cargada: adrenalina, albúmina.
- Metro estéril para medir la longitud exacta del balón sobre la guía.
- Sutura de papel para señalar en la guía dicha medida.
- Fundas estériles para el ecógrafo y su sonda y lubricante estéril.

Técnica:

- Previo al traslado de la madre a la sala de hemodinámica se realiza ecografía para comprobar el correcto posicionamiento del feto (exponiendo el tórax).
- Anestesia del feto mediante punción intramuscular. Medicación utilizada: fentanilo a 30 mcg/kg de peso, vecuronio a 0.1 mg/kg y midazolam a 0.2 mg/kg.
- Desinfección del abdomen de la madre.
- Anestesia local en la zona de punción del abdomen de la madre.
- Se punciona la pared abdominal con aguja chiba de 18G hasta alcanzar el tórax del feto.
- Avance de la aguja hasta ventrículo correspondiente, según la válvula afectada.
- Alineación de la aguja con la válvula
- A continuación se introduce el cateter-balón con la guía de 0.014 previamente preparados en la aguja chiba, sin sobrepasar el bisel. En este punto se avanza solamente la guía hasta conseguir pasar a través de la válvula.
- Cuando se consigue, se avanza el cateter-balón sobre la guía hasta posicionarlo en el interior de la válvula y se procede al inflado del balón.
- El inflado y desinflado han de ser rápidos para evitar lesiones (especialmente en valvuloplastia aórtica por el riesgo de interrupción del flujo a las arterias coronarias).
- Una vez comprobado que se ha dilatado la válvula observando el paso de sangre a través de la misma, se retira la aguja chiba y se pone apósito en la pared abdominal de la madre.

45.7. Referencias Bibliográficas.

1. Rashkind WJ, Miller WW. *Creation of an atrial septal defect without thoracotomy: a palliative approach to complete transposition of the great arteries.* JAMA. 1966; 196:991-992

Timothy F. Feltes, Emile Bacha, Robert H. Beekman III and cols. *Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric Cardiac Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association.* Circulation. 2011; 123:2612-2613.

2. Justino. H, Bensons L.N, Nykanen DG. *Transcatheter creation of an atrial septal defect using radiofrequency perforation.* Catheter Cardiovasc Inter. 2001;54: 83-87

Timothy F. Feltes, Emile Bacha, Robert H. Beekman III and cols. *Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric Cardiac Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association.* Circulation. 2011; 123:2612-2613.

3. Timothy F. Feltes, Emile Bacha, Robert H. Beekman III and cols. *Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric Cardiac Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association.* Circulation. 2011; 123:2617-2627

4. Timothy F. Feltes, Emile Bacha, Robert H. Beekman III and cols. *Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in Pediatric*

- Cardiac Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association*. Circulation. 2011; 123:2615-2617, 2628-2633
5. Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM, de Haan F, Deanfield JE, Galie N, et al. *ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease* (new version 2010). Eur Heart J. 2010;31(23):2915-57. Epub 2010/08/31
6. Hakan Akintuerk, Ina Michel-Behnki, Klaus Valeske and cols. *Stenting of the Arterial Duct and Banding of the Pulmonary Arteries: Basis for Combined Norwood Stage I and II Repair in Hypoplastic Left Heart*. Circulation 2002; 105:1099-1103.
- Emile A.M. Bacha and Ziyad M. Hijazi. *Hybrid Procedures in Pediatric Cardiac Surgery*. Pediatric Cardiac Surgery Annual 8:78-85.
- Aldo Castañeda. Congenital heart disease: A surgical-historical perspective. Ann thorac Surg 2005; 79:S2217-20
7. Kevin S Roman. *Determinants of outcome in fetal pulmonary valve stenosis or atresia with intact ventricular septum*. Am cardiol 2007; 94:699-703
- A. Galindo. *Pulmonary valvuloplasty in a fetus with critical pulmonary stenosis / atresia with intact ventricular septum and heart failure*. Fetal diather 2006; 21:100-1004
- Kaarin Makikallio. *Fetal aortic valve stenosis and the evolution of hypoplastic left heart syndrome*. Circulation 2006; 113: 1401-1405