

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**CARACTERIZACION DE PATOLOGIA CARDIOVASCULAR
EN LA UNIDAD DE HEMODINAMIA**

OTTO RUBIERE OROZCO FUENTES

**Tesis
Presentada ante las autoridades de la
Escuela de Estudios de Postgrado de la
Facultad de Ciencias Médicas
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Interna
Para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Interna**

Enero 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

El (la) Doctor(a): Otto Rubiere Orozco Fuentes

Carné Universitario No.: 200630865

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestro(a) en Ciencias Médicas con Especialidad en **Medicina Interna**, el trabajo de tesis **CARACTERIZACIÓN DE PATOLOGÍA CARDIOVASCULAR EN LA UNIDAD DE HEMODINAMIA**

Que fue asesorado: Dr. Lubeck Herrera Rivera MSc.

Y revisado por: Dr. Julio César Fuentes Mérida MSc.

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para **enero 2017**.

Guatemala, 12 de septiembre de 2016



Dr. Carlos Humberto Vargas Reyes MSc.

Director

Escuela de Estudios de Postgrado



Dr. Luis Alfredo Ruiz Cruz MSc.

Coordinador General

Programa de Maestrías y Especialidades

/mdvs



ESCUELA DE
ESTUDIOS DE
POSTGRADO

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS
FACULTAD DE MEDICINA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
HOSPITAL REGIONAL DE OCCIDENTE
"SAN JUAN DE DIOS", QUETZALTENANGO**



Quetzaltenango, 13 de abril del 2016.

Doctor

Luis Alfredo Ruiz Cruz

Coordinador General de Programa de Maestría y Especialidades

Escuela de Estudios de Post Grado

Guatemala

Respetable Dr. Ruiz:

De manera atenta me dirijo a usted, deseándole toda clase de éxitos en sus labores diarias, así mismo me permito informarle que he asesorado el trabajo de tesis titulado: "PATOLOGIA CARDIOVASCULAR EN LA UNIDAD DE HEMODINAMIA, MEDICINA INTERNA, HOSPITAL NACIONAL DE OCCIDENTE "SAN JUAN DE DIOS QUETZALTENANGO 2014" a cargo del **Dr. OTTO RUBIERE OROZCO FUENTES**, mismo que ha aprobado previo a Optar el Grado de Maestro en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Interna, para dar cumplimiento al Normativo y Manual de Procedimientos de la Escuela de Estudios de Postgrado, de la Facultad de Ciencias Médicas.

Agradeciendo la atención a la presente me suscribo de usted, atentamente,

EN BUSCA DE LA EXCELENCIA ACADEMICA

"Id y Enseñad a Todos"

Dr. Lubeck Herrera Rivera

CARDIOLOGO

REGISTRO No. 5,85E


Dr. Lubeck Herrera Rivera

Asesor de tesis

Hospital Regional de Occidente



ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS
FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
HOSPITAL REGIONAL DE OCCIDENTE
QUETZALTENANGO

Quetzaltenango, 13 de abril de 2016

Doctor
Luis Alfredo Ruiz Cruz
Coordinador General de Programa de Maestría y Especialidades
Escuela de Estudios de Post Grado
Guatemala


Respetable Dr. Ruiz:

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de tesis titulado: **"PATOLOGÍA CARDIOVASCULAR EN LA UNIDAD DE HEMODINAMIA, MEDICINA INTERNA, HOSPITAL NACIONAL DE OCCIDENTE "SAN JUAN DE DIOS QUETZALTENANGO 2014"** a cargo del **Dr. OTTO RUBIERE OROZCO FUENTES** . Previo a optar el grado de Maestro en Ciencia Médicas con Especialidad en Medicina Interna del Hospital Regional de Occidente; he autorizado dicho trabajo, para dar cumplimiento al Normativo y Manual de Procedimientos de la Escuela de Estudios de Postgrado, de la Facultad de Ciencias Médicas.

Agradeciendo la atención a la presente me suscribo de usted, atentamente.

EN BUSCA DE LA EXCELENCIA ACADEMICA

"Id y Enseñad a Todos"


Dr. Julio Fuentes Mérida MSc.
Revisor de Tesis
Hospital Regional de Occidente



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA.
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS.
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO.
DEPARTAMENTO DE MEDICINA INTERNA
INVESTIGACION.
HOSPITAL REGIONAL DE OCCIDENTE QUETZALTENANGO

RESUMEN

PATOLOGIA CARDIOVASCULAR EN LA UNIDAD DE HEMODINAMIA, MEDICINA INTERNA, HOSPITAL NACIONAL DE OCCIDENTE "SAN JUAN DE DIOS" QUETZALTENANGO 2014

Dr. Otto Rubiere Orozco Fuentes

PALABRAS CLAVE: Cateterismo, angiografía, cardiopatía isquémica, aterosclerosis.

El cateterismo cardíaco se utiliza fundamentalmente para definir la presencia y alcance de la enfermedad obstructiva coronaria, valorar la conveniencia de las diferentes formas de tratamiento, como la revascularización percutánea, quirúrgica o el trasplante cardíaco, y como herramienta de investigación para evaluar los resultados del tratamiento y de la progresión o regresión de la arteriosclerosis coronaria, además permite estudiar y, en ocasiones, tratar las válvulas del corazón así como diversas malformaciones del mismo, constituyendo la prueba de oro en cardiología.

Metodología: Se realizó un estudio descriptivo prospectivo en el Hospital Regional de Occidente (HRO) durante el año 2014, tomando en cuenta a todos los pacientes a quienes se realizó cateterismo cardíaco con el fin de caracterizar la patología cardiovascular.

Resultados: De los 42 pacientes evaluados el 55 % fue sexo femenino, siendo la indicación más frecuente pacientes con sospecha de enfermedad coronaria, con sintomatología principal angor pectoris correspondiendo 64%. El principal factor de riesgo asociado a enfermedad coronaria fue la presencia de hipertensión arterial sistémica en el 64% de los pacientes, seguido de Diabetes Mellitus 2, tabaquismo y Dislipidemia, el 45% presentó lesión en la arteria circunfleja, 30 % lesión en la arteria descendente anterior, 23 % lesión en la arteria coronaria derecha; el 38% no presentó lesión.

El 29% de los pacientes presentaba lesión en un solo vaso, 21% presentó lesión en dos vasos coronarios y el 12% presentaba lesión en las tres arterias coronarias; 38% no presentó lesión de ningún vaso coronario y solo un 11% presentó complicación el cual la más frecuente fue dolor precordial.

Conclusion: El cateterismo cardíaco permite diagnosticar con precisión la enfermedad de las arterias y estructura del corazón. La indicación mas frecuente fue una alta sospecha de coronariopatía; relacionándose con este hallazgo diferentes factores de riesgo que pueden corresponder a ser la causa del mismo como son Hipertensión arterial, diabetes Mellitus, tabaquismo. Las complicaciones del cateterismo cardiaco obtuvieron un bajo porcentaje representado un 11 % de los procedimientos realizados.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA.
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS.
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO.
DEPARTAMENTO DE MEDICINA INTERNA
INVESTIGACION.
HOSPITAL REGIONAL DE OCCIDENTE QUETZALTENANGO

ABSTRACT

CARDIOVASCULAR DISEASE IN HEMODINAMIC UNIT

Dr. Otto Rubiere Orozco Fuentes

Cardiac catheterization is mainly used to define the presence and range of coronary obstructive disease, assess the suitability of different forms of treatment such as percutaneous revascularization, surgical or cardiac transplantation, and as a research tool to evaluate Treatment Outcome and progression or regression of coronary atherosclerosis, also allows study and sometimes treat Heart Valves and various malformations of the Self, constituting the gold standard in cardiology.

Methodology: UN prospective descriptive study was conducted at the Hospital Regional de Occidente (HRO) During the year 2014, taking into account all queines Patients A cardiac catheterization was performed in order to characterize the cardiovascular pathology.

Results: Of the 42 patients evaluated WAS 55% female sex, the most common indication patients with suspected coronary artery disease with angina symptoms corresponding main 64%. The main risk factor associated one coronary illness was the presence of systemic arterial hypertension in 64% of patients, followed by type 2 diabetes mellitus, smoking and dyslipidemia, 45% showed lesion in the circumflex artery, 30% Injury anterior descending artery, 23% coronary artery lesion derecha; 38% do not show the injury. 29% of patients had only a glass injury, but 21% had Injury Two coronary vessels and 12% had three coronary arteries injured; 38% do not show any coronary vessel injury and only 29% Complicacion present which is the most frecuente was chest pain.

Conclusion: Cardiac catheterization can accurately diagnose the disease of the arteries and heart structure. The most frequent indication was a high suspicion of coronary artery disease; Different interacting with this finding risk factors that can match a be the cause thereof as are hypertension, diabetes mellitus, smoking. Complications of cardiac catheterization percentage Represented 11% of Procedures Performed indicating that such a procedure Should Insurance

INDICE

I	INTRODUCCION	1
II	ANTECEDENTES	3
II.I	DEFINICION.....	3
II.II	INDICACIONES	4
II.III	ASPECTOS TECNICOS.....	5
II.IV	PROTOCOLO DE LABORATORIO PARA CATETERISMO	9
II.V	CORAZON DERECHO	12
II.VI	CORAZON IZQUIERDO	13
II.VII	STENT	16
II.VIII	ASPECTOS HEMODINAMICOS	24
II.IX	GRADIENTES DE PRESION	29
II.X	TECNICAS DE DIAGNOSTICO COMPLEMENTARIAS.	36
II.XI	COMPLICACIONES	37
II.XII	CRITERIOS DE USO APROPIADO	39
III	OBJETIVOS	40
IV	MATERIAL Y METODOS	41
V	RESULTADOS	44
	TABLA No. 1 Caracteristicas de los pacientes.....	44
	GRAFICA No 1. Indicacion	45
	GRAFICA No.2 Factores de Riesgo	46
	GRAFICA No.3 Lesion Anatomica Vasculare	47
	GRAFICA No.4 Numero de vasos coronarios comprometidos	48
	GRAFICA No.5 Grado de lesion coronaria	49

	GRAFICA No.6 Complicaciones	50
VI	DISCUSION DE RESULTADOS	51
	VI.I CONCLUSIONES	53
	VI.II RECOMENDACIONES	54
VII	BIBLIOGRAFIA	55
VIII	ANEXOS	56

I. INTRODUCCION

La historia de la cateterización cardíaca se remonta a Claude Bernard (1813-1878), que utilizó en modelos animales. La aplicación clínica de cateterismo cardíaco comienza con Werner Forssmann en la década de 1930, que inserta un catéter en la vena de su propio antebrazo, guiado por fluoroscopia hasta su aurícula derecha, y tomó una radiografía de ella.

Forssmann ganó el Premio Nobel de Medicina por este logro, aunque los administradores del hospital donde trabajaba lo destituyeron de su cargo debido a sus métodos poco ortodoxos. Durante la Segunda Guerra Mundial, André Frédéric Cournand, profesor de la Universidad de Columbia, Colegio de Médicos y Cirujanos con los que compartió el Premio Nobel, y sus colegas desarrollaron técnicas de cateterismo del corazón derecho e izquierdo.¹

El cateterismo cardíaco permite diagnosticar con precisión la enfermedad de las arterias del corazón y proceder, en muchos casos, a su tratamiento. Además de analizar el estado de las arterias coronarias, el cateterismo cardíaco permite estudiar y, en ocasiones, tratar las válvulas del corazón, así como diversas malformaciones del mismo. Se realiza para confirmar la sospecha de una enfermedad cardíaca de cualquier tipo, pues constituye la prueba de oro en Cardiología y cuando el diagnóstico es evidente (angina de pecho, infarto agudo del miocardio, enfermedad de las válvulas o del músculo cardíaco), el cateterismo sirve para determinar la extensión y la intensidad de la enfermedad.

La información que aporta esta prueba es fundamental para comprender la importancia de la enfermedad en cuestión y permite decidir el tratamiento más adecuado para cada enfermo. Así, en algunos pacientes, será suficiente el tratamiento medicamentoso y en otros, será necesario actuar directamente sobre las placas de aterosclerosis de las arterias coronarias, las válvulas o las comunicaciones anormalmente existentes entre cavidades y vasos. Considerando estas situaciones podemos inferir que existen dos tipos de indicaciones: las del cateterismo cardíaco diagnóstico y terapéutico.²

Dado el elevado coste del cateterismo cardíaco y conociendo los riesgos que entraña (pequeños, pero reales), esta prueba no se practica de forma sistemática cada vez que se diagnostica o se sospecha una cardiopatía. Solo se recomienda cuando es necesario confirmar la presencia de una posible enfermedad, definir su magnitud anatómica y fisiológica, y determinar si se acompaña de otro proceso importante, por ejemplo, cuando existen síntomas incapacitantes o progresivos de disfunción cardíaca o isquemia miocárdica, o datos objetivos (prueba de esfuerzo o ecocardiografía) que indiquen que el paciente corre un gran riesgo de sufrir un deterioro funcional rápido, un infarto de miocardio u otros acontecimientos adversos.²

En estas circunstancias, el cateterismo a menudo constituye el preludeo del tratamiento mediante cirugía cardíaca o intervención con catéter.

En el pasado, el cateterismo cardíaco se consideraba obligatorio para todos los pacientes necesitados de cirugía de este órgano, pero en la actualidad no es así; sin embargo, pese a los adelantos introducidos en las técnicas incruentas, el cateterismo cardíaco aún constituye un instrumento clínico fundamental para evaluar la anatomía, fisiología y vascularización del corazón.

Tras el desarrollo de las indicaciones clínicas a evaluar, un amplio equipo de expertos (no solo en cateterismo y cardiología intervencionista) cuantificó la magnitud de la «cualidad de apropiado» del cateterismo diagnóstico en cada situación, partiendo de la siguiente definición: «Un cateterismo cardíaco diagnóstico apropiado (corazón izquierdo, corazón derecho, ventriculografía y/o angiografía coronaria) es aquel en el que la previsión de obtención de mayor información combinada con el criterio clínico supera a las consecuencias negativas, con un margen suficiente para una determinada indicación, de modo que la intervención se considere genéricamente aceptable y sea un abordaje razonable para dicha indicación.

En este estudio se incluyo a los pacientes a quienes se realizo cateterismo cardiaco, tomando en cuenta que en la unidad de hemodinamia del Hospital Regional de Occidente solo se realiza angiografia diagnostica, evaluando las diferentes indicaciones representando un mayor porcentaje la cardiopatía isquemica , asi como los factores de riesgo, presencia de hipertensión arterial sistémica en el 64% de los pacientes, seguido de Diabetes Mellitus 2, tabaquismo y Dislipidemia; los cuales corresponden los principales factores de riesgo coronario a nivel mundial de padecer cardiopatía isquémica. Entre los diferentes hallazgos se evidencio que el 45% presento lesión en la arteria circunfleja, 30% lesión en la arteria descendente anterior, 23% lesión en la arteria coronaria derecha; el 38% no presento lesión y solo un 11% de ellos presento complicaciones no mortales tras realizar el procedimiento, en comparacion al 4% de complicaciones evidenciadas a nivel mundial, siendo el mas frecuente dolor precordial.

II. ANTECEDENTES

UNIDAD DE HEMODINAMIA

CATETERISMO CARDIACO

La decisión de realizar un cateterismo cardíaco se basa en una relación riesgo:beneficio adecuada. En general, se recomienda un cateterismo cardíaco siempre que sea clínicamente importante definir la presencia o gravedad de una lesión cardíaca sospechosa que no se puede evaluar de manera adecuada mediante técnicas no invasivas. Dado que el riesgo de una complicación importante por un cateterismo cardíaco es inferior al 0,5%, con una mortalidad menor del 0,08%, hay pocos pacientes que no puedan someterse al procedimiento de forma segura en un laboratorio activo. Las determinaciones de la presión intracardíaca y la coronariografía son intervenciones que pueden realizarse con una mejor precisión reproducible mediante cateterismo invasivo. La estimación incruenta de las presiones intracardíacas se puede obtener con la ecocardiografía. Para la evaluación de la anatomía coronaria también se puede utilizar la angiografía coronaria por tomografía computarizada (TC), ya que ofrece información complementaria de la distribución y composición de la placa. Sin embargo, las limitaciones de la resolución espacial, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la colaboración del paciente y la dosis de radiación reducen la capacidad de la TC para sustituir al cateterismo cardíaco para la definición de la estenosis arterial coronaria.

Con el objeto de conocer las diferentes indicaciones del cateterismo cardíaco diagnóstico es necesaria la integración del conocimiento de múltiples directrices del American College of Cardiology/American Heart Association (ACC/AHA). Estas directrices hacen referencia a indicaciones específicas de cateterismo cardíaco relacionadas con estados patológicos y comprenden pautas de tratamiento de pacientes con cardiopatía valvular, insuficiencia cardíaca crónica, infarto de miocardio con elevación del segmento ST (IMEST), intervención coronaria percutánea (ICP) e injerto de derivación arterial coronaria (IDAC), angina inestable o infarto de miocardio sin elevación del segmento ST (IMSEST), y cardiopatía congénita.

El cateterismo cardíaco está indicado para poblaciones diversas. En un extremo, muchos pacientes gravemente enfermos y hemodinámicamente inestables son evaluados durante los síndromes coronarios agudos, la insuficiencia cardíaca grave o el shock cardiogénico. En el otro extremo del espectro, muchas intervenciones se realizan de forma ambulatoria. En este ámbito se incluyen los hospitales, con o sin capacidad de realizar cirugía cardíaca, y los laboratorios, independientes o móviles.

El cateterismo cardíaco debería considerarse un estudio diagnóstico utilizado en combinación con pruebas no invasivas complementarias. Por ejemplo, en pacientes con cardiopatías valvulares o congénitas el cateterismo cardíaco se realiza mejor con pleno conocimiento previo de cualquier técnica de imagen no invasiva e información funcional. Esto permite que el cateterismo sea dirigido y simplificado sin obtener información anatómica redundante que está disponible de forma fiable mediante la ecocardiografía, la

resonancia magnética cardíaca (RMC) o la TC.

La identificación de la enfermedad arterial coronaria y la evaluación de su extensión y gravedad son las indicaciones más frecuentes del cateterismo cardíaco en adultos. La información obtenida es crucial para optimizar la selección del tratamiento mecánico o médico. Además, pueden identificarse lesiones vasculares coronarias dinámicas, como el espasmo, los puentes miocárdicos y la ruptura de la placa con trombosis. También se pueden definir las consecuencias de la cardiopatía isquémica, como la insuficiencia mitral isquémica y la disfunción del ventrículo izquierdo (VI). Durante la ICP en los síndromes coronarios agudos, se estudia a los pacientes durante el infarto agudo de miocardio en evolución, con angina inestable, o en el período temprano después de una lesión miocárdica aguda. El momento óptimo para el cateterismo y la revascularización se ha descrito en diferentes directrices.

En pacientes con enfermedad miocárdica y disfunción del VI, el cateterismo cardíaco proporciona información esencial hemodinámica y sobre las arterias coronarias. Puede utilizarse para evaluar la gravedad de la enfermedad arterial coronaria y para cuantificar la hemodinámica y la función de los ventrículos izquierdo y derecho (VD). En pacientes con angina y alteración de la función del VI, las pruebas no invasivas tienen limitaciones y la angiografía coronaria está a menudo indicada para diferenciar la miocardiopatía isquémica de la no isquémica. El cateterismo cardíaco también permite la cuantificación de la gravedad de la disfunción sistólica y diastólica, y la diferenciación de la restricción miocárdica de la constricción pericárdica.

En pacientes con cardiopatía valvular, el cateterismo proporciona datos confirmatorios y complementarios de la ecocardiografía y la RMC. El cateterismo cardíaco puede definir la gravedad de la estenosis o la insuficiencia valvular, en particular cuando los estudios no invasivos no son concluyentes o los resultados no concuerdan con las observaciones clínicas. Cuando se planifica la cirugía valvular, el conocimiento de la anatomía de las arterias coronarias es fundamental en la mayoría de los adultos mayores de 35 años. Sin embargo, en algunas situaciones preoperatorias, como en los pacientes jóvenes (<55 años) con mixoma auricular, endocarditis o insuficiencia valvular aguda, el cateterismo puede ser innecesario. La identificación de las anomalías congénitas, la cuantificación de las consecuencias hemodinámicas de las lesiones valvulares (como la hipertensión pulmonar) y la respuesta hemodinámica aguda al tratamiento farmacológico pueden proporcionar información preoperatoria útil que ayuda a definir el riesgo y la respuesta a la cirugía, y permite un abordaje quirúrgico más directo.

La importancia actual del cateterismo cardíaco en ciertas cardiopatías congénitas ha sido abordada en directrices para adultos con cardiopatías congénitas. La ecocardiografía con Doppler y la RMC proporcionan, a menudo, una información adecuada. Dado que, por lo general, la anatomía cardíaca macroscópica se puede definir bien mediante estos métodos, el cateterismo solo se necesita si cierta información hemodinámica (p. ej., la cuantificación de la gravedad de un cortocircuito, la resistencia vascular pulmonar [RVP] y la reversibilidad de la hipertensión arterial pulmonar con un vasodilatador) es necesaria

para determinar las indicaciones de las intervenciones quirúrgicas o si se considera la posibilidad de usar métodos de intervención percutáneos.

No existe ninguna contraindicación absoluta verdadera para realizar un cateterismo cardíaco que no sea la negativa del paciente competente. La intervención puede realizarse de forma satisfactoria, incluso en pacientes en estado crítico, con riesgo relativamente bajo.

ASPECTOS TÉCNICOS DEL CATETERISMO CARDÍACO

Laboratorios de cateterismo

Las instalaciones de cateterismo cardíaco pueden disponerse en varios lugares, incluidos los laboratorios hospitalarios tradicionales con programas quirúrgicos cardiotorácicos internos, los laboratorios hospitalarios sin programas quirúrgicos a aplicar sobre el terreno, los laboratorios independientes y los laboratorios móviles. En la actualidad, de los 5.099 hospitales existentes en EE. UU., 4.345 (el 85%) cuentan con laboratorios de cateterismo cardíaco y 1.061 (el 21%) prestan servicios de cirugía cardíaca. En el momento presente, alrededor del 75% de los laboratorios de cateterismo cardíaco cuentan con unidades de apoyo cardíaco en sus instalaciones. Según una reciente declaración de posicionamiento conjunta, un laboratorio de cateterismo con servicios de apoyo quirúrgico permite efectuar este tipo de intervenciones de manera segura en cualquier paciente con cardiopatía. Un hospital con tales dotaciones se considera de «servicios plenos». Las unidades de apoyo quirúrgico cardíaco, al igual que otros servicios auxiliares, como la anestesia cardíaca, son instalaciones fundamentales. Con este tipo de instalaciones, un hospital está perfectamente equipado para realizar estudios e intervenciones complejos. Aunque la intervención quirúrgica directa no es necesaria con frecuencia, sus dotaciones, dentro de las cuales cabe incluir equipo, personal, anestesiólogos cardíacos, perfusionistas y cirujanos cardíacos y vasculares, sirve de base para el tratamiento de pacientes de alto riesgo y para el abordaje de las complicaciones que se presenten. Los estudios diagnósticos de alto riesgo y todas las intervenciones percutáneas programadas han de llevarse a cabo en un laboratorio que cuente con unidades de apoyo quirúrgico. Entre las áreas que son recomendables como parte de ese servicio de apoyo sobre el terreno cabe citar la cirugía cardíaca, la anestesia cardíaca, la unidad de cuidados intensivos, los servicios vasculares y los servicios de consulta hematológica y banco de sangre, los servicios de diagnóstico por imagen avanzado (ecografía/Doppler, RMC, TC), los servicios de soporte circulatorio mecánico y los de cirugía/intervenciones endovasculares.

El objetivo de las instalaciones de cateterismo cardíaco independientes y móviles es reducir los costes y ofrecer servicios en una localización accesible a los pacientes de bajo riesgo. La seguridad del cateterismo móvil en pacientes de bajo riesgo adecuadamente seleccionados parece comparable a la de otros entornos.

Como consecuencia de la seguridad y rentabilidad documentadas del cateterismo cardíaco diagnóstico en el entorno ambulatorio, alrededor del 50% de las consultas hospitalarias se realiza en forma de intervenciones ambulatorias. En general, son pocos los pacientes que precisan hospitalización antes del cateterismo diagnóstico. Se suele tratar de pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva grave y con enfermedad renal crónica en fase 4 que requieren hidratación previa. La necesidad de hospitalización para cambiar de warfarina a heparina ha sido sustituida, principalmente, por la utilización de heparina de bajo peso molecular como estrategia ambulatoria de anticoagulación, excepto en pacientes con válvulas cardíacas mecánicas.

Las pruebas no invasivas permiten identificar a los pacientes que sería más apropiado evaluar en un entorno en el que se disponga de cirugía cardíaca, incluyendo a los pacientes con isquemia grave descubierta durante la prueba de esfuerzo, isquemia en reposo, enfermedad conocida o alto grado de sospecha de afectación grave del tronco coronario principal izquierdo o enfermedad proximal de tres vasos, estenosis aórtica crítica y enfermedad concomitante grave. La mayoría de los pacientes son dados de alta el mismo día, de 2 a 6 h después de la intervención.

La razón más frecuente de hospitalización después de la intervención es la formación de hematomas, que precisan reposo adicional en cama y observación. Además, el diagnóstico obtenido de la intervención puede requerir hospitalización, como las observaciones de afectación grave de la arteria coronaria principal izquierda o de enfermedad de tres vasos. Otras consideraciones para una hospitalización después de la intervención son la insuficiencia cardíaca descompensada, los síntomas isquémicos inestables, la estenosis aórtica grave con disfunción del VI, la insuficiencia renal que requiere mayor hidratación y la necesidad de anticoagulación continua.

El laboratorio de cateterismo cardíaco híbrido ha adquirido recientemente popularidad, a raíz del advenimiento de las intervenciones cardíacas valvulares y estructurales transcatéter. Asimismo, la cirugía valvular o arterial coronaria combinada con IPC se ajusta bien a estas instalaciones híbridas. En este contexto, el principal objetivo es disponer de técnicas de imagen de alta resolución, con condiciones de esterilidad y potenciales capacidades propias de un quirófano de cirugía cardiovascular. La iluminación y el intercambio de aire han de ajustarse a los patrones habituales de los quirófanos. Las necesidades de espacio suelen ser mayores que las de los entornos quirúrgicos estándar o los laboratorios de cateterismo, a fin de dar cabida al equipo multidisciplinar y al equipamiento que este utiliza. Estas instalaciones pueden hallarse en los laboratorios de cateterismo cardíaco o en un quirófano. La disponibilidad de personal de laboratorio de cateterismo cardíaco y/o de unidad de cirugía cardíaca es fundamental, con objeto de garantizar los pertinentes resultados de alta calidad en la realización de estas complejas intervenciones.

Volumen de intervenciones del laboratorio. Para mantener la competencia, los laboratorios para adultos deberían realizar un mínimo de 300 intervenciones al año. De acuerdo con las directrices del Accreditation Council for Graduate Medical Education para el cateterismo diagnóstico, los médicos en formación deben pasar un total de 8 meses y tratar más de 300 casos, incluidos más de 200 como operador principal, a fin de recibir la credencial de las intervenciones de cateterismo cardíaco diagnóstico de nivel II en la práctica clínica. Sin embargo, no se ha establecido el volumen mínimo para los médicos establecidos en ejercicio. Es obligatoria una evaluación periódica de calidad del laboratorio, del médico, del personal de enfermería y del rendimiento y los resultados del técnico. El director del laboratorio debería tener al menos 5 años de experiencia en cateterismo. En un laboratorio que realiza una intervención coronaria percutánea, el director debería tener una certificación oficial en cardiología intervencionista. El director es responsable de conceder la credencial a los médicos; de revisar el rendimiento del laboratorio, el médico y el personal auxiliar, y de proporcionar la formación necesaria.

Equipo. El equipo necesario para el cateterismo cardíaco comprende el sistema radiográfico y el control de los datos fisiológicos, el material estéril, los dispositivos de imagen para guiar el acceso vascular, un carro de urgencias y un desfibrilador. También se necesita un equipo de apoyo formado por un inyector de corriente, un procesador de imágenes con archivo digital, estaciones de visualización y un método uniforme de generación de informes, que permita un análisis idóneo de resultados y de las técnicas de intervención.

Equipo radiográfico. Para la realización óptima de las intervenciones de cateterismo se requieren técnicas de imagen de rayos X de alta resolución. El equipo necesario comprende un generador, un tubo de rayos X, un detector de panel plano, una modulación expansiva, una captura de imagen de vídeo, una presentación de imágenes y un archivo digital. El detector de panel plano produce una señal directa de vídeo digital a partir de la fluorescencia original de luz visible sin la fase intermedia de luz visible.

La revisión inmediata, el análisis cuantitativo informatizado, las posibilidades de manipulación de las imágenes, los mapas de rutas y las imágenes sin parpadeo a bajas velocidades minimizan la exposición de los pacientes y el personal a la radiación. La transferencia de imágenes entre los laboratorios, hospitales y consultas de médicos se realiza por medio de acceso a distancia a través de Internet. El desarrollo de normas de visualización digital y comunicación para la angiografía cardíaca ha permitido la compatibilidad entre sistemas de diferentes proveedores.

Controles fisiológicos. Durante el cateterismo cardíaco es necesario un control continuo de la presión arterial y del electrocardiograma (ECG). Generalmente se registran las presiones sistémica, pulmonar e intracardíaca mediante la utilización de catéteres llenos de líquido conectados a transductores de presión de calibre a tensión y después se transmiten a un monitor. Es necesario un equipo para la determinación de la termodilución y del gasto cardíaco y la determinación de los gases sanguíneos, así como un electrocardiógrafo estándar de 12 derivaciones. La medición del consumo de oxígeno

para la determinación del gasto cardíaco por medio del método de Fick debe encontrarse disponible en laboratorios que realizan técnicas diagnósticas valvulares y congénitas.

Seguridad de la radiación. El principal principio orientador de la exposición a rayos X es el designado por el acrónimo inglés ALARA (*as low as reasonable achievable*, tan baja como sea razonablemente posible). Ello supone que ningún nivel de exposición es completamente seguro para los pacientes u operadores. Los efectos de la radiación se pueden clasificar como efectos deterministas o estocásticos. Ambos se caracterizan por un retraso entre la radiación y el efecto. El retraso puede ser de horas a años. Ejemplos de efectos deterministas son el eritema cutáneo, la descamación, las cataratas, la pérdida del cabello y la necrosis cutánea. La lesión cutánea es el efecto determinista más frecuente de la radiación. En cuestión de horas puede desarrollarse un eritema pasajero temprano, pero la mayoría de las lesiones cutáneas no aparecen hasta 2 o 3 semanas después de la exposición. Los efectos estocásticos se relacionan con la probabilidad y no son proporcionales a la dosis, aunque la probabilidad de un efecto se relaciona con la dosis. Ejemplos de este efecto son las neoplasias y los defectos genéticos. El producto dosis-área es la dosis absorbida por el aire (kerma [*kinetic energy released per unit mass*, es decir, la energía cinética liberada por unidad de masa] en el aire) multiplicado por el área transversal del haz de rayos X en el punto de la medición. Se trata de una aproximación del total de energía de rayos X que recibe el paciente y es una medida del riesgo del paciente de presentar un efecto estocástico. Los efectos deterministas se relacionan con la dosis en el sentido de que por debajo de una cierta dosis, no existe efecto. Sin embargo, cuando se sobrepasa un umbral, la gravedad aumenta con la dosis. El intervalo de dosis estimado para un cateterismo cardíaco es de 1 a 10 milisieverts (mSv), que es el equivalente a 2-3 años de radiación natural de fondo. La dosis típica es de 3 a 5 mSv. Otra medida de dosis cutánea es el punto de referencia de intervención, localizado a 15 cm del isocentro del tubo de rayos X, y que constituye una estimación del punto de entrada del haz en la piel.

Los principios básicos para minimizar la exposición a la radiación comprenden la minimización del tiempo del haz radioscópico en la radioscopia, la utilización de la colimación del haz, la colocación de la fuente de rayos X y la recepción de la imagen de forma óptima, la utilización de la menor amplificación posible, rotar la proyección radiográfica en las intervenciones de larga duración para minimizar la exposición cutánea en el punto de entrada y el registro de la dosis estimada del paciente.

Para el personal de laboratorio, los factores más importantes son maximizar la distancia desde la fuente de rayos X y utilizar una protección adecuada, como delantales de plomo, collares tiroideos, gafas de plomo y barreras plomadas móviles. Las proyecciones muy anguladas, especialmente la proyección oblicua anterior izquierda (OAI), aumentan mucho la exposición de los operadores a la radiación, debido a la dispersión desde los pacientes.

Es necesario un método para medir la exposición del personal a la radiación. Se recomienda llevar al menos dos dosímetros, uno por fuera del delantal en el cuello y otro

por debajo del delantal en la cintura. Este último vigila la eficacia del delantal de plomo. La máxima dosis de radiación corporal total permisible al año en los que trabajan con radiación es de 5 equivalentes al roentgen en el hombre (rem = 50 mSv) o un máximo de 50 rem durante toda la vida.

PROTOCOLO DEL LABORATORIO PARA EL CATETERISMO

Preparación del paciente para el cateterismo cardíaco

Antes de la llegada al laboratorio de cateterismo, el cardiólogo responsable de la intervención debería explicar por completo la técnica, incluidos sus riesgos y beneficios, y responder a las preguntas del paciente y su familia. La evaluación previa al cateterismo comprende la anamnesis del paciente, la exploración física y un ECG. Los estudios rutinarios de laboratorio comprenden un hemograma completo con plaquetas, determinaciones de electrolitos séricos con concentraciones de creatinina y filtración glomerular estimada (FGe), tiempo de protrombina con el cociente normalizado internacional (INR) (en pacientes tratados con warfarina o con enfermedad hepática) y el tiempo de tromboplastina parcial (en pacientes que reciben heparina). Los componentes importantes de los antecedentes que precisan ser abordados comprenden la diabetes mellitus (que requiere insulina o no), la nefropatía, el estado de anticoagulación, la enfermedad arterial periférica y la alergia previa a los medios de contraste o al látex. Es necesario conocer completamente cualquier intervención previa, como cateterismo cardíaco, intervenciones coronarias percutáneas, intervenciones o cirugía arterial periférica y cirugía cardíaca.

Los pacientes deberían estar en ayunas al menos 6 h, y se les debería colocar una vía i.v. Suele administrarse una sedación v.o. o i.v. (p. ej., benzodiacepinas). Para vigilar el estado respiratorio debería utilizarse la pulsioximetría. La administración de warfarina ha de interrumpirse unos 3 días antes de la intervención y el INR debe ser inferior a 1,8, con objeto de reducir al mínimo el riesgo de hemorragia. Un INR inferior a 2,2 es aceptable para el acceso a través de la arteria radial. En pacientes tratados con dabigatrán, el uso de medicación tiene que interrumpirse 24 h antes del cateterismo, si la función renal es normal, y 48 h antes, con una FGe superior a 30 e inferior a 50 ml/min. Valores inferiores de FGe hacen necesaria la interrupción durante varios días. No se interrumpen ni el ácido acetilsalicílico ni otros antiagregantes plaquetarios antes de la intervención. Los pacientes diabéticos que reciben metformina deberían interrumpir su medicación la mañana de la intervención y no reiniciarla hasta que la función renal sea estable, al menos 48 h después de la intervención. Para evitar el riesgo de nefropatía por el contraste, todos los pacientes deben recibir hidratación antes y después de la intervención. El grado de hidratación depende de la función ventricular izquierda y del estado basal de líquidos. Sin embargo, si se tolera, se recomienda un total de 1 l de suero salino normal administrado entre el inicio y el final de la intervención. Otro régimen de hidratación que se ha estudiado para prevenir la nefropatía inducida por contraste en pacientes con nefropatía crónica es la utilización de bicarbonato sódico a 3 ml/kg durante 1 h antes de la intervención y 1 ml/kg durante 6 h después. Inicialmente, este régimen fue considerado superior a la

administración de suero salino normal, aunque datos recientes han constatado la equivalencia de ambos. A pesar de esta ausencia de ventaja, se trata de un método rápido y sencillo de prevenir la nefropatía inducida por contraste.

Aquellos pacientes con antecedentes de alergia a un medio de contraste necesitan profilaxis antes de la intervención. Un régimen recomendado es la administración de prednisona (50 mg v.o.) o hidrocortisona (100 mg por bolo i.v.) 12 h antes e inmediatamente antes de la intervención. La cimetidina (300 mg por bolo i.v. o v.o.), un antagonista no selectivo de la histamina, y la difenhidramina (de 25 a 50 mg por bolo i.v.) también se pueden administrar. Un error muy frecuente es pensar que el antecedente a alergia al marisco predispone al paciente a reacciones a los medios de contraste. El yodo del marisco no es el alérgeno, sino que parece ser la tropomiosina.

Protocolo de cateterismo

Una rutina general a la hora de realizar un cateterismo diagnóstico asegurará la adquisición eficiente de todos los datos pertinentes. En general, las determinaciones hemodinámicas y la determinación del gasto cardíaco deberían hacerse antes de la angiografía con el objeto de reflejar las condiciones basales de forma más precisa. Sin embargo, en un caso de elevado riesgo, el abordaje consiste en recopilar primero la información más importante debido a la posibilidad de inestabilidad del paciente.

El cateterismo del corazón derecho no debería realizarse en todos los pacientes sometidos a una angiografía coronaria de rutina, debido al bajo rendimiento en pacientes con sospecha de enfermedad arterial coronaria sin otras cardiopatías conocidas. El cateterismo del corazón derecho debería incluir el análisis oximétrico de detección sistemática y la determinación de las presiones intracardíacas y del gasto cardíaco. El cateterismo del corazón derecho está indicado cuando un paciente presenta una disfunción del VI, una insuficiencia cardíaca, un infarto agudo de miocardio complicado, una valvulopatía, una sospecha de hipertensión pulmonar, una cardiopatía congénita, cortocircuitos intracardíacos o una enfermedad pericárdica.

Aunque la utilización de un marcapasos temporal no está indicada en un cateterismo cardíaco rutinario, los operadores deberían conocer las técnicas de inserción y utilización adecuadas. Incluso en pacientes con un bloqueo aislado de la rama izquierda del haz, el cateterismo del corazón derecho puede realizarse, por lo general, de forma segura con catéteres con balón de flotación sin producir ningún trastorno de conducción adicional.

Catéteres y equipo asociado

Los catéteres utilizados para el cateterismo cardíaco están disponibles en diversas longitudes, tamaños y configuraciones. Las longitudes típicas de los catéteres varían entre 50 y 125 cm; 100 cm es la longitud que se utiliza con mayor frecuencia en el cateterismo del corazón izquierdo del adulto, mediante un abordaje femoral. En pacientes con aorta

ascendente dilatada o aortas ascendente y descendente tortuosas, a menudo se emplea un catéter de 125 cm. El diámetro externo del catéter se especifica en unidades French, en virtud de las cuales $1\text{ F} = 0,33\text{ mm}$. El diámetro interno del catéter es menor que el externo, debido al grosor del material. Los cables guía utilizados durante la intervención deben ser lo suficientemente pequeños como para pasar a través de los diámetros internos, tanto de la aguja introductora como del catéter. Las guías se definen por su longitud en centímetros, su diámetro en pulgadas y la conformación de su punta. Una guía que se utiliza con frecuencia es un fiador de 150 cm, 0,035 pulgadas y punta en J. Las vainas introductoras se especifican por el número French del catéter más grande que pasa fácilmente a través del diámetro interno de la vaina en lugar de a través de su diámetro externo. En consecuencia, una vaina introductora 7 F acepta un catéter 7 F ($7\text{ F} = 2,31\text{ mm}$), pero tiene un diámetro externo mayor que 7 F.

La elección del tamaño de los catéteres que se deben utilizar se determina sopesando la necesidad de opacificar las arterias coronarias y las cavidades cardíacas de forma adecuada y de permitir una manipulación idónea del catéter, limitando las complicaciones vasculares y facilitando la deambulación precoz. Los catéteres más habitualmente utilizados son de 4 a 6 F, ya que favorecen la deambulación precoz tras el acceso a la arteria femoral y, en general, ofrecen una visualización adecuada. Los catéteres más pequeños requieren mayor habilidad técnica de manipulación y presentan menores tasas de flujo. En consecuencia, su utilización en casos de anatomía tortuosa, constitución grande o estados de flujo coronario elevado (p. ej., en la insuficiencia aórtica) resulta, a veces, problemática. La relación entre el tamaño de la vaina y las complicaciones vasculares no está clara para el intervalo utilizado en el cateterismo diagnóstico de rutina. Por el contrario, la técnica de punción arterial, el estado de anticoagulación, que incluye la utilización de tienopiridinas e inhibidores de los receptores de la glucoproteína IIb/ IIIa, y las coagulopatías son factores más importantes relacionados con las complicaciones vasculares.

Cateterismo del corazón derecho

El cateterismo del corazón derecho permite la medición y el análisis de la aurícula derecha; el ventrículo derecho (VD); la arteria pulmonar y las presiones de enclavamiento capilar pulmonar; la determinación del gasto cardíaco, y la detección sistemática de cortocircuitos intracardíacos. Deberían obtenerse muestras de análisis de sangre para oximetría de la vena cava superior (VCS) y la arteria pulmonar. El cateterismo del corazón derecho se realiza de forma anterógrada a través de la vena cava inferior (VCI) o la VCS. La entrada percutánea se consigue a través de las venas femoral, yugular interna, subclavia o antecubital.

Cuando se realiza un cateterismo del corazón izquierdo mediante la técnica de Judkins, la vena femoral es la que con mayor frecuencia se utiliza para acceder a la parte derecha del corazón. Sin embargo, cuando se deja insertado de forma permanente el catéter en el

corazón derecho después de la intervención, es preferible el abordaje yugular interno. Este abordaje mejora la comodidad del paciente y permite que el paciente se siente en la cama. Se prefiere el abordaje yugular interno al subclavio para reducir el riesgo de neumotórax.

Catéteres con balón de flotación. Los catéteres con balón de flotación son los catéteres del corazón derecho más sencillos y utilizados. Si deben determinarse los gastos cardíacos por termodilución, se utilizan catéteres que contienen termistores, como los catéteres de Swan-Ganz. También se pueden obtener las presiones intracardíacas en el corazón derecho y la saturación de oxígeno para evaluar los cortocircuitos intracardíacos. Son flexibles y los dirige el flujo, sin embargo cuando se utiliza un abordaje femoral normalmente es necesaria una orientación radioscópica para introducir una cánula en la arteria pulmonar y obtener la posición de enclavamiento capilar pulmonar. Los catéteres del corazón derecho presentan una curvatura en forma de J o en forma de S a nivel distal para facilitar el paso desde la VCS a la arteria pulmonar, o un extremo distal en forma de S para la inserción femoral. Otros catéteres disponibles con balón de flotación del corazón derecho con agujero en el extremo son más rígidos y susceptibles de torsión y permiten el paso de guías convencionales de 0,09 o 0,1 cm. Aunque estos carecen de la capacidad para determinar los gastos cardíacos por termodilución, con ellos se obtiene una presión más exacta debido a un menor artefacto de latigazo del catéter y a un agujero de mayor tamaño en el extremo.

Se pueden utilizar dos métodos para avanzar un catéter con balón de flotación desde la vena femoral. A menudo, el catéter se puede avanzar directamente a través de la aurícula derecha y la válvula tricúspide. Una vez en el VD, el catéter se gira en el sentido horario para apuntar hacia arriba y directamente al tracto de salida del VD. Cuando se encuentra en el tracto de salida, la punta del balón debería permitir la flotación en la arteria pulmonar y las posiciones de enclavamiento. Cuando sea necesario, una inspiración profunda o los tos pueden facilitar esta maniobra y ayudar a atravesar la válvula pulmonar. En pacientes con presión arterial pulmonar elevada, es posible utilizar un cable guía para dar rigidez al catéter y permitir su avance hasta la posición de enclavamiento. Sin embargo, el operador ha de actuar con precaución para evitar la perforación de la arteria pulmonar. Si el catéter continúa apuntando hacia abajo, hacia la punta del VD, debería utilizarse otra técnica porque un mayor avance puede entrañar un riesgo de perforación de la punta del VD.

El asa se puede crear formando un gancho con la punta del catéter sobre la vena hepática o avanzando el catéter mientras se dirige hacia afuera en la aurícula derecha. Una vez formada el asa, el catéter se debe avanzar más, lo que dirige la punta hacia abajo y luego hacia adentro a través de la válvula tricúspide. El flujo sanguíneo anterógrado debe dirigir entonces el catéter hacia la arteria pulmonar. Después de colocar el catéter en la posición de enclavamiento, se puede quitar el asa redundante con el balón inflado mediante una lenta retirada del catéter.

Introducción de una cánula en el agujero oval persistente. En el 20 al 30% de los pacientes adultos existe un agujero oval permeable a la sonda que permite el acceso a la

aurícula izquierda. Se puede entrar en él utilizando un catéter de usos múltiples con la punta dirigida hacia adentro y ligeramente hacia atrás. Esta técnica se puede utilizar en pacientes sometidos a cierres del agujero oval persistente. El catéter se retira lentamente de la VCS o de la parte superior de la aurícula derecha hasta que se observa un ligero movimiento hacia adelante y adentro. Entonces, en pacientes con un agujero oval permeable a la sonda, el catéter sale hacia la aurícula izquierda con una ligera presión contra el tabique interauricular. La posición en la aurícula izquierda puede verificarse por la onda de presión, por las muestras sanguíneas que demuestran la saturación arterial o por la inyección manual de un medio de contraste. Si es necesario un acceso auricular izquierdo y no se puede obtener con esta técnica, debería llevarse a cabo un cateterismo transeptal.

Cateterismo del corazón izquierdo y coronariografía Técnica de Judkins Por su relativa facilidad, rapidez, fiabilidad y baja tasa de complicaciones, la técnica de Judkins se ha convertido en el método más utilizado de cateterismo del corazón izquierdo y coronariografía. Tras la anestesia local con lidocaína al 1%, se consigue una entrada percutánea en la arteria femoral puncionando el vaso de 1 a 3 cm (o de uno a dos traveses de dedo) por debajo del ligamento inguinal. A menudo, el ligamento puede palparse en su trayecto desde la espina ilíaca anterosuperior hasta la rama superior del pubis. Este ligamento, no el pliegue inguinal, debería utilizarse como punto de referencia. El pliegue inguinal puede ser engañoso, sobre todo en el paciente obeso. Otro método es utilizar una pinza hemostática colocada bajo radioscopia para verificar que el corte se ha hecho sobre el borde inferior de la cabeza femoral. Se hace una incisión cutánea transversal pequeña sobre la arteria femoral con un bisturí. Con una técnica de Seldinger modificada, se inserta una aguja de pared fina de calibre 18 con un ángulo de 30 a 45° en la arteria femoral y, a través de la aguja en la arteria, se avanza una guía de 0,09 o 0,1 cm recubierta de politetrafluoroetileno (teflón) con punta en J. La guía debería pasar libremente a la aorta sin resistencia táctil y sentirse como si se cortara mantequilla con un cuchillo caliente.

Después de obtener un acceso arterial, se inserta en la arteria femoral una vaina de un tamaño al menos igual que el del catéter coronario. No se ha establecido la utilización rutinaria de heparina para el cateterismo cardíaco diagnóstico. Sin embargo, en intervenciones prolongadas, como en pacientes con injertos de derivación o valvulopatía estenótica, puede administrarse una dosis de 2.000 a 3.000 unidades mediante embolada i.v. No se recomienda la administración rutinaria de protamina después de la intervención para revertir el efecto de la heparina. Aunque infrecuentes, las reacciones de hipotensión a la protamina pueden ser graves y son más frecuentes en pacientes con diabetes. En pacientes que reciben heparina antes de la llegada al laboratorio, debería obtenerse un tiempo de coagulación activado después del acceso. No se recomienda habitualmente la retirada de la vaina hasta que el tiempo de coagulación activado sea menor de 180 s, a no ser que se esté utilizando un dispositivo de cierre vascular.

Se pueden obtener las presiones sistólica y telediastólica en el VI avanzando un catéter *pigtail* hacia el VI. En la evaluación de la estenosis valvular aórtica se deberían registrar

simultáneamente con dos transductores las presiones en el VI y en la arteria aorta o femoral. El catéter aórtico debería colocarse al menos en la aorta abdominal en lugar de la arteria femoral. La atenuación de la presión puede ser grave en los ancianos con enfermedad arterial periférica, y la estimación de la presión aórtica a partir de la presión en la arteria femoral será inexacta para la determinación de la gravedad valvular. Preferentemente se deben utilizar catéteres *pigtail* con luz distal y proximal. Estos catéteres especialmente diseñados miden la presión aórtica supra-avalvular y en el VI de forma simultánea cuando se utilizan dos transductores. En caso de pacientes con sospecha de estenosis mitral, deberían obtenerse las presiones en el VI y de enclavamiento o en la aurícula izquierda de forma simultánea con dos transductores.

La ventriculografía izquierda se realiza en las proyecciones oblicua anterior derecha (OAD) a 30° y OAI a 45-50°. Para este fin se utiliza, con mayor frecuencia, un catéter *pigtail*. Con el objeto de evaluar la función del VI y la gravedad de la insuficiencia mitral se utiliza una inyección con fuerza de 30 a 40 ml de un medio de contraste en el ventrículo a 12-15 ml/s. Después de la ventriculografía, pueden repetirse las determinaciones de las presiones sistólica y telediastólica del VI y registrarse la presión sistólica a medida que el catéter se retira del VI hacia la aorta. La obtención de estas presiones puede detectar si existe un gradiente transvalvular aórtico. Para la determinación de la sospecha de gradientes intraventriculares o gradientes del flujo de salida del VI es deseable un catéter de usos múltiples con un agujero en el extremo a fin de localizar el gradiente en el VI. Los catéteres *pigtail* tienen agujeros laterales que dificultan la capacidad de definir si el gradiente es intraventricular, subvalvular y/o transvalvular.

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

En este sentido, la eco-Doppler intracoronaria puede ejercer un papel destacable, al valorar la velocidad del flujo coronario antes, durante y tras la lesión coronaria, en condiciones basales o en respuesta a determinados fármacos intracoronarios.

La angiografía coronaria se practica como parte del cateterismo cardíaco, y puede incluir angiografías de otros vasos o cámaras cardíacas, dentro de la valoración hemodinámica necesaria para una evaluación diagnóstica invasiva completa del estado cardiovascular

del paciente. El alcance de la enfermedad coronaria se define como monovaso, bivaso, trivaso o enfermedad del tronco común. Las imágenes angiográficas se interpretan de manera cuantitativa y cualitativa. Así, de forma general se considera que una lesión es significativa cuando reduce el diámetro de la luz arterial al menos un 70%. Sin embargo, la existencia de una cierta variabilidad inter e intraobservador ha favorecido la introducción de técnicas cuantitativas (geométricas y densitométricas) que aumentan la precisión del análisis angiográfico. Análogamente, mediante ecografía intracoronaria se considera que las lesiones son hemodinámicamente significativas cuando el área transversal de la luz de la arteria coronaria es inferior a 4 cm² (en porciones proximales de arterias coronarias mayores: descendente anterior, circunfleja o coronaria derecha). A pesar de que cada vez se concede más importancia a la interpretación cuantitativa, hay algunos aspectos de la angiografía coronaria que se definen mejor cualitativamente, como son las lesiones de aspecto “borroso” o “gris”, disecciones, contornos irregulares y recortados o defectos de repleción que pueden corresponder a trombos.

Técnicas de diagnóstico intracoronario

Angiografía coronaria cuantitativa. Consiste en la medida del perfil de la luz intracoronaria, rellena de contraste radiológico, tras la realización de una coronariografía, que permite la cuantificación del diámetro de referencia proximal y distal a la lesión, el diámetro luminal mínimo y la longitud de la misma.

Esto se realiza mediante programas informáticos, siempre con el control del operador experto.

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

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

Otras técnicas. Presión intracoronaria y termografía intracoronaria.

Angioplastia coronaria

Angioplastia con balón

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

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

Stent

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

– *Stent* con predilatación. Es la endoprótesis coronaria que se implanta ante una lesión coronaria,

de modo que se realiza previamente una dilatación con balón, no con el objeto de realizar una dilatación coronaria que elimine la estenosis de entrada, sino solamente que la dilatación final permita el paso para implantar el *stent*.

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

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

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

– *Stents* recubiertos de sustancias inmunosupresoras. Están en fase muy avanzada de investigación, como los que utilizan la rapamicina o el taxol. Los primeros estudios en humanos han demostrado resultados espectaculares, con desaparición por completo de cualquier rastro de crecimiento intimal y por tanto de reestenosis. De confirmarse estos resultados en ensayos clínicos a mayor escala, el panorama de la reestenosis intra *stent*,

que suele afectar a los 6 meses al 15-30% de las lesiones tratadas, puede cambiar de forma radical.

Otras alternativas terapéuticas

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

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

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

longitud mayor de 25 mm y lesiones en injertos de safena.

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

otros dispositivos.

Radioterapia intracoronaria basada en catéteres. En los últimos 4 años se han examinado los efectos de la radioterapia, con partículas beta o gamma sobre la reducción de la reestenosis coronaria. Se ha estudiado tras realizar angioplastia con balón, o tras

implantar un *stent* convencional. La radioterapia se ha administrado con un catéter irradiante, unido o no a un balón con forma de espiral cuya misión es centrar la fuente irradiadora en la luz coronaria.

Aunque los resultados iniciales eran prometedores, se han detectado complicaciones a largo

plazo, como la reestenosis y trombosis tardías o la aparición de aneurismas. Su uso parece reservado a los pacientes con reestenosis de lesiones tratadas, o en los que se prevé un alto índice de reestenosis, exclusivamente en centros experimentados.

Cuidados tras la intervención

Tras completar la coronariografía y el cateterismo del corazón izquierdo, se retiran los catéteres; si se utiliza compresión manual, se aplica una presión firme en el área femoral durante 10 min. El paciente debería acostarse en la cama durante varias horas, con la pierna recta para evitar la formación de un hematoma. Con los catéteres 4-6 F, 2 h de reposo en cama suele ser suficiente, mientras que la utilización de catéteres mayores de 6 F normalmente requiere al menos de 3 a 4 h.

De forma alternativa, pueden utilizarse dispositivos de cierre vascular. Actualmente hay cuatro tipos disponibles en el mercado: tapones de colágeno, cierre con sutura, clips metálicos y parches hemostáticos. Cada uno de ellos permite una deambulación temprana de los pacientes, a las 1-2 h de la intervención, y un menor tiempo de hemostasia que con la compresión manual. También permiten la retirada temprana de la funda en pacientes que reciben anticoagulación. Aunque un metaanálisis planteó su preocupación por el aumento del riesgo de pseudoaneurisma y hematoma con los dispositivos de cierre de punción arterial, otro estudio demostró una menor incidencia de las complicaciones vasculares en comparación con la compresión manual. El éxito final de cualquier medio para conseguir la hemostasia a menudo se basa en una única punción de la pared frontal de la arteria femoral común en el segmento situado bajo el ligamento inguinal y sobre la cabeza del fémur.

La principal ventaja de la técnica de Judkins es la rapidez y la facilidad del cateterismo selectivo. Estos atributos no restan importancia, sin embargo, a la extensa experiencia del operador para garantizar los estudios de calidad con una seguridad aceptable. La principal des-ventaja de esta técnica es su complejidad en pacientes con enfermedad aterosclerótica iliofemoral grave, en los que el paso retrógrado de los catéteres a través de áreas de estrechamiento o tortuosidad extrema puede resultar difícil o imposible. Sin embargo, con una técnica cuida- dosa, orientación radioscópica y vainas de punta flexible susceptibles de torsión (p. ej., Wholey, Glidewire), puede lograrse el paso a través de anatomías difíciles o de injertos aortofemorales sintéticos con bajas tasas de complicaciones.

Técnica de la arteria radial percutánea

El cateterismo del corazón izquierdo mediante el abordaje de la arteria radial se desarrolló como una alternativa al abordaje transbraquial percutáneo en un intento de limitar las complicaciones vasculares. Las ventajas inherentes del abordaje transradial son que la mano presenta un aporte arterial doble conectado a través de los arcos palmares y que no existen nervios o venas en el lugar de la punción. Además, no es necesario el reposo en cama después de la intervención, lo que permite una angiografía ambulatoria más eficiente.

La intervención requiere un resultado normal de la prueba de Allen. La prueba de Allen consiste en la compresión manual de las arterias radial y cubital durante el cierre del puño hasta que la mano se blanquea. El color normal vuelve a la mano abierta 10 s después de liberar la presión sobre la arteria cubital, y falta una hiperemia reactiva importante al liberar la presión sobre la arteria radial. El uso de la pulsioximetría (prueba de Bar-beau) puede mejorar la precisión y la reproducibilidad del establecimiento de una irrigación sanguínea dual adecuada.

En la técnica radial, el brazo se abduce y la muñeca se hiperextiende sobre un rollo de gasa. Se utiliza una anestesia cutánea de rutina. Se introduce una aguja de micropunción (técnica de pared anterior) o un Angiocath de calibre 20 (técnica de pared posterior) con un ángulo de 30-45° en la arteria radial 2-3 cm proximal al pliegue flexor de la muñeca. Se introduce entonces una vaina 4 F o 5 F de 7 a 16 cm de largo por encima de una guía corta de 0,6 mm. A continuación, se extraen aproximadamente 10 ml de sangre con una jeringa que contiene heparina (3.000 a 5.000 unidades), y se añaden vasodilatadores (p. ej., 200 mg de nicardipino más 100 mg de nitroglicerina) y se administran por vía intraarterial para evitar el espasmo de la arteria radial. La combinación se mezcla con la sangre para minimizar la sensación de ardor y, a continuación, se inyecta por el puerto lateral de la vaina. Después se hacen avanzar los catéteres coronarios sobre una guía de cambio estándar de 0,035 pulgadas y punta en J, hacia la aorta ascendente. Las arterias coronarias izquierda y derecha se canulan de forma similar a la del abordaje braquial. La hemostasia se obtiene al final de la intervención, después de la retirada de la vaina mediante la utilización de presión directa o de un manguito de balón inflable. Se recomienda que se permita al sitio de la punción arterial san- grar durante varios latidos antes de mantener la presión directa. Debería vigilarse periódicamente el pulso radial durante varias horas después de la intervención.

Las potenciales limitaciones de este acceso comprenden la incapacidad para canular la arteria radial, debido a su tamaño más pequeño y a la predisposición a desarrollar espasmo, la mala visualización de las arterias coronarias por los catéteres de pequeño calibre, la limitación del potencial de manipulación y el riesgo de oclusión de la arteria radial, secundario a disección o formación de un trombo. Si se contempla una intervención, la selección del dispositivo puede estar limitada por el tamaño del catéter guía. El abordaje transradial para el cateterismo del corazón izquierdo ha ganado aceptación. Un reciente ensayo aleatorizado desarrollado en 7.021 pacientes con

síndrome coronario agudo sometidos a angiografía coronaria y técnicas intervencionistas no mostró diferencias en la incidencia a 30 días de hemorragia mayor no relacionada con IDAC, pero sí reducción en la de grandes hematomas y pseudoaneurisma. En un análisis de 294.769 pacientes sometidos a ICP por IMEST en 1.204 hospitales entre 2007 y 2011, en el marco del registro del NCDR CathPCI, los pacientes se clasificaron en función de la localización del acceso para la ICP. Se determinó la tendencia temporal de la frecuencia de uso de abordajes radial y femoral. A lo largo de 5 años, el uso del acceso transradial, frente al femoral, en pacientes con IMEST aumentó de un 0,9 a un 6,4% ($P < 0,0001$). El acceso transradial se asoció a una mediana más prolongada de tiempo puerta-balón (78 frente a 74 min; $P < 0,0001$), pero también a menor riesgo ajustado de hemorragia (*odds ratio* [OR], 0,62; intervalo de confianza [IC] al 95%, 0,53-0,72; $P < 0,0001$) y un menor riesgo ajustado de mortalidad intrahospitalaria (OR, 0,76; IC al 95%, 0,57-0,99; $P < 0,0455$).

Punción percutánea de la arteria braquial. La técnica braquial, que ha sido en buena parte reemplazada por la radial, utiliza el método de Seldinger para acceso percutáneo a través de la arteria braquial. Una vaina de 4 a 6 F se coloca en la arteria braquial y se infunden de 3.000 a 5.000 unidades de heparina a través del puerto lateral. A continuación, se hace avanzar una guía por la aorta ascendente bajo control radioscópico. En ocasiones, la guía es necesaria para dirigir el catéter de la arteria coronaria izquierda hacia el seno izquierdo de Valsalva y al *ostium* de la arteria coronaria principal izquierda. Tras la retirada de la vaina, el brazo debe mantenerse recto, mediante un tablero de brazo, durante 4-6 h y con observación de los pulsos radial y braquial.

La principal ventaja de la técnica percutánea braquial es que evita la disección de la arteria braquial, considerando, además, que esta suele ser más larga que la radial. En comparación con la técnica femoral, la comodidad del paciente, el tiempo de hemostasia y el tiempo que transcurre hasta la deambulación son favorables al acceso radial, en detrimento del braquial. La eficacia de la técnica, el grado de exposición a radiación y la calidad de la imagen diagnóstica son favorables al abordaje femoral.

Punción de la arteria braquial: técnica de Sones. Sones et al. presentaron la primera técnica de cateterismo arterial coronario realizada con disección de la arteria braquial.

Cateterismo transeptal. El cateterismo transeptal del corazón izquierdo se ha hecho más prevalente como consecuencia de la comisurotomía mitral con balón percutáneo como opción preferente a la comisurotomía quirúrgica de las intervenciones electrofisiológicas que requieren acceso a las venas pulmonares y de la utilización de la reparación de la válvula mitral por vía percutánea. El cateterismo transeptal puede llevarse a cabo con una tasa de complicaciones de menos del 1% en centros con experiencia. Se utiliza una combinación de vaina de Mullins 8 F o transeptal SL y dilatador. La aguja de Brockenbrough tiene un calibre de 18 que se estrecha a un calibre de 21 en el extremo distal. La aguja se coloca en la vaina transeptal. Un abordaje utilizado con frecuencia es colocar una guía de 0,8 mm a través de la vena femoral y la aurícula derecha, dentro de la VCS. Entonces se avanzan la vaina de Mullins o transeptal y el dilatador por encima de la

guía dentro de la VCS. Se retira la guía y se reemplaza por una aguja de Brockenbrough. El puerto distal se conecta a un colector de presión. Con la punta de la aguja justo proximal al extremo de la vaina de Mullins, se retira todo el sistema del catéter. De forma simultánea se rota el catéter desde la posición de las 12 a la de las 5. El operador observa dos movimientos bruscos hacia la derecha. El primero se produce cuando el catéter desciende desde la VCS a la aurícula derecha. 19 El segundo aparece cuando la punta del dilatador transeptal pasa por encima del borde límbico al interior de la fosa oval. Entonces el dilatador y la aguja avanzan suavemente como una unidad. A veces es adecuada una presión constante y suave para avanzar el sistema a través de la fosa oval al interior de la aurícula izquierda. Si no, la aguja debería avanzarse a través del tabique interauricular mientras la vaina se mantiene en su lugar. En casos en los que la punción transeptal es técnicamente difícil debido a una aurícula izquierda grande, un proceso posquirúrgico o una variante anatómica, la ecocardiografía intracardiaca o transesofágica puede ser útil para localizar la fosa oval y el tabique interauricular.

La posición en la aurícula izquierda puede confirmarse mediante el aumento global en la presión con las ondas *a* y *v* de la aurícula izquierda, la inyección manual de un medio de contraste o la determinación de la saturación arterial del oxígeno. Cuando se confirma la posición, se debería girar el catéter hacia las 3 y el dilatador y la vaina avanzarse de forma segura de 2 a 3 cm dentro de la aurícula izquierda. Se sostiene la vaina firmemente y se retiran el dilatador y la aguja. Entonces deberían repetirse las determinaciones de la presión en la aurícula izquierda. Si es necesaria una determinación de la presión en el VI o una ventriculografía izquierda, a menudo el catéter puede avanzarse fácilmente al interior del VI tras una ligera rotación antihoraria. El principal riesgo asociado al cateterismo transeptal es la punción inadvertida de las estructuras auriculares, como la pared libre de la aurícula, la orejuela de la aurícula izquierda, el seno coronario, la raíz aórtica o la arteria pulmonar.

Punción transtorácica directa del ventrículo izquierdo. La única indicación diagnóstica de la punción directa del VI es medir su presión y realizar una ventriculografía en pacientes con válvulas protésicas mecánicas en las posiciones mitral y aórtica, para evitar el cateterismo arterial retrógrado y el transeptal. Debería evitarse el paso un catéter a través de válvulas de disco con inclinación debido al riesgo de que se produzca un atrapamiento del catéter, una oclusión de la válvula o un posible desprendimiento del disco con embolización.

La intervención se realiza después de la localización de la punta del VI mediante palpación o, preferiblemente, mediante ecocardiografía. Tras la administración de la anestesia local, se inserta un sistema de catéter de teflón de 15,24 cm de calibre 18 o 21 en el borde costal superior y se dirige ligeramente hacia atrás y hacia el segundo espacio intercostal hasta que se encuentra el impulso.

Los riesgos relacionados con esta técnica comprenden el taponamiento cardíaco, el hemotórax, el neumotórax, la laceración de la arteria coronaria descendente anterior izquierda, la embolia de un trombo del VI, las reacciones vagales y las arritmias

ventriculares. Sin embargo, el riesgo de taponamiento pericárdico es limitado en pacientes sometidos a cirugía cardíaca previa porque hay una fibrosis mediastínica. Con las múltiples técnicas de imagen no invasivas disponibles como la ecocardiografía transesofágica y la RMC, esta intervención está indicada en pocas ocasiones.

La implantación de la válvula aórtica transapical utiliza una técnica similar, excepto con exposición abierta de la punta del VI. Esta se emplea como acceso alternativo cuando las dimensiones de la arteria femoral son inadecuadas, a fin de acomodar la vaina más grande. La visualización directa de la punta del VI se consigue a través de la incisión intercostal, seguida de punción apical con técnica de Seldinger.

Biopsia endomiocárdica

La biopsia endomiocárdica se realiza con mayor frecuencia con diferentes biotomos desechables o, con menor frecuencia, reutilizables. Los dispositivos más populares utilizados para el abordaje a través de la vena yugular interna son los biotomos preformados de 50 cm. La biopsia del VD se puede realizar a través de la vena yugular interna, la vena subclavia o la vena femoral. La biopsia del VI no se realiza habitualmente y se efectúa mediante el abordaje por la arteria femoral.

Cuando se realiza una biopsia del VD a través de la vena yugular interna derecha, se introduce una vaina recta corta 7 F o una vaina curva larga mediante la técnica de Seldinger habitual. Si se utiliza una vaina corta, se avanza un biotomo 7 F bajo orientación radioscópica hasta la pared lateral de la aurícula derecha. Con una rotación antihoraria, se avanza el dispositivo a través de la válvula tricúspide y hacia el tabique interventricular. Cuando se utiliza una vaina preformada, se posiciona contra el tabique del VD. Se debería vigilar la presión en el VD de forma continua. Se pasa el biotomo a través de la vaina y se obtienen las muestras. De forma alternativa, para guiar la posición del biotomo se ha utilizado la ecocardiografía bidimensional en lugar de la radioscopia. El contacto con el miocardio se confirma por la presencia de extrasístoles ventriculares, la resistencia a un mayor avance y la transmisión del impulso ventricular al operador. Entonces se retira un poco el biotomo del tabique, se abren las ramas de las pinzas, se vuelve a avanzar el biotomo para que entre en contacto con el miocardio y se cierran las pinzas. Al retirar el dispositivo se nota un pequeño tirón. Habitualmente son necesarias de cuatro a seis muestras de miocardio para realizar un análisis anatomopatológico adecuado. Antes de la intervención se debería consultar con un anatomopatólogo o un cardiólogo especialista en trasplantes para asegurar una recogida y un procesamiento adecuados de las muestras.

La biopsia del VD desde la vena femoral requiere la inserción de una vaina larga 7 F dirigida hacia la porción del ventrículo de la que se va obtener la muestra. Para la biopsia del VD se utilizan diferentes configuraciones de vainas. La vaina convencional tiene un ángulo de 45° en su extremo distal con objeto de permitir el acceso al VD. Sin embargo, las vainas diseñadas específicamente tienen curvas dobles. Estos catéteres poseen la curva habitual de 180° y una curva plana septal perpendicular distal adicional de 90°, que permite una mejor manipulación y colocación hacia el tabique interventricular. Esta

configuración de vaina también se puede utilizar desde el abordaje yugular interno.

Cualquiera que sea el acceso que se utiliza, se avanza el biotomo a través de la vaina y se debería visualizar en las proyecciones oblicua anterior derecha de 30° y oblicua anterior izquierda de 40°. La proyección oblicua anterior derecha asegura que el catéter se encuentre en la porción media del ventrículo lejos de la punta. La proyección oblicua anterior izquierda verifica que la punta de la vaina esté orientada hacia el tabique interventricular. La infusión de un medio de contraste a través del puerto lateral de la vaina puede ayudar a confirmar la posición. Las muestras de miocardio se toman de forma similar a la descrita anteriormente.

Si se va a realizar una biopsia del VI, la vaina de biopsia se inserta generalmente a través de la arteria femoral y se coloca sobre un catéter de usos múltiples o un *pigtail* que se ha colocado en el ventrículo. Se avanza la vaina por debajo del aparato mitral y lejos de la pared posterobasal. Entonces se retira el catéter y se inserta un biotomo largo de VI. Cuando se realiza la biopsia del VI se debe tener cuidado para evitar una embolia aérea cuando se introduce el biotomo en la vaina. Una infusión constante de una solución de lavado a través de la vaina minimiza el riesgo de embolia aérea o de un trombo.

Las complicaciones de la biopsia endomiocárdica abarcan la perforación cardíaca con taponamiento, las embolias (de aire, tejido o tromboembolia), las arritmias, los trastornos de la conducción eléctrica, la lesión de la válvula tricúspide, las reacciones vasovagales y el neumotórax. La tasa global de complicaciones se sitúa entre el 1 y el 3%; generalmente, se comunica que el riesgo de perforación cardíaca con taponamiento es menor del 0,05%. La biopsia endomiocárdica es la causa más frecuente de insuficiencia tricuspídea grave después de un trasplante cardíaco. La utilización de vainas más largas disminuye drásticamente la incidencia de alteración anatómica de la válvula durante la biopsia.

La embolización sistémica y las arritmias ventriculares son más frecuentes con la biopsia del VI. Por lo general, esta debería evitarse en pacientes con un bloqueo de rama derecha del haz debido al posible desarrollo de un bloqueo auriculoventricular completo, así como en pacientes con un trombo conocido en el VI.

Recientemente se ha definido la función de la biopsia endomiocárdica en el manejo de las enfermedades cardiovasculares. Existen dos indicaciones de clase I para la biopsia endomiocárdica. La primera es la insuficiencia cardíaca de nueva aparición de menos de 2 semanas de duración asociada con un tamaño normal o aumentado del VI y compromiso hemodinámico. La segunda es la insuficiencia cardíaca de nueva aparición de hasta 3 meses de duración complicada por una dilatación del VI, nuevas arritmias ventriculares, bloqueo cardíaco avanzado, o falta de respuesta a los cuidados habituales durante 2 semanas. La utilización de la biopsia por sospecha de toxicidad por antraciclinas o enfermedad restrictiva se considera una indicación de clase IIa. La vigilancia del rechazo del trasplante cardíaco es la indicación más frecuente de la biopsia.

DATOS HEMODINÁMICOS

El componente hemodinámico de la intervención del cateterismo cardíaco se centra en las determinaciones de la presión, la determinación del flujo (p. ej., el gasto cardíaco, los flujos de un cortocircuito, el flujo a través de un orificio estenosado, los flujos de insuficiencia y el flujo sanguíneo coronario) y en la determinación de las resistencias vasculares. En pocas palabras, el flujo a través de un vaso sanguíneo se determina por la diferencia de presión dentro del vaso y la resistencia vascular tal como las describe la ley de Ohm: $Q = \Delta P/R$.

Determinaciones de la presión El registro preciso de las ondas de presión y la correcta interpretación de los datos fisiológicos obtenidos de estas ondas son los principales objetivos del cateterismo cardíaco. Una onda de presión es la fuerza cíclica generada por la contracción del músculo cardíaco y su amplitud y duración están influidas por diferentes parámetros mecánicos y fisiológicos. La onda de presión de una cavidad cardíaca en particular está influida por la fuerza de la cavidad que se contrae y sus estructuras circundantes como las cavidades contiguas del corazón, el pericardio, los pulmones y la vasculatura. Las variables fisiológicas de la frecuencia cardíaca y el ciclo respiratorio también influyen sobre la onda de presión. El conocimiento de los componentes del ciclo cardíaco es esencial para la correcta interpretación de los datos hemodinámicos obtenidos en el laboratorio de cateterismo.

Sistemas de determinación de la presión *Sistemas llenos de líquido.* Las presiones intravasculares se miden típicamente usando un catéter lleno de líquido que se une a un transductor de presión. La onda de presión se transmite desde la punta del catéter al transductor por la columna de líquido del interior del catéter. La mayoría de los transductores de presión utilizados en la actualidad son medidores de tensión eléctrica desechables. La onda de presión distorsiona el diafragma o el cable del interior del transductor.

Existen varias fuentes de error cuando se miden las presiones con un sistema de catéter lleno de líquido-transductor. La distorsión de la señal de salida se produce como consecuencia de las características de respuesta de frecuencia y las características de amortiguación del sistema. La respuesta de frecuencia del sistema es el cociente entre la amplitud de salida y la amplitud de entrada en un intervalo de frecuencias de la onda de presión de entrada. La frecuencia natural es la frecuencia con que el sistema oscila cuando es excitado por el choque en ausencia de fricción. La disipación de la energía del sistema, como por la fricción, se denomina amortiguación. Para asegurar un intervalo de respuesta de frecuencia elevada, el sistema de determinación de la presión debería tener la mayor frecuencia natural posible y una amortiguación óptima. Con una amortiguación óptima, la energía se disipa poco a poco, manteniendo así la curva de respuesta de frecuencia lo más cerca posible a un cociente salida/entrada de 1 a medida que se acerca a la frecuencia natural del sistema.

El transductor de presión debe calibrarse frente a una presión conocida y, al inicio de la intervención del cateterismo, debe establecerse una referencia de cero. Para «poner a cero» el transductor, este se coloca a nivel de las aurículas, que corresponde aproximadamente a la mitad del tórax. Si el transductor se conecta al colector y adopta posiciones variables durante la intervención, se debería conectar al transductor un segundo sistema de catéter lleno de líquido y colocarse a nivel de la mitad del tórax. Todos los transductores utilizados durante la intervención deberían ponerse a cero y calibrarse de forma simultánea. Debido a las posibles desviaciones variables durante la intervención, todos los transductores se deberían volver a equilibrar inmediatamente antes de obtener registros simultáneos del gradiente transvalvular o determinaciones simultáneas de la presión.

Las posibles fuentes de error comprenden el artefacto de látigo del catéter (movimiento de la punta del catéter dentro de la cavidad medida), el artefacto de presión final (un catéter con agujero en el extremo mide una presión elevada de forma artificial debido a la velocidad de transmisión o velocidad elevada de la onda de presión), el artefacto del impacto del catéter (cuando el catéter es golpeado por las paredes o las válvulas de las cavidades cardíacas) y la obstrucción de la punta del catéter dentro de vasos pequeños u orificios valvulares o contra la pared del vaso. El operador debe ser consciente de las muchas fuentes de posible error y cuando exista discrepancia entre los datos observados y el cuadro clínico, se deberían examinar todos los componentes del sistema en busca de errores o artefactos.

Catéteres con micromanómetros. El uso de micromanómetros, que tienen el transductor de presión montado en la punta, reduce en gran medida muchos de los errores inherentes a los sistemas llenos de líquido. Sin embargo, su utilidad está limitada por el coste adicional y el tiempo necesario para la calibración y el uso adecuados del sistema. Estos catéteres tienen frecuencias naturales más altas y características de amortiguación más óptimas porque se elimina la columna de líquido interpuesta. Además, hay una disminución en la incidencia del artefacto de látigo del catéter. La onda de presión está menos distorsionada y carece del retraso de 30 a 40 ms que se observa en el sistema de catéter lleno de líquido-transductor. Los sistemas con micromanómetro de alta fidelidad disponibles en el mercado tienen un agujero en el extremo y agujeros laterales a fin de permitir la inserción por encima de la guía en la circulación al mismo tiempo que permiten la angiografía. Los catéteres que tienen dos transductores separados por una distancia corta son útiles para una determinación precisa de los gradientes a través de las estructuras valvulares y dentro de las cavidades ventriculares. El sistema con micromanómetro se ha utilizado para evaluar la velocidad de elevación de la presión ventricular (dP/dt), la tensión de la pared, la velocidad de caída de la presión ventricular ($-dP/dt$), la constante del tiempo de relajación (τ) y las relaciones presión-volumen de los ventrículos.

Ondas de presión normales

Para comprender las anomalías que caracterizan ciertos procesos patológicos es necesario conocer las morfologías de la onda de presión normal. En pocas palabras, siempre que se añade un líquido a una cavidad o se comprime dentro de una cavidad, habitualmente se eleva la presión. Por el contrario, siempre que un líquido sale de una cavidad o esta se relaja, habitualmente cae la presión. Una excepción a esta regla es la fase temprana del llenado diastólico ventricular izquierdo, cuando el volumen ventricular izquierdo aumenta tras la apertura de la válvula mitral pero la presión ventricular izquierda sigue disminuyendo por la relajación activa

Presión auricular

La onda de presión de la aurícula derecha presenta tres deflexiones positivas, las ondas *a*, *c* y *v*. La onda *a* se debe a la sístole auricular y sigue a la onda P del ECG. La altura de la onda *a* depende de la contractilidad auricular y de la resistencia al llenado del VD. El descenso *x* sigue a la onda *a* y representa la relajación de la aurícula y la tracción hacia abajo del anillo tricuspídeo por la contracción del VD. El descenso *x* es interrumpido por la onda *c*, que es una pequeña deflexión positiva producida por la protrusión de la válvula tricúspide cerrada en la aurícula derecha. La presión en la aurícula aumenta tras el descenso *x* como consecuencia del llenado auricular pasivo. Después, la presión auricular aumenta como la onda *v*, que representa la sístole del VD. La altura de la onda *v* se relaciona con la distensibilidad auricular y la cantidad de sangre que regresa a la aurícula desde la periferia. La onda *v* de la aurícula derecha es, por lo general, más pequeña que la onda *a*. El descenso *y* aparece después de la onda *v* y refleja la apertura de la válvula tricúspide y el vaciado de la aurícula derecha en el VD. Durante la respiración espontánea, la presión en la aurícula derecha desciende durante la inspiración mientras la presión intratorácica disminuye. La presión en la aurícula derecha aumenta durante la espiración cuando las presiones intratorácicas aumentan. El efecto contrario se observa cuando los pacientes reciben ventilación mecánica.

La onda de presión de la aurícula izquierda es similar a la de la aurícula derecha, aunque la presión normal en la aurícula izquierda es mayor, lo que refleja el sistema de presión elevada del lado izquierdo del corazón. En la aurícula izquierda, a diferencia de la aurícula derecha, la onda *v* es generalmente mayor que la onda *a*. Esta diferencia aparece porque la aurícula izquierda se ve limitada por detrás por las venas pulmonares, mientras que la aurícula derecha se puede descomprimir fácilmente en la VCI y VCS. La altura de la onda *v* de la aurícula izquierda refleja con más precisión la distensibilidad de la aurícula izquierda.

Presión de enclavamiento capilar pulmonar

La onda de presión de enclavamiento capilar pulmonar es similar a la de la aurícula izquierda pero está ligeramente amortiguada y retrasada como consecuencia de la

transmisión a través de los pulmones. Son visibles las ondas *a* y *v* con los descensos *x* e *y*, pero las ondas *c* no pueden verse. En el estado normal, la presión diastólica en la arteria pulmonar es similar a la presión de enclavamiento capilar pulmonar media porque la circulación pulmonar tiene una resistencia baja. En ciertos estados de enfermedad que se asocian con una resistencia vascular pulmonar elevada (hipoxemia, embolia pulmonar e hipertensión pulmonar crónica) y, en ocasiones, después de la cirugía de la válvula mitral, la presión de enclavamiento capilar pulmonar puede sobrestimar la verdadera presión auricular izquierda. En esta circunstancia, la determinación exacta del gradiente de la válvula mitral puede requerir que se obtenga la presión auricular izquierda directa.

Presión ventricular

Las ondas del VD y el VI tienen una morfología similar. Se diferencian principalmente en cuanto a sus magnitudes. Las duraciones de la sístole y la contracción y la relajación isovolumétricas son más largas y el período de eyección es más corto en el VI que en el VD. Puede haber un pequeño (5 mmHg) gradiente sistólico entre el VD y la arteria pulmonar. La presión diastólica ventricular se caracteriza por una onda de llenado rápida temprana, durante la cual se llena la mayor parte del ventrículo; una fase de llenado lento; y la onda *a*, que denota la actividad sistólica auricular. La presión telediastólica se mide generalmente en el punto C, que es el aumento en la presión ventricular en el inicio de la contracción isovolumétrica. Cuando no se ve bien el punto C, una línea trazada desde la onda R del ECG simultáneo hasta la onda de presión ventricular se utiliza como presión telediastólica.

Presión en los grandes vasos

El contorno del trazado de la presión aórtica central y de la presión en la arteria pulmonar consta de una onda sistólica, la incisura (que indica el cierre de las válvulas semilunares) y un descenso gradual en la presión hasta la siguiente sístole. La presión del pulso refleja el volumen sistólico y la distensibilidad del sistema arterial. La presión aórtica media refleja con mayor precisión la resistencia periférica. A medida que la onda de presión sistémica se transmite a través de la longitud de la aorta, la onda sistólica aumenta de amplitud y se hace más triangular, y la onda diastólica disminuye hasta que alcanza la porción medio torácica de la aorta y luego aumenta. Las presiones aórticas medias, sin embargo, son habitualmente similares; la presión arterial periférica media es típicamente más baja que la presión aórtica central media por 5 mmHg o menos.

La diferencia en las presiones sistólicas entre la aorta central y la periferia (arterias femoral, braquial o radial) es mayor en los pacientes jóvenes debido al aumento de su distensibilidad vascular. Estas posibles diferencias entre la aorta proximal y la arteria periférica deben tenerse en cuenta para medir e interpretar de forma precisa el gradiente de presión sistólica máximo entre el VI y el sistema arterial sistémico en pacientes con sospecha de estenosis aórtica. Cuando se halla un gradiente transvalvular, la medición más precisa de la presión aórtica se obtiene a nivel de las arterias coronarias. Esta determinación evita el efecto de la recuperación de la presión, que se define como el

aumento variable en la presión lateral anterógrada en un orificio estenosado. Este abordaje puede ser de importancia clínica en pacientes con estenosis aórtica de leve a moderada, sobre todo cuando la aorta es pequeña. Habrá una subestimación del gradiente transvalvular y una sobrestimación del área de la válvula aórtica debido a la mayor presión en la arteria femoral en pacientes más jóvenes cuando no se obtiene la presión supraventricular. Esto puede evitarse con un catéter *pigtail* de doble luz, que mide la presión en el VI y en la aorta ascendente de forma simultánea.

Determinaciones del gasto cardíaco

No existe un método completamente exacto para medir el gasto cardíaco en todos los pacientes, pero se puede estimar sobre la base de varios supuestos. Las dos técnicas más utilizadas son el método de Fick y el método de termodilución. Para la comparación entre los pacientes, a menudo se corrige el gasto cardíaco según el tamaño del paciente sobre la base del área de superficie corporal y se expresa como índice cardíaco.

Técnicas de termodilución. La técnica de termodilución requiere la inyección de un bolo de líquido (habitualmente suero salino normal) en el puerto proximal del catéter. El cambio resultante en la temperatura del líquido lo mide un termistor montado en el extremo distal del catéter. Se representa de forma gráfica el cambio de temperatura en función del tiempo. Se calcula entonces el gasto cardíaco utilizando una ecuación que considera la temperatura y el peso específico del inyectado y la temperatura y el peso específico de la sangre junto al volumen del inyectado. Se suele utilizar un factor de calibración. El gasto cardíaco está inversamente relacionado con el área bajo la curva de termodilución, que se muestra como una función de la temperatura frente al tiempo, con un área más pequeña bajo la curva indicativa de un mayor gasto cardíaco. Sin embargo, la fluctuación de la temperatura en el circuito puede afectar a la precisión, y la utilización de dos termistores puede mejorar de forma importante la precisión de esta técnica.

El método de termodilución presenta varias ventajas. Obvia la necesidad de la extracción de sangre de un sitio arterial y se ve menos afectado por la recirculación. Quizás su mayor ventaja es la visualización rápida de los resultados con los métodos informáticos. Sin embargo, en pacientes con insuficiencia tricuspídea o pulmonar grave aparece un error importante. Además, en pacientes con gastos bajos (especialmente $<2,5$ l/min), la termodilución tiende a sobrestimar el gasto cardíaco.

Método de Fick. El principio de Fick estima el gasto cardíaco partiendo de la premisa de que el flujo sanguíneo pulmonar (FSP) es igual al flujo sanguíneo sistémico (FSS), en ausencia de cortocircuito intracardíaco. El principio básico es que el flujo de sangre es proporcional a la diferencia entre la concentración de oxígeno en sangre arterial y venosa y la velocidad de captación de oxígeno por los glóbulos rojos en los pulmones. El mismo número de glóbulos rojos que entra en el pulmón debe dejarlo, si no existe ningún cortocircuito intracardíaco. Por lo tanto, si se conocen ciertos parámetros (el número de moléculas de oxígeno unidas a los glóbulos rojos que entran en el pulmón, el número de moléculas de oxígeno unidas a los glóbulos rojos que salen del pulmón y el número de

moléculas de oxígeno consumidas durante el viaje a través del pulmón), puede determinarse la velocidad del flujo de estos glóbulos rojos a medida que pasan a través del pulmón.

Evaluación de la estenosis valvular

La determinación de la gravedad de la estenosis valvular sobre la base del gradiente de presión y el flujo a través de la válvula es uno de los aspectos más importantes de la evaluación de pacientes con cardiopatía valvular. En muchos pacientes, la magnitud del gradiente de presión es suficiente para distinguir una estenosis valvular clínicamente importante de otra que no lo es.

Determinación de los gradientes de presión

Estenosis aórtica

En pacientes con estenosis aórtica, el gradiente de presión transvalvular se mide mejor con un catéter con micromanómetro y registros simultáneos en el ventrículo izquierdo y la aorta supra-avalvular. Para ello, el catéter más utilizado, y el preferido para medir con precisión el gradiente transvalvular aórtico, es el catéter *pigtail* de doble luz.

Aunque es conveniente medir el gradiente entre el ventrículo izquierdo y la arteria femoral a través de la vaina, el aumento anterógrado de la señal de presión y el retraso en la transmisión de la presión entre la porción proximal de la aorta y la arteria femoral pueden alterar la onda de presión de forma sustancial e introducir errores en el gradiente medido. El gradiente de presión de VI-arteria femoral no siempre es fiable en el cálculo de la superficie del orificio valvular en pacientes con gradientes valvulares moderados. Si el puerto lateral de la vaina de introducción en la arteria se usa para controlar la presión femoral, el diámetro interno de la vaina debe ser, al menos, 1 F más grande que el diámetro externo del catéter situado en el VI. Con frecuencia es preferible una retirada cuidadosa de un catéter único desde el VI a la aorta que la determinación simultánea de las presiones en el VI y la arteria femoral.

Un catéter único con una luz distal y otra proximal o un catéter con micromanómetro con transductores distal y proximal es el mejor método para la determinación simultánea de la presión en el VI y la presión aórtica central.

El gradiente de presión medio a través de la válvula aórtica se determina por planimetría del área que separa las presiones en el VI y la aorta durante múltiples latidos y es este gradiente el que se aplica al cálculo del área del orificio valvular. El gradiente pico-pico, medido como la diferencia entre la presión máxima en el VI y la presión máxima en la aorta.

Diferentes métodos de descripción de un gradiente transvalvular aórtico. El gradiente pico-pico (47 mmHg) es la diferencia entre la presión máxima en la aorta (Ao) y la presión máxima en el ventrículo izquierdo (VI). El gradiente instantáneo máximo (100 mmHg) es la

diferencia de presión máxima entre la Ao y el VI cuando las presiones se miden en el mismo momento (habitualmente durante la sístole temprana). El gradiente medio (*área sombreada en verde*) es la integral de la diferencia de presión entre el VI y la Ao durante la sístole (60 mmHg). (Tomado de *Bashore TM: Invasive Cardiology: Principles and Techniques. Philadelphia, BC Decker, 1990.*) se utiliza con frecuencia para cuantificar el gradiente valvular porque esta determinación se puede obtener rápidamente y estimar visualmente. Sin embargo, no existe ninguna base fisiológica para el gradiente pico-pico porque las presiones máximas en el VI y la aorta pocas veces ocurren de forma simultánea. El gradiente pico-pico medido en el laboratorio de cateterismo es generalmente más bajo que el gradiente instantáneo máximo medido en el laboratorio de ecocardiografía, debido a que el gradiente instantáneo representa la diferencia de presión máxima entre el VI y la aorta cuando se miden las presiones de forma simultánea. Esta diferencia de presión máxima aparece en la pendiente de subida del trazado de la presión aórtica. El gradiente transvalvular aórtico medio y el área valvular aórtica se correlacionan bien con ambas técnicas. En pacientes con una estenosis de bajo gradiente y bajo gasto, las maniobras farmacológicas pueden ser útiles (v. «Maniobras fisiológicas y farmacológicas»).

Estenosis mitral

En pacientes con estenosis mitral, el medio más preciso para determinar el gradiente de la válvula mitral es la determinación directa de la presión en la aurícula izquierda mediante la técnica transeptal con determinación simultánea de la presión en el VI y con planimetría del área comprendida por las presiones del VI y la aurícula izquierda en diástole durante varios ciclos cardíacos. La presión de enclavamiento capilar pulmonar se sustituye habitualmente por la presión en la aurícula izquierda, ya que se obtiene más fácilmente. El trazado de la presión de enclavamiento pulmonar debe ser realineado con el trazado del VI para la determinación precisa del gradiente medio. Aunque generalmente se ha aceptado que la presión de enclavamiento capilar pulmonar es una estimación satisfactoria de la presión en la aurícula izquierda, los estudios indican que la presión de enclavamiento pulmonar puede sobrestimar de forma sistemática la presión en la aurícula izquierda en 2 a 3 mmHg, lo que aumenta de este modo el gradiente valvular mitral medido. Los catéteres enclavados de forma incorrecta, que dan como resultado registros amortiguados de la presión en la arteria pulmonar, sobrestiman aún más la gravedad de la estenosis mitral. Si existen dudas sobre la posición correcta del catéter en la posición de enclavamiento, esta se puede confirmar con una extracción lenta de sangre para un análisis oximétrico. Una saturación de oxígeno igual a la de la circulación sistémica confirma la posición de enclavamiento.

Estenosis valvular del lado derecho

En la estenosis pulmonar, el gradiente valvular se obtiene mediante la retirada del catéter desde la arteria pulmonar al VD o mediante la colocación de catéteres separados en el

VD y la arteria pulmonar. Los catéteres con múltiples luces también se pueden utilizar para registros simultáneos de la presión. Los gradientes de la válvula tricúspide deben evaluarse con registro simultáneo de las presiones en la aurícula derecha y el VD.

El área valvular aórtica normal es de 2,6 a 3,5 cm en adultos. Las áreas valvulares de menos de 1 cm representan una estenosis aórtica grave. El área normal de la válvula mitral es de 4 a 6 cm y la estenosis mitral grave se presenta con áreas valvulares de menos de 1 cm.

El área valvular calculada es, a menudo, crucial para adoptar decisiones terapéuticas en los pacientes con estenosis aórtica o estenosis mitral. Por lo tanto, es esencial realizar determinaciones precisas y simultáneas del gradiente de presión y del gasto cardíaco, sobre todo en pacientes con gradientes de presión en el límite de la normalidad o bajos.

Existen limitaciones del área del orificio obtenida con la fórmula de Gorlin. Como en esta fórmula se utiliza la raíz cuadrada del gradiente medio, el cálculo del área valvular se ve más influido por el gasto cardíaco que por el gradiente de presión. De ese modo, los errores en la medición del gasto cardíaco pueden tener profundos efectos sobre el área valvular calculada, sobre todo en pacientes con gastos cardíacos bajos, en los que el área valvular calculada es, a menudo, de gran importancia.

Como se señaló anteriormente, la técnica de termodilución puede proporcionar datos imprecisos del gasto cardíaco cuando este se reduce o cuando existe una insuficiencia aórtica, mitral o tricuspídea concomitante. En consecuencia, el método de Fick de determinación del gasto cardíaco es el más preciso para evaluarlo, especialmente en estados de bajo gasto. En los pacientes con valvulopatía mixta (estenosis e insuficiencia) de la misma válvula, la utilización del flujo anterógrado según lo determinado por el método de Fick o la técnica de termodilución sobrestima la gravedad de la estenosis valvular. Esta sobrestimación sucede porque la fórmula de Gorlin depende del flujo anterógrado total a través de la válvula estenosada, no del flujo anterógrado neto. Si existe una insuficiencia valvular, el gasto cardíaco angiográfico es la medida más adecuada del flujo. Si existe una insuficiencia aórtica y mitral, no puede determinarse el flujo a través de una sola válvula, y ni el AVA ni el AVM pueden ser evaluados con precisión.

Otros posibles errores y limitaciones también son inherentes a la utilización de la fórmula de Gorlin, ambos relacionados con las imprecisiones en la determinación de los gradientes valvulares y con cuestiones más fundamentales acerca de la validez de los supuestos que subyacen a la fórmula. En los estados de bajo gasto, la fórmula de Gorlin puede predecir de forma sistemática áreas valvulares menores de lo que realmente son. Varias líneas de datos sugestivos indican que el AVA obtenida de la fórmula de Gorlin aumenta al aumentar el gasto cardíaco. Aunque esto puede representar una mayor apertura real de las válvulas estenosadas por las mayores presiones de apertura proximal que se producen por aumentos en el flujo transvalvular, la dependencia del flujo del área valvular calculada también puede reflejar errores inherentes en los supuestos que

subyacen a la fórmula de Gorlin, en particular con respecto a la válvula aórtica.

El aumento en el área valvular de Gorlin con aumentos en el flujo transvalvular no se asocia con alteraciones en la planimetría directa del AVA mediante ecocardiografía transesofágica. Este fenómeno indica que la variación relacionada con el flujo en el AVA de Gorlin se debe a una dependencia desproporcionada del flujo de la fórmula y no a un cambio verdadero en el área valvular

La utilización del gradiente transvalvular aórtico medio o del gradiente pico-pico produce una correlación similar con la fórmula de Gorlin.

Los pacientes con una estenosis aórtica de bajo gasto y bajo gradiente siguen siendo un reto para la determinación precisa del área valvular mediante cateterismo cardíaco o ecocardiografía. Puede resultar difícil determinar si el principal problema del deterioro ventricular izquierdo es el desajuste de la poscarga o la disfunción de la contractilidad intrínseca. Por tanto, se ha recomendado la utilización de la provocación farmacológica con una infusión de una dosis baja de dobutamina para distinguir la estenosis aórtica moderada de la grave. El concepto es que los pacientes sin una estenosis aórtica anatómica grave tendrán un aumento en las áreas valvulares con pequeño cambio en el gradiente transvalvular. Si la dobutamina aumenta el AVA más de $0,2 \text{ cm}^2$ sin cambios en el gradiente, es probable que la evaluación inicial sobrestimó la gravedad de la estenosis aórtica. También se ha demostrado que los pacientes que aumentan el volumen sistólico menos del 20% carecen de reserva contráctil y presentan mal pronóstico con el tratamiento médico o quirúrgico. A pesar de sus limitaciones teóricas, la fórmula de Gorlin ha demostrado ser una determinación clínica fiable para la evaluación de los pacientes con sospecha de estenosis aórtica.

Determinación de los gradientes de presión intraventricular La demostración de un gradiente de presión intracavitario es uno de los aspectos más interesantes y desafiantes del cateterismo diagnóstico. Las determinaciones simultáneas de la presión se obtienen en la aorta central o en la arteria femoral y en el interior de la cavidad ventricular izquierda. La retirada de un catéter polivalente con agujero en el extremo de la punta del ventrículo izquierdo a la posición posterior justo por debajo de la válvula aórtica se utiliza para demostrar un gradiente intracavitario. Si el catéter queda atrapado por el miocardio hipertrófico puede verse un gradiente intracavitario erróneo.

El gradiente intracavitario se distingue de la estenosis valvular aórtica por la pérdida del gradiente aorta-VI cuando el catéter está todavía en el interior del VI aunque proximal a la obstrucción miocárdica. Además, un análisis cuidadoso de la pendiente de subida de la onda de presión aórtica distingue una estenosis valvular de una subvalvular, ya que la onda de presión aórtica muestra una pendiente de subida lenta en la estenosis aórtica. Otros métodos para localizar los gradientes intracavitarios son la utilización de un catéter de doble luz, la utilización de un catéter con micromanómetro de doble sensor, o la colocación en el tracto de salida del VI de un catéter con un agujero en el extremo mientras se introduce un catéter transeptal en el VI, con medición de la presión al mismo

tiempo. Un gradiente intracavitario puede aumentar por diferentes maniobras de provocación, como la maniobra de Valsalva, la inhalación de nitrato de amilo, la introducción de una extrasístole ventricular o la infusión de dobutamina.

Evaluación de la insuficiencia valvular

La gravedad de la insuficiencia valvular se clasifica generalmente por la evaluación visual aunque, en ocasiones, se utiliza el cálculo de la fracción regurgitante. Según las directrices del ACC/AHA, la evaluación hemodinámica de las lesiones de insuficiencia aórtica o mitral se recomienda como una indicación de clase I cuando la presión en la arteria pulmonar no guarda proporción con la gravedad de la insuficiencia evaluada de forma no invasiva o cuando existe discrepancia entre los datos clínicos y no invasivos. El ejercicio con evaluación hemodinámica del corazón derecho que abarca la presión en la arteria pulmonar, la presión de enclavamiento capilar pulmonar y el gasto cardíaco también puede proporcionar información útil.

Evaluación visual de la insuficiencia. La insuficiencia valvular puede evaluarse visualmente mediante la determinación de la cantidad relativa de medio de contraste radiográfico que produce una opacidad en la cavidad proximal a su inyección. La estimación de la insuficiencia depende del volumen regurgitante, así como del tamaño y de la contractilidad de la cavidad proximal. El esquema de clasificación original ideado por Sellers et al. sigue siendo el estándar en la mayoría de los laboratorios de cateterismo:

+ Se ve un chorro regurgitante mínimo. Desaparece rápidamente de la cavidad proximal con cada latido.

++ Opacidad moderada de la cavidad proximal, que desaparece en latidos posteriores.

+++ Opacidad intensa de la cavidad proximal, que se iguala a la de la cavidad distal.

++++ Opacidad intensa de la cavidad proximal, que se hace más densa que la cavidad distal. La opacidad a menudo persiste durante toda la serie de imágenes obtenidas.

Fracción regurgitante. Se puede obtener un cálculo aproximado del grado de insuficiencia valvular mediante la determinación de la fracción regurgitante (FR). La diferencia entre el volumen sistólico angiográfico y el volumen sistólico anterógrado puede definirse como el volumen sistólico regurgitante.

Volumen sistólico regurgitante = volumen sistólico angiográfico - volumen sistólico anterógrado

La FR es esa porción del volumen sistólico angiográfico que no contribuye al gasto cardíaco neto. El volumen sistólico anterógrado es el gasto cardíaco determinado por el método de Fick o de termodilución dividido por la frecuencia cardíaca. El gasto cardíaco por termodilución no se puede utilizar si existe una insuficiencia tricuspídea concomitante

importante.

En comparación con la interpretación visual, la insuficiencia de 1+ equivale aproximadamente a una FR del 20% o menos, 2+ a una FR del 21 al 40%, 3+ a una FR del 41 al 60% y 4+ a una FR de más del 60%.

El supuesto que subyace a la determinación de la FR es que los gastos cardíacos angiográfico y anterógrado son precisos y comparables, un estado que requiere frecuencias cardíacas similares, estados hemodinámicos estables entre las determinaciones y solo una válvula insuficiente única. Dadas estas condiciones, la ecuación ofrece solo una aproximación bruta del flujo regurgitante.

Determinaciones de los cortocircuitos

Normalmente, el flujo sanguíneo pulmonar y el flujo sanguíneo sistémico son iguales. En el caso de una comunicación anómala entre las cavidades intracardíacas o los grandes vasos, el flujo sanguíneo se deriva de la circulación sistémica a la circulación pulmonar (cortocircuito de izquierda a derecha), de la circulación pulmonar a la circulación sistémica (cortocircuito de derecha a izquierda) o en ambas direcciones (cortocircuito bidireccional). El método más frecuentemente utilizado para la determinación del cortocircuito en el laboratorio de cateterismo cardíaco es el método oximétrico. Aunque muchos cortocircuitos se sospechan antes del cateterismo cardíaco, los médicos que realizan la intervención deberían estar vigilantes a la hora de determinar la causa de observaciones inesperadas. Por ejemplo, una saturación de oxígeno inexplicada en la arteria pulmonar que supere el 80% debería despertar la sospecha del operador de un cortocircuito de izquierda a derecha, mientras que una desaturación arterial inexplicada (<93%) puede indicar un cortocircuito de derecha a izquierda. La desaturación arterial se produce con frecuencia por una hipoventilación alveolar y el «cortocircuito fisiológico» asociado, cuyas causas son la excesiva sedación de la premedicación, las enfermedades pulmonares, la congestión venosa pulmonar, el edema pulmonar y el shock cardiogénico. Si la desaturación arterial persiste después de que el paciente realiza varias respiraciones profundas o tras la administración de oxígeno al 100%, es probable que exista un cortocircuito de derecha a izquierda.

Método oximétrico

El método oximétrico se basa en la obtención de muestras de sangre de diferentes cavidades cardíacas para la determinación de la saturación de oxígeno. Se detecta un cortocircuito de izquierda a derecha cuando se encuentra un importante aumento en la saturación de oxígeno en la sangre entre dos vasos o cavidades del lado derecho.

Con frecuencia y mediante detección sistemática, con el cateterismo del corazón derecho se realiza una determinación de la saturación de oxígeno de cualquier cortocircuito de izquierda a derecha mediante el muestreo de sangre de la VCS y de la arteria pulmonar. Si la diferencia en la saturación de oxígeno entre estas muestras es del 8% o mayor, puede existir un cortocircuito de izquierda a derecha, y debería realizarse una

«secuencia» de oximetría. Esta secuencia obtiene muestras de sangre de todas las localizaciones del lado derecho, incluidas la VCS, la VCI, la aurícula derecha, el VD y la arteria pulmonar. En casos de cortocircuitos interauricular o interventricular, se recomienda obtener múltiples muestras de la parte superior, media e inferior de la aurícula derecha o del tracto de entrada del VD, la punta y el tracto de salida para localizar el nivel del cortocircuito. Podemos pasar por alto un pequeño cortocircuito de izquierda a derecha utilizando la aurícula derecha para fines de detección sistemática en lugar de la VCS debido a la mezcla incompleta de la sangre en la aurícula derecha, que recibe sangre de la VCI, la VCS y el seno coronario. La saturación de oxígeno en la VCI es mayor que en la VCS, porque, en los riñones, la extracción de oxígeno es menor en relación con su flujo sanguíneo que en otros órganos. En cambio, la sangre del seno coronario registra una extracción de oxígeno mayor y, en consecuencia, tiene una saturación de oxígeno muy baja. La saturación venosa mixta se mide de forma más precisa en la arteria pulmonar tras haberse producido la mezcla completa o puede calcularse mediante la suma de las muestras de la VCI y la VCS. Una secuencia completa de saturación obtiene muestras de las porciones alta y baja de la VCI; de las porciones alta y baja de la VCS; de las porciones alta, media y baja de la aurícula derecha; de los tractos de salida y entrada del VD y de la porción media de la cavidad; de la arteria pulmonar principal; de la arteria pulmonar izquierda o derecha; de la vena pulmonar y de la aurícula izquierda, si es posible; del ventrículo izquierdo, y de la porción distal de la aorta. Cuando debe localizarse un cortocircuito de derecha a izquierda, las muestras para determinar la saturación de oxígeno deben tomarse de las venas pulmonares, la aurícula izquierda, el VI y la aorta. Aunque la mayor debilidad del método de incremento de oxígeno es su falta de sensibilidad, por lo general, los cortocircuitos clínicamente importantes son detectados por esta técnica. La obtención de múltiples muestras de cada cavidad puede mejorar el error de muestreo y su variabilidad. Otro método de determinación oximétrica de cortocircuitos intracardíacos utiliza un catéter de fibra óptica con un balón en la punta que permite el registro continuo de la saturación de oxígeno cuando se retira de la arteria pulmonar a través de las cavidades derechas del corazón hacia la VCS y la VCI.

Cuantificación del cortocircuito

Los principios utilizados para determinar el gasto cardíaco de Fick también se utilizan para cuantificar los cortocircuitos intracardíacos. Para determinar el tamaño de un cortocircuito de izquierda a derecha se necesitan las determinaciones del flujo sanguíneo pulmonar (FSP) y del flujo sanguíneo sistémico (FSS). El FSP es simplemente el consumo de oxígeno dividido por la diferencia en el contenido de oxígeno a través del lecho pulmonar, mientras que el FSS es el consumo de oxígeno dividido por la diferencia en el contenido de oxígeno a través del lecho sistémico. El flujo sanguíneo efectivo (FSE) es la fracción del retorno venoso mixto recibida por los pulmones sin contaminación por el flujo del cortocircuito. En ausencia de un cortocircuito, los FSP, FSS y FSE son todos iguales.

TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO COMPLEMENTARIAS

Mapeo electromecánico del ventrículo izquierdo Los avances en el diseño del

catéter y en la tecnología de la navegación se han traducido en sistemas de mapeo tridimensional basados en los catéteres para la evaluación de la función regional y global del VI. El sistema ofrece información simultánea eléctrica, mecánica y anatómica. Los mapas electromecánicos del VI pueden distinguir el miocardio viable del inviable y el miocardio isquémico del no isquémico y se correlacionan con la captación de talio.

El sistema de mapeo puede predecir la recuperación de la función tras la revascularización, lo que proporciona una evaluación en línea de la viabilidad. Esta técnica es muy prometedora para guiar la administración local de los tratamientos de regeneración miocárdica, como la inyección de células madre.

Ecocardiografía intracardiaca

La ecocardiografía intracardiaca (EIC) se utiliza para los estudios de imagen transvenosos dentro de las cavidades cardíacas. Consta de un catéter 8 F o 10 F de 90 o 110 cm que permite dos planos de manejo bidireccional en las direcciones anteroposterior e izquierda-derecha. El transductor tiene frecuencias variables de 5 a 10 MHz con características de matriz escalonada múltiple que comprende las técnicas de imagen bidimensional y el análisis Doppler en color y espectral.

La EIC proporciona estudios de imagen del tabique interauricular o interventricular y de las estructuras del corazón izquierdo desde la aurícula derecha o el VD, con una penetración de hasta 15 cm. Las aplicaciones comprenden la orientación de los cierres percutáneos de la comunicación interauricular y del agujero oval persistente, lo que reduce la necesidad de la ecocardiografía transesofágica y de la anestesia. En pacientes que precisan una punción transeptal, la EIC puede facilitar la localización de la fosa oval. La EIC también se utiliza para guiar las intervenciones electrofisiológicas con identificación de las estructuras anatómicas difíciles de ver por radioscopia (p. ej., las venas pulmonares o la fosa oval para la punción transeptal).

COMPLICACIONES ASOCIADAS AL CATETERISMO CARDÍACO

El cateterismo cardíaco es una intervención relativamente segura aunque presenta un riesgo bien definido de morbilidad y mortalidad. El posible riesgo de complicaciones graves durante el cateterismo cardíaco se relaciona, a menudo, con enfermedades concomitantes. La utilización de medios de contraste de baja osmolaridad e isoosmolares, catéteres diagnósticos de perfil más bajo y anticoagulación reducida, así como la amplia experiencia del operador han disminuido la incidencia de complicaciones. Varios estudios de gran tamaño ofrecen una idea de la incidencia de episodios mayores y definen cohortes de pacientes con un mayor riesgo.

Se produce una muerte relacionada con el cateterismo cardíaco diagnóstico en el 0,08 al 0,75% de los pacientes, dependiendo de la población estudiada. Los datos de la Society for Cardiac Angiography identificaron subgrupos de pacientes con un aumento en la tasa de mortalidad. En un análisis de 58.332 pacientes, los factores predictivos multifactoriales de complicaciones importantes fueron el estado moribundo, una clase funcional avanzada

de la New York Heart Association, la hipotensión, el shock, la valvulopatía aórtica, la insuficiencia renal, la angina inestable, la valvulopatía mitral, el infarto agudo de miocardio en las 24 h previas, la insuficiencia cardíaca congestiva y la miocardiopatía. El riesgo de complicaciones durante el cateterismo cardíaco es aún mayor en los octogenarios. Aunque la mortalidad global es aproximadamente del 0,8% en esta cohorte, el riesgo de complicaciones graves no mortales, que son principalmente vasculares periféricas, es aproximadamente del 5%.

El riesgo de infarto de miocardio varía del 0,03 al 0,06%; de bradiarritmias o taquiarritmias importantes, del 0,56 al 1,3%, y de complicaciones neurológicas, del 0,03 al 0,2%. Un estudio que utilizó resonancia magnética craneal seriada demostró una incidencia del 22% de episodios embólicos cerebrales agudos focales tras el cruce retrógrado de válvulas aórticas estenosadas, y el 3% de pacientes mostró deficiencias neurológicas clínicamente aparentes. Sin embargo, este estudio se contrapone con grandes series clínicas publicadas previamente y requiere una validación adicional.

El accidente cerebrovascular puede producirse durante la intervención en el laboratorio o pocas horas después de la misma. No está claro si el mecanismo es diferente. Debería diferenciarse el accidente cerebrovascular de otras enfermedades como la crisis convulsiva, la migraña, la hipoglucemia y la encefalopatía. El manejo estándar del accidente cerebrovascular con un equipo multidisciplinario es importante con objeto de mejorar el pronóstico. Los factores predictivos del accidente cerebrovascular son la diabetes mellitus, la hipertensión, un accidente cerebrovascular previo y la insuficiencia renal. Se sabe que la duración de la intervención, el volumen del material de contraste, las indicaciones urgentes y la utilización de bombas con balón de contrapulsación aumentan el riesgo de accidente cerebrovascular.

La complicación más frecuente es el sangrado del sitio de acceso arterial, que se manifiesta habitualmente por un goteo leve o pequeños hematomas. La incidencia de complicaciones vasculares graves en la mayoría de las series ha indicado una frecuencia ligeramente mayor cuando se utiliza el abordaje braquial de Sones. La incidencia de complicaciones vasculares graves ha disminuido durante la última década y actualmente se informa como de aproximadamente el 0,20%. Las complicaciones vasculares graves comprenden la oclusión que precisa reparación arterial o trombectomía, el sangrado retroperitoneal, la formación de hematomas, el pseudoaneurisma, la formación de fístulas arteriovenosas y la infección. En un paciente con hipotensión inexplicada o dolor de espalda, debería sospecharse un hematoma retroperitoneal. La evaluación debería incluir determinaciones seriadas de un hemograma completo, una evaluación del estado de anticoagulación y una evaluación con TC o ecografía de la ingle, la pelvis y el abdomen. El riesgo de necesidad de una reparación quirúrgica de la lesión vascular se relaciona con la edad avanzada, la insuficiencia cardíaca congestiva y una mayor área de superficie corporal. Con guía ecográfica, muchos pseudoaneurismas pueden ser tratados con éxito por vía percutánea con infusión dirigida de trombina, y con frecuencia se puede evitar la

reparación quirúrgica.

El manejo adecuado de la vaina arterial es importante para evitar complicaciones. Dado que los tiempos de permanencia se correlacionan con la formación del hematoma, todas las vainas deberían retirarse tan pronto como sea posible con un tiempo de coagulación activado por debajo de 170. Es esencial un control frecuente de la presión arterial y del pulso.

Las complicaciones sistémicas pueden variar desde respuestas vasovagales leves hasta reacciones vagales graves que llevan a hipotensión prolongada. Se producen complicaciones menores aproximadamente en el 4% de los pacientes sometidos a un cateterismo cardíaco rutinario. Los efectos adversos más frecuentes son la hipotensión pasajera y los episodios breves de angina que duran menos de 10 min.

Se pueden producir habones pero se observan con menor frecuencia con los medios de contraste de baja osmolaridad y con la administración intraarterial. Se tratan fácilmente con corticoesteroides i.v. y difenhidramina. De forma infrecuente, se observan complicaciones anafilactoides. Estas se tratan también con corticoesteroides i.v. y difenhidramina. En las reacciones graves se administra adrenalina; una dilución de 0,1 mg/ml se administra a 1,4 μ g/min durante 5 min.

Las complicaciones más frecuentes del cateterismo del corazón derecho son las arritmias auriculares y ventriculares no mantenidas. Las complicaciones graves asociadas con el cateterismo del corazón derecho son infrecuentes, pero comprenden el infarto pulmonar, la perforación de la arteria pulmonar o el VD y la infección.

PERSPECTIVAS FUTURAS

La expansión de la reparación transcatóter de las cardiopatías isquémica, valvular y estructural ha estimulado el crecimiento del cateterismo cardíaco junto con las intervenciones terapéuticas percutáneas. Los estudios de imagen transcatóter y las pruebas de provocación correspondientes tienden a que el laboratorio de cateterismo vaya más allá de las técnicas de imagen y las valoraciones hemodinámicas convencionales. El conocimiento profundo de la hemodinámica de las cardiopatías valvulares y estructurales es esencial para un uso idóneo de los tratamientos transcatóter.

La angiografía por TC coronaria de alta resolución probablemente reemplazará al cateterismo cardíaco en pacientes de bajo riesgo en los que la enfermedad arterial coronaria puede descartarse mediante pruebas no invasivas. La disponibilidad de múltiples modalidades de detección selectiva no invasivas facilitará la identificación de las cardiopatías, destinándose el cateterismo cardíaco a definir con precisión el alcance y la gravedad de las cardiopatías coronarias y valvulares.

CRITERIOS DE USO APROPIADO

Cateterismo cardíaco diagnóstico

La American College of Cardiology Foundation, la Society for Cardiovascular Angiography and Interventions y otras organizaciones han publicado criterios de uso apropiado (CUA) para el cateterismo cardíaco diagnóstico en diferentes situaciones clínicas. Los CUA se plantean como objetivo complementar e incorporar en la medida de lo posible las recomendaciones sobre directrices basadas en la enfermedad, para cuadros como la cardiopatía isquémica estable, la insuficiencia cardíaca o la cardiopatía valvular, reconociendo que muchas de las situaciones a las que se enfrentan los profesionales clínicos no se ajustan con precisión a las evidencias recogidas en la bibliografía publicada, y en las cuales se basan las directrices de índole más formal. Este enfoque se ha convertido en un mecanismo esencial para evaluar las técnicas de imagen no invasivas, como la ecocardiografía, cardiología nuclear, resonancia magnética cardíaca y tomografía computarizada cardíaca mientras continúan desarrollándose directrices para diferentes enfermedades y síndromes.

Tras el desarrollo de las indicaciones clínicas a evaluar, un amplio equipo de expertos (no solo en cateterismo y cardiología intervencionista) cuantificó la magnitud de la «cualidad de apropiado» del cateterismo diagnóstico en cada situación, partiendo de la siguiente definición: *«Un cateterismo cardíaco diagnóstico apropiado (corazón izquierdo, corazón derecho, ventriculografía y/o angiografía coronaria) es aquel en el que la previsión de obtención de mayor información combinada con el criterio clínico supera a las consecuencias negativas, con un margen suficiente para una determinada indicación, de modo que la intervención se considere genéricamente aceptable y sea un abordaje razonable para dicha indicación.»* Las puntuaciones de valoración se establecieron sobre una escala de 1 a 9, correspondiendo el valor 9 a la máxima idoneidad del cateterismo. Utilizando un proceso

iterativo modificado de ejercicios Delphi con reglas predefinidas, se establece una puntuación final para cada indicación, diferenciándose los siguientes niveles: A, puntuación de 7 a 9, destinada a pruebas apropiadas para la indicación específica (la prueba es genéricamente aceptable y es un abordaje razonable para la indicación); D, puntuación de 4 a 6, dudosa para la indicación específica (la prueba *puede ser* genéricamente aceptable y *puede ser* un abordaje razonable para la indicación), e I, puntuación de 1 a 3, inapropiada para la indicación (la prueba *no* es genéricamente aceptable y *no* es un abordaje razonable para la indicación).

La metodología CUA actualizada en 2013 modificó la nomenclatura, de forma que el término «inapropiado» para las puntuaciones de 1 a 3 ahora se designa como «rara vez apropiado», y que las puntuaciones de 4 a 6 no son ya «dudosas», sino que se considera que «pueden ser apropiadas». Las puntuaciones de 7 a 9 continúan siendo «apropiadas».

Los CUA para el cateterismo cardíaco aún no han sido actualizados para incorporar estos cambios terminológicos. No obstante, recientes documentos referidos a técnicas de imagen multimodales en la cardiopatía isquémica y la insuficiencia cardíaca, que incluyen indicaciones para artrografía coronaria diagnóstica, se ajustan a la terminología actualizada y ofrecen criterios de uso de la angiografía en estas enfermedades, relativos a las aplicaciones de las modalidades de imagen no invasivas.

III. OBJETIVOS

General:

- Identificar la patología cardiovascular más frecuente a los pacientes a los que se le realiza cateterismo cardiaco en la unidad de hemodinamia del Hospital Regional de Occidente.

Específicos:

- Conocer la indicación de cateterismo de los pacientes en la Unidad de Hemodinamia de Hospital Nacional de Occidente.
- Establecer que sexo es más afectado en cuanto a las cardiopatías para realizar el cateterismo Cardiaco.
- Conocer cuáles son los hallazgos más frecuentes dependiendo de la indicación de la enfermedad, a los pacientes a quienes se les realice cateterismo cardiaco.
- Identificar los factores de riesgo presentes en pacientes con coronariopatía quienes se realiza cateterismo cardiaco.

IV. MATERIALES Y METODOS

Tipo de estudio:

Estudio Prospectivo – Descriptivo

Población:

Pacientes atendidos en la unidad de hemodinamia del Hospital Regional de Occidente.

Tamaño de la muestra:

Total de pacientes que cumplieron criterios de inclusión durante el periodo de enero a diciembre de 2014.

Objeto de estudio:

Pacientes a quienes se les realizó cateterismo cardiaco ingresados en el departamento de Medicina Interna del Hospital Regional de Occidente durante los meses de enero a diciembre del año 2014.

Criterios de Inclusión:

Pacientes ingresados en los servicios de Mujeres y Hombres del departamento de Medicina Interna del Hospital Nacional de Occidente de Quetzaltenango a quienes se les realizó cateterismo cardiaco en unidad de Hemodinamia.

Criterios de Exclusión:

Pacientes ingresados en los servicios de Mujeres y Hombres del departamento de Medicina Interna del Hospital Nacional de Occidente de Quetzaltenango a quienes no se les realizó cateterismo cardiaco.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Edad	Número de años que el paciente tiene al ingresar al departamento de MI	<ul style="list-style-type: none"> • Años
Sexo	Sexo del paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Femenino • Masculino
CARDIOPATIA	Afección funcional o estructural del corazón.	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad Aterosclerótica • Valvulopatía
FACTORES DE RIESGO	Contingencia o proximidad de un daño	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Diabetes</u> • Antecedentes familiares de arteriopatía coronaria (factores genéticos o hereditarios) • <u>Hipertensión arterial</u> • <u>Tabaquismo</u> • <u>Enfermedad renal</u> crónica • Niveles de colesterol LDL, colesterol HDL, triglicéridos • Obesidad • Sedentarismo
COMPLICACIONES	Fenomeno que sobreviene en el curso habitual de una enfermedad y que la agrava.	<ul style="list-style-type: none"> • Dolor precordial • Arritmias • Infección

Instrumentos:

Se utilizó una boleta de recolección de datos.

Procedimientos para recolección de datos:

Se revisaron las fichas clínicas de los pacientes sometidos a cateterismo durante el periodo de estudio

Plan de análisis:

Se basó en estadística descriptiva interpretando datos en forma de tablas y gráficos.

Recursos:

Recursos Físicos:

Equipo de cómputo McBook , Hojas de papel bond
Expedientes clínicos

Recurso humano:

Investigador
Revisor de investigación

Recurso Económico:

Material de oficina y computo	Q 1000.00
Empastado de protocolo e informe final	70.00
Total	Q.1070.0

V. RESULTADOS

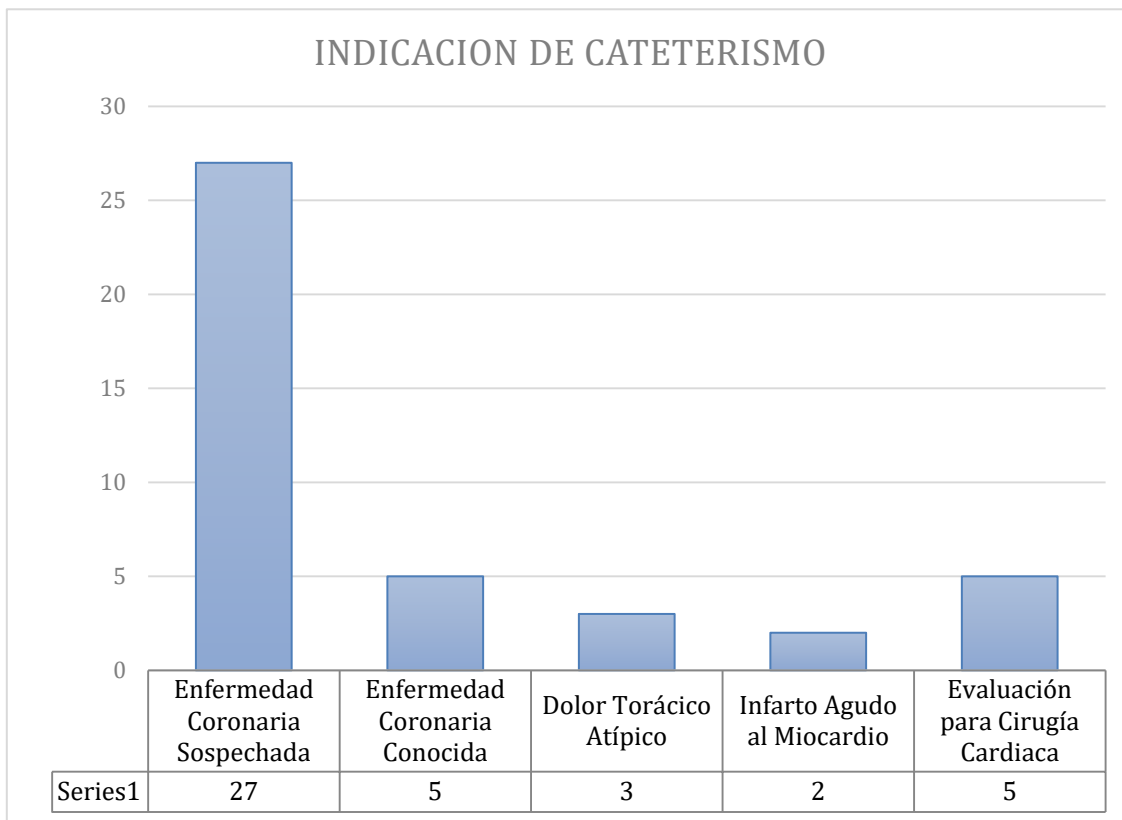
TABLA No. 1

CARACTERISTICAS DE LOS PACIENTES EVALUADOS

Característica	No.
SEXO	
Masculino	19
Femenino	23
TOTAL	42
EDAD	
Menor de 40	0
41-50	8
51-60	16
61-70	12
71-80	5
81-90	1
Mayor 90	0
TOTAL	42

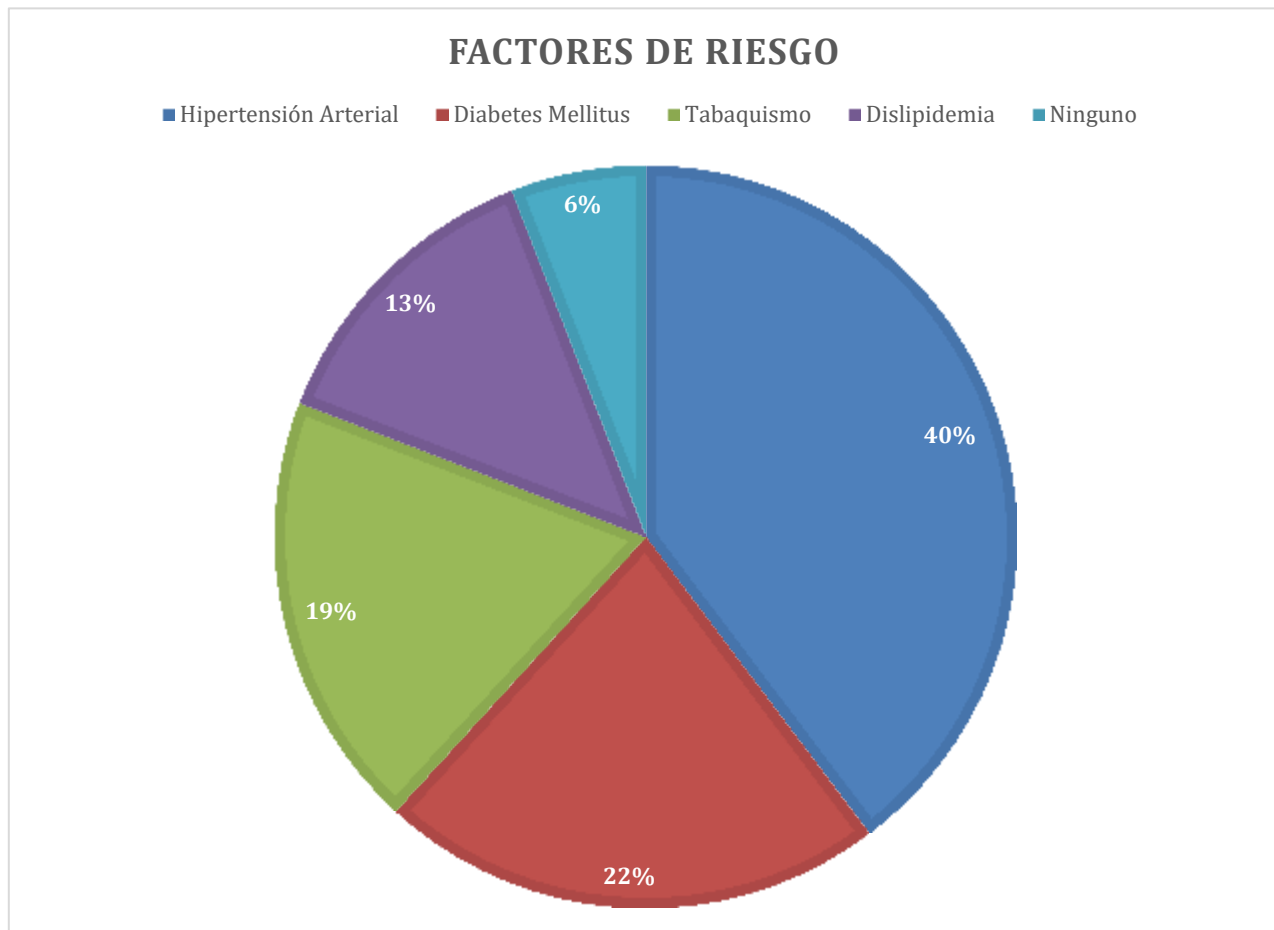
Fuente: Expedientes Clínicos

GRAFICA No. 1



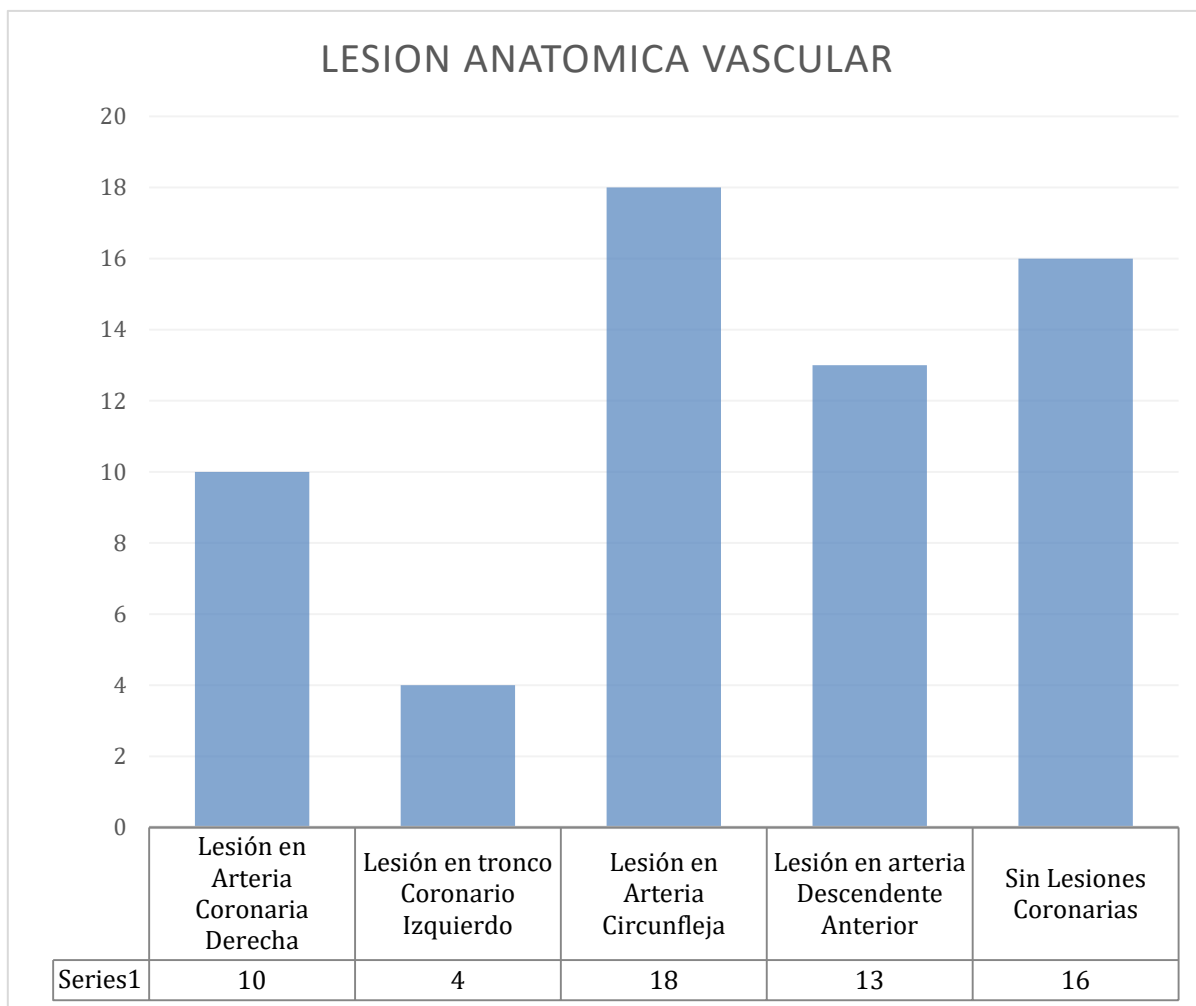
Fuente: Expedientes Clínicos

GRAFICA No. 2



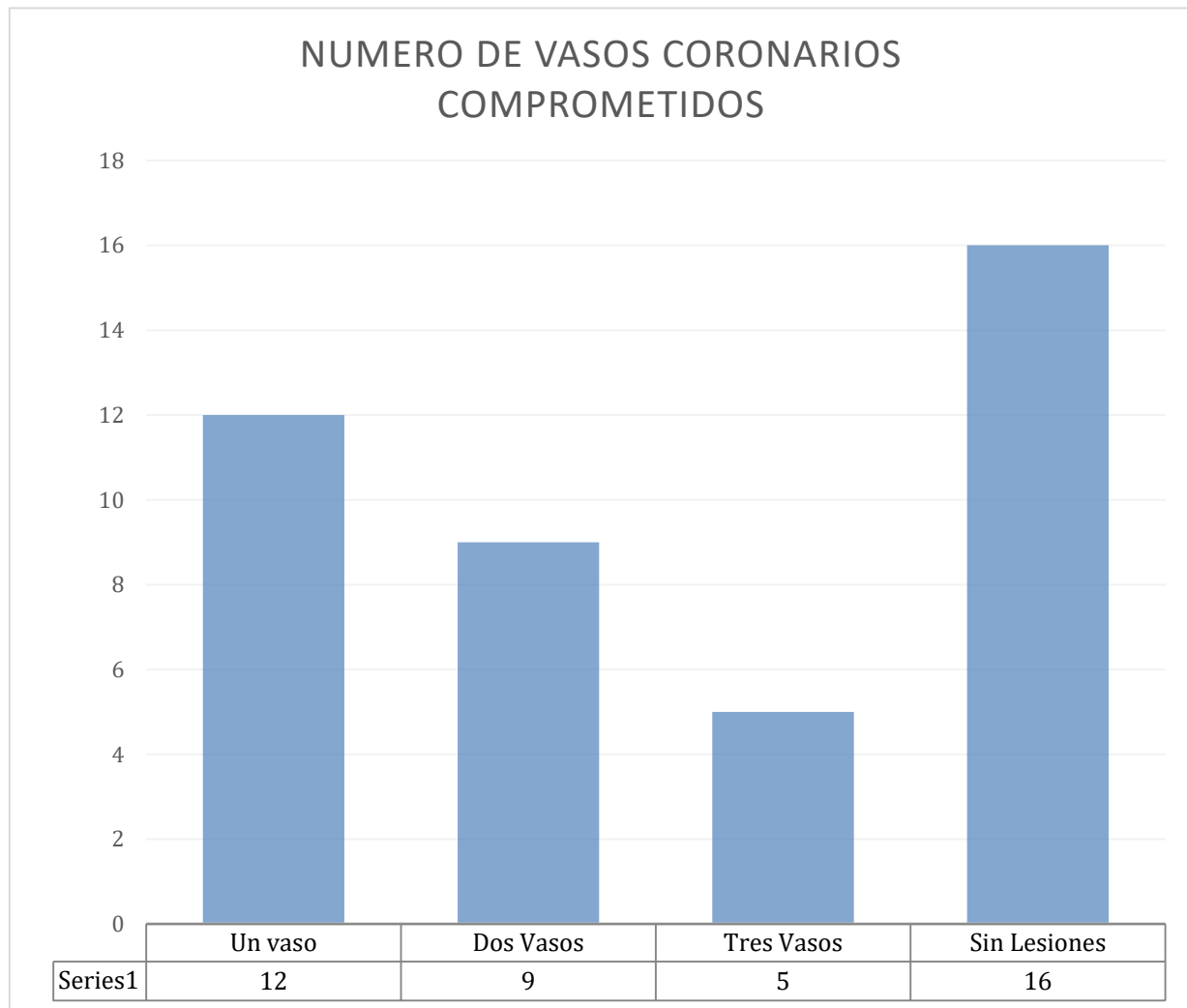
Fuente: Expedientes Clínico

GRAFICA No. 3



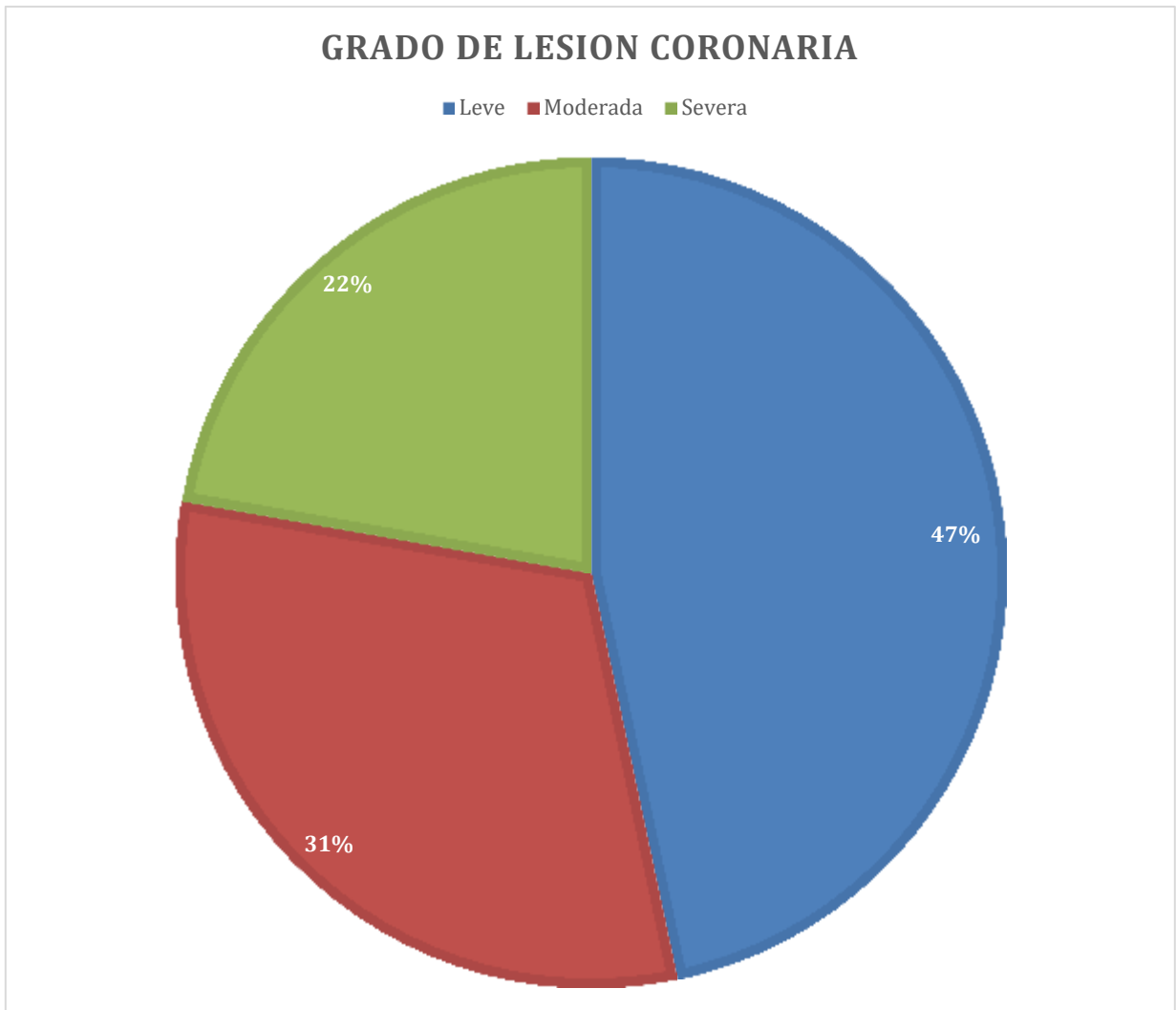
Fuente: Expedientes Clínicos

GRAFICA No.4



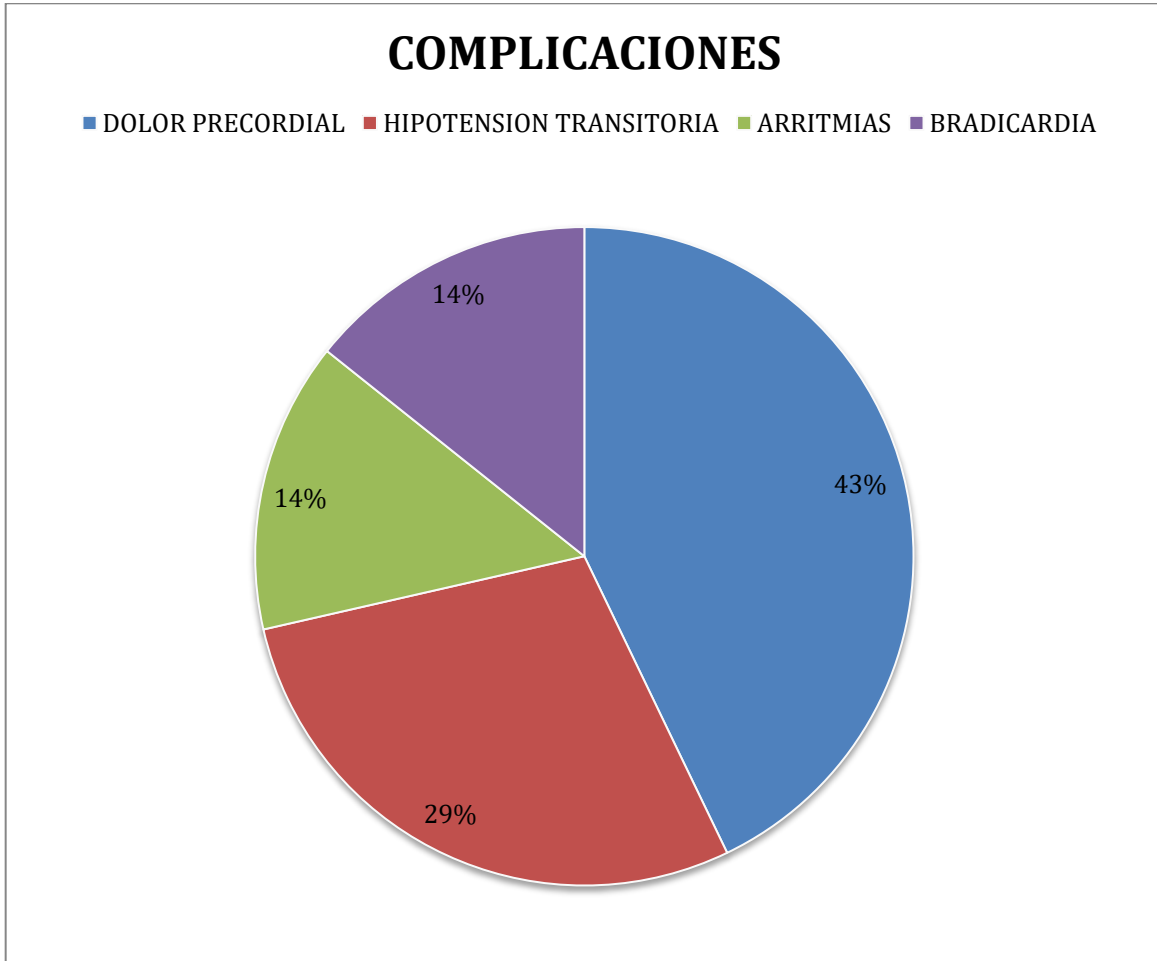
Fuente: Expedientes Clínicos

GRAFICA No.5



Fuente: Expedientes Clínicos

GRAFICA No.6



Fuente: Expedientes Clínicos

VI. ANALISIS Y DISCUSION

Luego de la tabulación y recolección de datos se evaluaron 42 pacientes a quienes se les realizó cateterismo cardiaco en el Hospital Regional de Occidente; el sexo femenino representando el 55% de los cateterismos realizados de los cuales estuvieron la edad más afectada entre 51 a 60 años correspondiendo a el 38% de todos los pacientes, seguidamente de 61 a 70 años con un 28% correlacionado que a nivel mundial son las edades más frecuentes en coronariopatía.

La indicación principal por la cual se realizaron los cateterismos fue a los pacientes con sospecha de enfermedad coronaria, con sintomatología como principal angor pectoris estos pudiendo corresponder a pacientes con cardiopatía isquémica representando 64% ; seguido de pacientes con cardiopatía ya conocida, signos atípicos de dolor torácico y antecedentes de Infarto agudo del miocardio.

El principal factor de riesgo asociado a enfermedad coronaria fue la presencia de hipertensión arterial sistémica en el 40% de los pacientes, seguido de Diabetes Mellitus 2, 22%, tabaquismo y Dislipidemia 19 y 13 % respectivamente; los cuales corresponden los principales factores de riesgo coronario a nivel mundial de padecer cardiopatía isquémica sin embargo el 10% de los pacientes no presentaba ningún factor de riesgo.

En la Unidad de Hemodinamia del Hospital Regional de Occidente solamente se realizan angiografías diagnósticas y a los pacientes a quienes se les realizó dicho procedimiento el 42.8% presentó lesión en la arteria circunfleja, 31 % lesión en la arteria descendente anterior, 23 % lesión en la arteria coronaria derecha; el 38% no presentó lesión, siendo la indicación de procedimiento sospecha de enfermedad coronaria.

El 29% de los pacientes presentaba lesión en un solo vaso, sin embargo 21% presentaba lesión en dos vasos coronarios y el 12% presentaba lesión en las tres arterias coronarias; 38% no presentó lesión de ningún vaso coronario, dicho porcentaje se relaciona con las directrices de estándares de laboratorio en cateterización cardiaca publicada en el 2013, reportando que del 20 al 27 % dichos procedimientos son normales.

Las imágenes angiográficas se interpretan de manera cuantitativa y cualitativa, así de forma general se considera que una lesión es significativa cuando reduce el diámetro de la luz arterial al menos el 70%; De acuerdo a los hallazgos el grado de lesión del vaso coronario 21 pacientes con lesión leve, 14 con lesión moderada y 10 pacientes con lesión

severa, sin embargo en el registro medico no hay datos sobre el porcentaje de oclusión del mismo.

Según los hallazgos al realizar el cateterismo y monitoreo previo, el 89 % no presento complicaciones menores ni mayores, siendo el evento adverso más frecuente dolor precordial, en comparación con el 4 % de complicaciones identificadas en otros estudios a nivel mundial como tromboembolismos vasculares perifericos, fistulas arteriovenosas, pseudoaneurismas, hematomas y neuropatia periferica secundaria a la compresion nerviosa por hematoma inguinal.

En este estudio no se identifico complicación mortal ya que se estima que dichas complicaciones de un procedimiento diagnostico de esta magnitud no superan el 0.1% y son inferiores al 1% en caso de los procedimientos terapeuticos intervencionistas; Sin embargo cabe destacar que en el Hospital Regional de Occidente no se cuenta con un centro de recuperación para vigilancia y monitoreo hemodinámico luego de realizar los cateterismos cardiacos, lo que dificulta un monitoreo estricto como indican las guías sobre la realización de dicho procedimiento.

En cuanto a las limitaciones encontradas en este estudio fue el de Información o acceso a ella en el seguimiento y monitoreo a mediano y largo plazo ya que después de su egreso no tuvieron vigilancia en la consulta externa convirtiéndose en obstáculo durante el desarrollo de este estudio, ya que pueden presentar diversas complicaciones después de su egreso como falla renal por uso de medio de contraste, infarto agudo de miocardio tardío, entre otras; escapando estas del control de la investigación.

6.1 CONCLUSIONES

- 6.1.1. El cateterismo cardíaco permite diagnosticar con precisión la enfermedad de las arterias y estructura del corazón. En muchas ocasiones puede también aplicarse el tratamiento necesario. Este procedimiento se realiza para confirmar la sospecha de una enfermedad cardíaca de cualquier tipo, pues constituye la prueba de oro en Cardiología y sirve para determinar la extensión y la intensidad de la enfermedad
- 6.1.2. Las indicación mas frecuente fue una alta sospecha de coronariopatía; relacionándose con este hallazgo diferentes factores de riesgo que pueden corresponder a ser la causa del mismo como son Hipertensión arterial, diabetes Mellitus, tabaquismo, etc.
- 6.1.3. Las principales vasos afectados al realizar cateterismo corresponde a circulación izquierda los cuales fueron las más importantes coronaria izquierda y la arteria descendente anterior izquierda relacionada con aterosclerosis; al mismo tiempo se evidenció la afección de un solo vaso con un 30% de los mismos.
- 6.1.4. Las complicaciones del cateterismo cardiaco obtuvieron un bajo porcentaje representado un 11 %; siendo el dolor precordial el mas frecuente; no se presento ninguna complicación mortal.

6.2 RECOMENDACIONES

- Dar una mayor seguimiento a los pacientes a quienes se les realiza cateterismo cardiaco en el Hospital Regional de Occidente.
- Implementar por parte del Hospital Regional de Occidente una Unidad de Cateterismo adecuada para monitoreo cardiaco adecuado después de realizar los procedimientos y proveer los insumos necesarios para la realización de este procedimiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Swan HJ, Ganz W, Forrester JS, et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med* 1970;283:447.
2. Zimmerman HA, Scott RW, Becker NO. Catheterization of the left side of the heart in man. *Circulation* 1950;1:357.
3. Sones FM Jr, Shivey EK, Proudfit WL, Westcott RN. Cinecoronary arteriography. *Circulation* 1959;20:773.
4. Charles J, Davidson, Robert F, Fishman, Robert O, Bonow. Cateterismo cardíaco. En: Braunwald, editor. *Tratado de cardiología*. 5.^a ed. Vol 1; p. 191.
5. TIMI Study Group. The Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) trial: phase I findings. *N Engl J Med* 1985;312:932.
6. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología. Madrid: Sociedad Española de Cardiología, 2012; p. 861-4.
7. Smith SC Jr, Dove JT, Jacobs AK, et al. ACC/AHA guidelines for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the 1993 Guidelines for Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty). *J Am Coll Cardiol* 2001;37:2239.
8. Campeau L. Grading of angina pectoris. *Circulation* 1976;54:522-3.
9. Grading of recommendations and levels of evidence used in evidence based cardiology. En: Yusuf S, Cairns JA, Camm AJ, Fallen EL, Gersh BJ, editors. *Evidence base cardiology*. London: BMJ Books, 2012; p. 525-75.
10. 2012 American College of Cardiology Foundation/ Society for Cardiovascular Angiography and Interventions Expert Consensus Document on Cardiac Catheterization Laboratory Standards Update.
11. International Commission on Radiological Protection. Interventional procedures-avoiding radiation injuries. ICRP Publication 85. *Ann ICRP*. 2010. Available at: http://www.icrp.org/downloadDoc.asp?document_docs/ICRP_85_Interventional_s.pps. Accessed March 14, 2012.
12. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al: 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, *J Am Coll Cardiol* 63:e57, 2014.
13. Cateterismo cardico. Charles J. Davidson y Robert O. Bonow Braunwald 10 Ed. *Cap.20 pag 364-391*

VIII. ANEXO

ANEXO No. 1:BOLETA RECOLECTORA DE DATOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN MEDICINA INTERNA

PATOLOGIA CARDIOVASCULAR EN UNIDAD DE HEMODINAMIA

No_____

Edad:_____ Sexo: M F Procedencia:_____

Ocupación:_____ Teléfono:_____

Escolaridad:_____

FACTORES DE RIESGO

SINTOMAS PREVIOS AL PROCEDIMEINTO

INDICACION : _____

HALLAZGOS _____

COMPLICACIONES: _____

TRATAMIENTO: _____

PERMISOS DEL AUTOR

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier medio la tesis titulada "CARACTERIZACION DE PATOLOGIA CARDIOVASCULAR EN LA UNIDAD DE HEMODINAMIA", para propósitos de fines académicos. Sin embargo quedan reservados los derechos de autor que le confiere la ley, cuando sea por cualquier otro motivo diferente al que se señala lo que conduzca a su reproducción o comercialización total o parcial.