

## Hemodinámica cardiovascular y cateterismo cardíaco

Aldaco-Meinders José María \*

### Resumen.

El cateterismo cardíaco es un procedimiento especializado en el que un largo tubo flexible se introduce en un vaso sanguíneo y se guía hacia el interior del corazón. Durante casi 50 años fue un procedimiento prácticamente limitado para fines diagnósticos, esto cambió radicalmente cuando Andreas Gruentzig describió en una carta al editor de la revista Lancet de 1978 la angioplastia coronaria transluminal percutánea (ACTP) que realizó por primera vez en un hombre en Suiza, el 16 de septiembre de 1977. Con esta técnica se dilata una obstrucción ateroesclerosa coronaria insuflando un balón localizado en el extremo distal de un catéter. Este método abrió las puertas para el desarrollo acelerado del cateterismo terapéutico con el que en la actualidad se beneficia un enorme número de pacientes en todo el mundo.

Ahora contamos con los stent liberadores de fármacos que es la nueva modalidad para el tratamiento de la enfermedad coronaria, la arteriopatía periférica, arteriopatía carotídea, etc.

**Palabras clave:** *cateterismo cardíaco, angioplastia, obstrucción ateroesclerosa, trastorno del ritmo y vías accesorias.*

### Introducción

La sala de cateterismo consta de un equipo de fluoroscopía que permite visualizar el área en estudio desde diferentes proyecciones. Las imágenes obtenidas se reproducen mediante substracción digital, cuenta además con equipos para monitorización electrocardiográfica, para registro de presiones y para la inyección de medio de contraste radiológico a velocidad y presión programables.<sup>4, 11</sup>

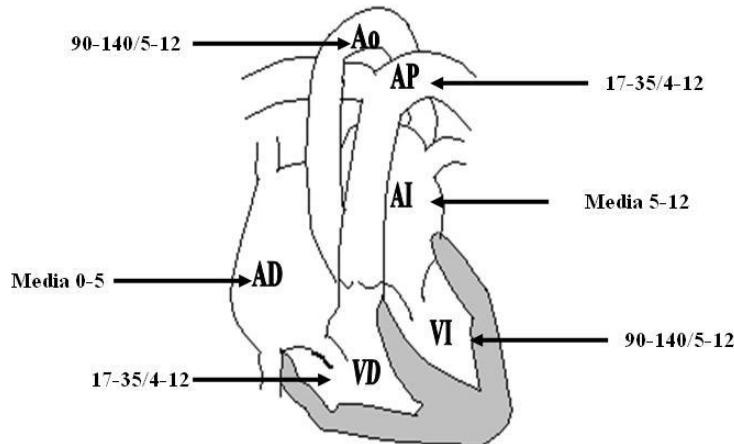
El catéter puede ser introducido por disección del vaso o por punción percutánea (técnica de Seldinger). Si el cateterismo se hace a través de una arteria se llama cateterismo izquierdo porque avanza hacia el ventrículo izquierdo, y en caso de que se haga por una vena se le llama cateterismo derecho. Los vasos más comúnmente empleados son los femorales, con acceso a nivel inguinal y los humerales, con acceso a 2 cm por arriba del pliegue del codo. Si por algún motivo estos vasos no son viables el cateterismo derecho se puede hacer por vía yugular o subclavia y el izquierdo por vía axilar o radial.<sup>4, 9</sup>

\* Médico preinternado del Hospital General Regional 110 del Instituto Mexicano del Seguro Social IMSS. Alumno de octavo semestre de la Facultad de Medicina de la UdeG. Correspondencia a : aldacomeindersjm@hotmail.com

Número 3, Volumen 1, Septiembre-Octubre 2009

**REVISTA MÉDICA MD**

Existe una gran gama de catéteres que difieren en grosor, longitud y materiales de composición. De acuerdo con los propósitos del procedimiento será la selección del catéter. El extremo distal del catéter varía en su forma, en el número de agujeros distales y en los aditamentos incorporados: balones (dilatar vasos o válvulas), cuchillas rotatorias para extraer placas de ateroma, biotomos para biopsia miocárdica, electrodos de marcapasos, filtros para impedir embolismo distal durante angioplastia, globo para dirigir con la corriente



**Figura 1** – Presiones normales en los grandes vasos y cavidades cardíacas. AO – Arteria aorta; AP – Arteria pulmonar; AI – Aurícula izquierda; AD – Aurícula derecha; VI – Ventrículo izquierdo; VD – Ventrículo derecho. Las presiones son medidas en milímetro de mercurio (mmHg).

sanguínea al catéter como para facilitar la toma de presiones en cuña, navajas, pinzas para extraer cuerpos extraños y transductores para la adquisición de imágenes de ultrasonido.<sup>4,9</sup>

Para conocer la presión de un vaso o cámara cardíaca, habitualmente se coloca el extremo distal del catéter en dicha estructura, esto se logra con la técnica en cuña, hace que se ocluya el vaso en el cual está fijo el catéter, también se puede obtener inflando un catéter con globo distal sin necesidad de avanzar el catéter hasta casos menores de 4 mm de diámetro. Con esto, la presión registrada ya no es la del vaso en que se encuentra el catéter sino que corresponde a la presión del vaso que se encuentra del otro lado del lecho capilar ocluido. Es un procedimiento muy usado para conocer la presión de las venas pulmonares, lo que a su vez, permite inferir la presión de la aurícula izquierda, a esta presión se le describe como presión capilar pulmonar. Figura 1.<sup>11</sup>

Maniobras provocativas especiales para la evaluación más precisa del estado funcional del aparato cardiovascular:

- Taquicardia auricular con marcapasos.
- Ejercicio.
- Maniobra de Valsalva.
- Carga de Volumen.
- Administración de Catecolaminas.

#### Oximetría.

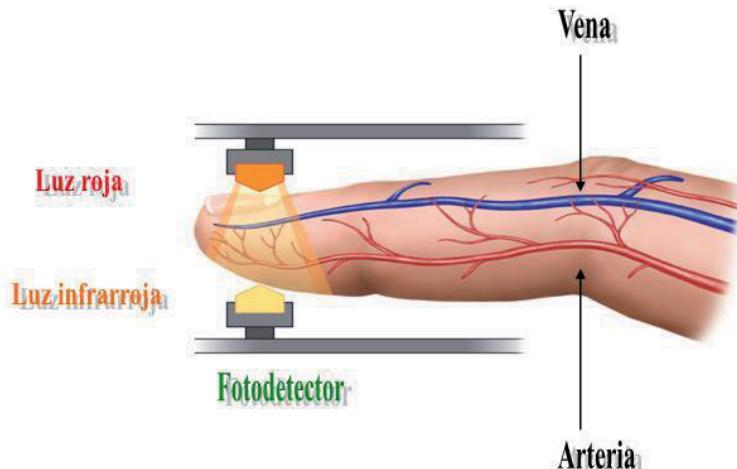
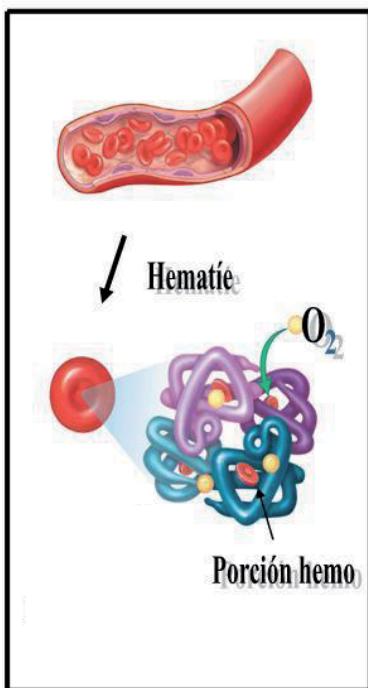
Para medir la saturación de oxígeno (el porcentaje de moléculas de hemoglobina en la sangre que transportan su potencial total de oxígeno), la sonda de la oximetría de pulso es sujetada al dedo índice del paciente. La luz roja e infrarroja pasa a través de la sangre del paciente y la cantidad de luz recibida por el detector en el otro lado indica la cantidad de oxígeno que está unida a la hemoglobina. Figura 2. <sup>1</sup>La mayoría de los expertos consideran que un valor del 95% de saturación de oxígeno es clínicamente aceptable, cada gramo de hemoglobina cuando se satura, fija 1.39 ml de oxígeno, de manera que si una persona

cuenta con 15 gramos de hemoglobina por 100 ml de sangre, la capacidad acarreadora de oxígeno será de 20.85 (15 x 1.39), como habitualmente se expresa en litros de sangre, sería entonces de 208.5 ml, la hemoglobina no se encuentra al 100% saturada por las variaciones del pH, entonces se multiplica por el porcentaje saturado, si consideramos que la oximetría de pulso arroja un valor de 98% entonces el contenido de oxígeno en sangre será de 201.39 ml (208.5 x 0.98). Por último, esta cifra se expresa convencionalmente como el porcentaje relativo a 1000 ml de sangre, o volúmenes por ciento de oxígeno, 20.1, y este valor es el más utilizado para la detección de cortocircuitos.<sup>1,</sup>

<sup>11</sup>Originalmente el principio de Fick fue descrito para el flujo sanguíneo pulmonar, si conocemos el flujo sanguíneo venoso de oxígeno por cada 100 ml de sangre que llega a los pulmones y si conocemos el incremento de oxígeno que se obtuvo en esos 100 ml de sangre al pasar por los pulmones, podemos fácilmente calcular cuantos mililitros de sangre atravesaron la circulación pulmonar en determinada unidad de tiempo. A su vez, si conocemos la cantidad de oxígeno que los pulmones trajeron del aire inspirado (consumo de oxígeno) para ser vertido a la circulación en dicha unidad de tiempo, podemos calcular el flujo pulmonar (FP).<sup>1,11</sup>

$$FP = \frac{\text{Consumo de oxígeno (ml/min)} \times 100}{\text{Contenido arterial de O}_2 - \text{Contenido venoso de O}_2}$$

Para efectuar este cálculo, la muestra venosa debe ser de la arteria pulmonar por ser ésta la mejor mezclada, y la muestra arterial ideal de las venas pulmonares para evitar la contaminación de las venas bronquiales y de Tebesio. El consumo de oxígeno se calcula restando el O<sub>2</sub> inspirado (en aire ambiente o con O<sub>2</sub> al 100%) menos el O<sub>2</sub> espirado que se obtiene del análisis del aire espirado en determinada unidad de tiempo que es recolectado en una bolsa especial.<sup>11</sup>



**Figura 2** - El oxígeno se une a la porción hemo de las moléculas de hemoglobina de los hematíes, cada molécula de hemoglobina puede transportar hasta 4 moléculas de oxígeno. La hemoglobina oxigenada u oxihemoglobina absorbe más luz infrarroja que roja, mientras que la hemoglobina desoxigenada absorbe más luz roja que infrarroja, comparando la cantidad de luz roja e infrarroja recibida, el fotodetector puede calcular la saturación de oxígeno arterial. *Modificado de Pulse Oximetry in Adults, AJN. American Journal of Nursing. 109 (6): 52-59. June 2009.*

#### Cateterismo terapéutico.

Actualmente se utilizan los stent liberadores de fármacos para muchas de las enfermedades coronarias porque han impedido que se presenten nuevos eventos cardíacos, uno de los más novedosos es el stent de cromo-cobalto o también llamado mini VISION, se han hecho investigaciones acerca de su efectividad y lo han comparado con otros procedimientos como la cirugía de puente coronario (bypass) y la intervención coronaria percutánea, y este nuevo stent muestra una superioridad mientras sea colocado en pequeños vasos porque evita la reestenosis a largo plazo, estos resultados necesitan ser comparados también con los nuevos stent liberadores de fármacos.<sup>2,3</sup> El stent de metal puro que ha sido utilizado por años ofrece pocos beneficios a largo plazo por la alta incidencia de infartos agudos al miocardio que presenta, y finalmente otra intervención de revascularización, sin embargo, con el advenimiento de los stent liberadores de fármacos el riesgo de un segundo evento es mínimo y tienen una duración de 6 años promedio, de ahora en adelante a todos los pacientes que su ingreso al hospital sea por un infarto, o todavía no esté presentado el infarto pero presente angor y se deseé realizar una intervención coronaria percutánea, el stent liberador de fármaco es el tratamiento de elección en ese tipo de pacientes.<sup>2,3,8</sup>

La aterectomía rotacional es usada principalmente en la preparación de las lesiones antes de hacer el procedimiento de colocación del stent, esto permite que llegue hasta el vaso calcificado o a las placas fibróticas.<sup>3,4</sup>

Los sitios más usados como acceso son la vía femoral y la vía radial, este último acceso es todavía más seguro para

cateterización cardíaca e intervenciones coronarias con un tiempo de sangrado menor, una mayor duración del stent y mejores resultados para el paciente.<sup>4</sup>

#### La angioplastía.

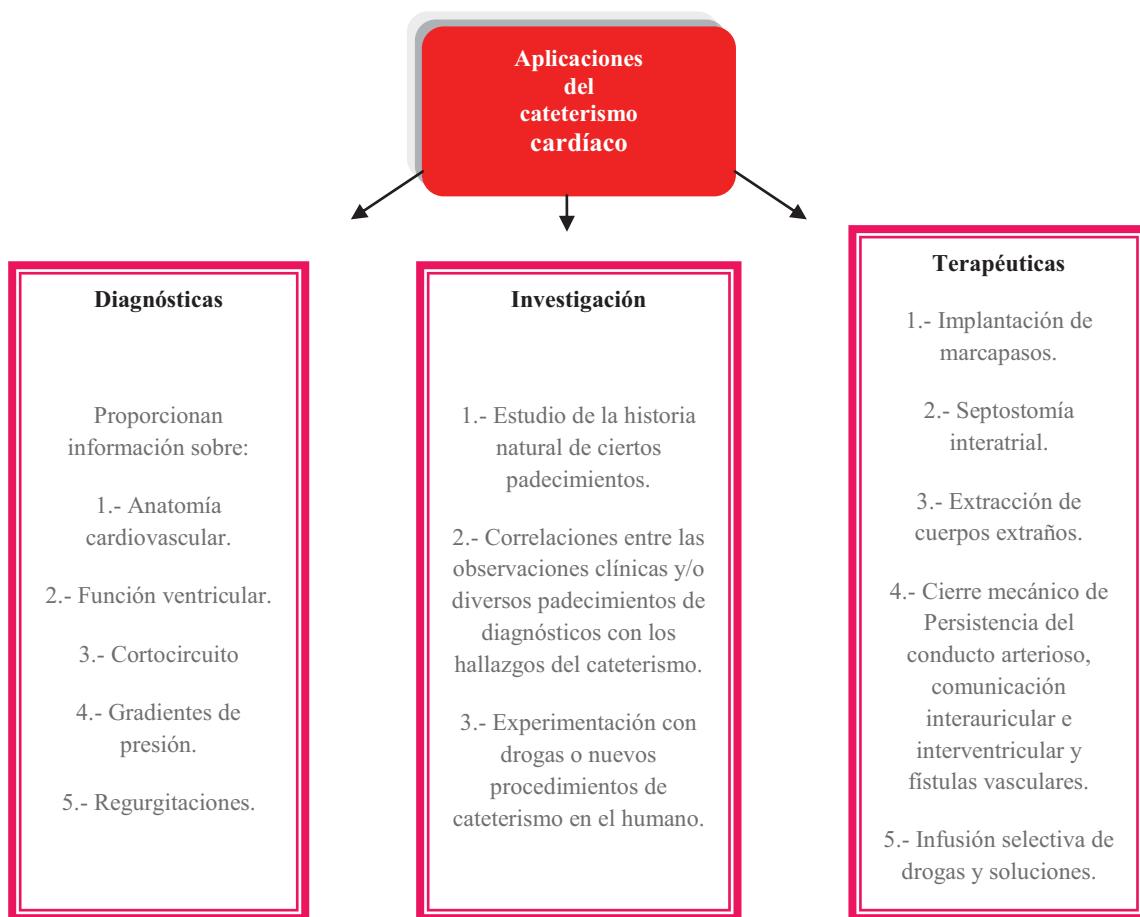
El procedimiento terapéutico más empleado es la angioplastía coronaria transluminal percutánea, se realiza con anestesia local, sedación superficial, anticoagulación completa y antiagregantes plaquetarios. La nobleza de este procedimiento radica en su bajo riesgo y en que el paciente puede reincorporarse a sus actividades de la vida diaria en 48 horas después de haber practicado el procedimiento.<sup>6,8</sup> La técnica de la angioplastía consiste en la canulación de la arteria coronaria con un catéter a través del cual se introduce una fina y flexible cuerda metálica que es avanzada hasta rebasar la estrechez coronaria por tratar, esta guía intracoronaria sirve de riel para que otro catéter con orificio central y un balón en su extremo distal sea deslizado sobre ella hasta que el balón se coloca en la lesión, que es donde se infla el balón para dilatar la estrechez.<sup>4,6,8</sup> En los padecimientos que con mayor frecuencia se utiliza esta técnica es en la angina estable y la angina inestable con muy bajo porcentaje de complicaciones, también es el tratamiento de elección para el infarto agudo de miocardio antes que la fibrinólisis, porque se asocia con una menor tasa de mortalidad y de recurrencia de infarto. La gran limitante de este procedimiento en los primeros 6 meses era la reestenosis coronaria, pero con las nuevas técnicas de colocación de stents se ha logrado una mejoría sin precedentes.<sup>6,8</sup>

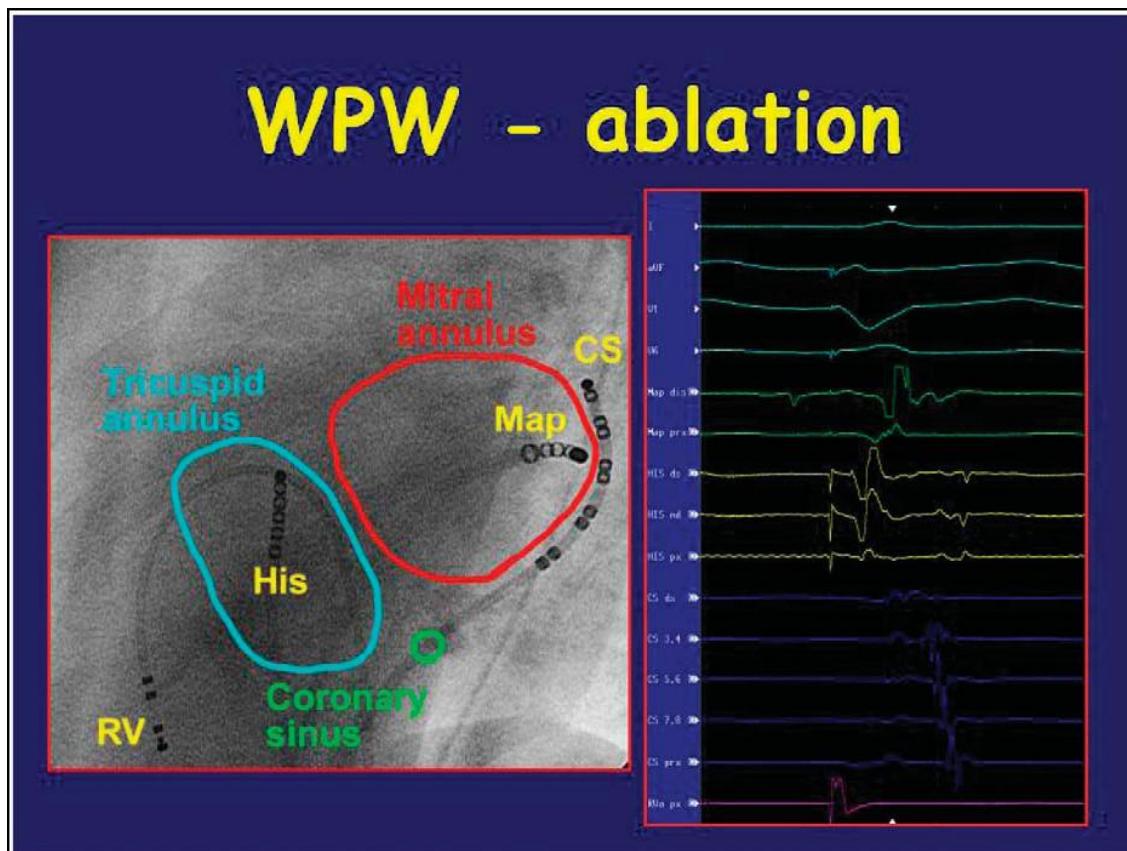
En la población diagnosticada de infarto agudo de miocardio con un electrocardiograma que muestre elevación del segmento S-T, es ideal para el pronóstico del paciente practicarle de primera intención una intervención coronaria percutánea, antes se utilizaba un antiagregante plaquetario durante el procedimiento, pero ahora se sabe que si iniciamos antes y después de la intervención un tratamiento con clopidogrel resulta más eficaz porque disminuye las complicaciones isquémicas.<sup>6,7</sup>

#### **Stent Carotídeo y Endarterectomía Carotídea.**

Para la prevención primaria y secundaria del *stroke\** debido a estenosis de la arteria carótida se ha utilizado la técnica de endarterectomía carotídea, dado que el riesgo de complicaciones y eventos neurológicos al mes es alto en todos los pacientes. Se ha investigado si un stent carotídeo podría disminuir las complicaciones como: accidente isquémico transitorio, progreso del *stroke* a la muerte, infarto al miocardio, hematomas y lesión de nervios.<sup>5</sup>

Para el stent carotídeo todas las complicaciones suceden durante la fase 1 del procedimiento que es el cateterismo, y este incluye el pasaje del arco aórtico y la canulación del vaso objetivo, durante la fase 2 que es la llegada al sitio de la lesión, incluye la colocación de un dispositivo de protección cerebral para los émbolos donde no se presentaron complicaciones, y finalmente la fase 3 que es la dilatación del balón la cual incluye la colocación del stent.<sup>5,6,7</sup> En el caso de la endarterectomía carotídea las complicaciones se presentan al despertar el paciente de la cirugía, durante el periodo de anestesia o 24 horas después de la cirugía. En realidad no se encontró ningún parámetro que muestre el beneficio de una técnica sobre la otra, sin embargo, las comorbilidades de los pacientes como diabetes, hipertensión, hiperlipidemia, enfermedad coronaria, son útiles al momento de la elección del procedimiento.<sup>5,6</sup>





**Figura 3** - Ilustración de la posición y trayectoria de un catéter y su electrocardiograma representativo para la ablación del Síndrome Wolff-Parkinson-White. Imagen tomada de *Cardiac Catheterization Laboratory: Catheterization, Interventional Cardiology, and Ablation Techniques for Children. International Anesthesiology Clinics*. 47(3):63-99, Summer 2009.

#### Síndromes de Preexcitación.

Un campo relativamente nuevo en la cardiología pediátrica es la ablación transcatéter de arritmias cardíacas. Para el procedimiento de mapeo y ablación, múltiples catéteres son introducidos en ambas venas femorales y frecuentemente también en la vena yugular interna. Los catéteres son posicionados en la aurícula derecha, seno coronario, en el haz de His y en el ápex ventricular derecho. Figura 3. 9, 10 Las arritmias más comunes en los pacientes pediátricos son las taquiarritmias, usualmente causadas durante la vida fetal al conectarse las vías accesoriaas de aurículas con ventrículos. Como el mapeo y la subsecuente ablación suelen durar demasiado, se justifica la anestesia general para las taquiarritmias debidas a un haz anómalo como en el Síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW), o reentrantas auriculoventriculares por un foco ectópico. Debido a que los pacientes con cirugía de lesiones cardíacas congénitas presentan tardíamente taquiarritmias ventriculares con el riesgo de muerte súbita, este nuevo cateterismo con ablación es la solución para el paciente pediátrico. 9, 10 En pacientes con síndrome de Wolff-Parkinson-White que presentan taquiarritmias asintomáticas pueden progresar a fibrilación auricular y posteriormente fibrilación ventricular,

una ablación con catéter debe de ser realizada con prontitud. Las probabilidades de éxito son del 95% ya que reduce asombrosamente el riesgo de muerte súbita, las vías anómalias accesoriaas son también vistas en la enfermedad de Ebstein y en la transposición de grandes vasos reparada. Las taquicardias para todos estos pacientes amenazan sus vidas y la ablación con catéter es la terapia preferida en estos casos. 9

Otro grupo de pacientes pediátricos en riesgo de arritmias ventriculares letales son los que presentan miocardiopatía hipertrófica, síndrome de Long-Ganong-Levine y miocardiopatía dilatada no isquémica. Aún aquellos pacientes que hayan tenido enfermedad coronaria muchas veces necesitan ablación con catéter o cardioversión con desfibrilador. 9

#### Complicaciones del Cateterismo Cardíaco.

Con la sedación profunda y anestesia general la presión arterial puede caer demasiado hasta comprometer órganos vitales por la posición de reposo en una superficie que dura por horas, el daño al plexo braquial por la sobreextensión de las manos arriba de la cabeza puede presentarse también y una atención a las posiciones que guarda el paciente es

esencial para evitar estos problemas. Los brazos nunca deben ser extendidos arriba de 90° y tienen que estar apoyados con almohadillas.<sup>10</sup>

Las complicaciones vasculares tienen la incidencia más alta y las arritmias son la causa más común de complicaciones mayores, esto es debido a la manipulación incorrecta del catéter que lleva a la taquicardia ventricular, bradicardia ventricular o bloqueo cardíaco completo en el peor de los casos y la perforación cardíaca se ha vuelto menos frecuente. La muerte ocurre en una proporción mínima de todos los casos en estudio, pero ahora con el avance de la tecnología y nuevos y mejores catéteres pueden mejorar el número y gravedad de las complicaciones.<sup>10</sup>

### Conclusiones.

En la población mexicana encontramos una alta incidencia de enfermedades crónicas degenerativas como diabéticos e hipertensos entre las más frecuentes, es decisivo contar con especialistas en cardiología intervencionista, ya que dichos pacientes son candidatos a presentar enfermedad coronaria como complicación de sus comorbilidades de base, aunado a pacientes con diagnóstico de alguna malformación cardíaca de nacimiento, su reparación inmediata consiste en el cateterismo y fármacos más que a las cirugías actuales.

### REFERENCIAS

- 1.**Valdez-Lowe, Claudia MS, Ghareeb, Sameh A. RN, and T. Artinian, Nancy PhD, RN-BC. Pulse Oximetry in Adults. AJN, American Journal of Nursing. 109 (6): 52-59. June 2009. 8 pags.
- 2.**Brambilla, Nedy a; Morici, Nuccia a; Bedogni, Francesco a; et al. Thin Strut chrome-cobalt stent implantation for treatment of de-novo lesions in small coronary vessels: results of the RISICO Italian Registry (Registro Italiano Mini VISION nei piccolo Vasi) utilizing the Mini VISION coronary stent platform. Journal of Cardiovascular Medicine. June 2009. 7 pag.
- 3.**Kirtane, Ajay J. MD, SM.Gupta, Anuj MD; Iyengar, Srinivas MD; Moses, Jeffrey W, MD; Leon, Martin B. MD; et al. Safety and Efficacy of Drug-Eluting and Bare Metal Stents: Comprehensive Meta-Analysis of Randomized Trials and Observational Studies. June 2009. Volume 119. 9 pag.
- 4.**Nader Z. Elgharib, Umang H. Shah and John T. Coppola. Transradial Cardiac Catheterization and Percutaneous Coronary Intervention: a review. Department of Cardiology, Saint Vincent Catholic Medical Centers, New York, USA. June 2009. 7 pag.
- 5.**Piergiorgio Cao, MD, FCRS; Paola De Rango, MD; Fabio Verzini, MD; Agostino Masselli; MD; Lucia Norgiolini, MD; Giuseppe Giordano, MD. Outcome of Carotid Stenting Versus Endarterectomy, A Case Control Study. Stroke. 37 (5): 1221-1226. May 2006. 6 pag.
- 6.**Pedersen, Sune MD; Galatius, Soren MD, DMSc; Mogelvan, Rasmus MD, PhD; Davidsen, Ulla MD; Galloe, Anders MD; PhD; Abildstrom, Steen Z. MD; et al. Long-Term Prognosis in an ST-Segment Elevation Myocardial Infarction Population Treated With Routine Primary Percutaneous Coronary Intervention: From Clinical Trial to Real-Life Experience. American Heart Association. August 2009. 8 pag.
- 7.**Marc S. Sabatine, MD, MPH; Christopher P. Cannon, MD; C. Michael Gibson, MD, MS; Jose, L. López-Sendón, MD; Gilles Montalescot, MD, PhD; Pierre Theroux, MD; et al. Effect of Clopidogrel Pretreatment Before Percutaneous Coronary Intervention in Patients with ST-Elevation Myocardial Infarction Treated with Fibrinolytics. JAMA. 2005; 294(10): 1271-1273. 3 pags.
- 8.**Bates, Eric R. MD; Keeley, EC; Nordmann AJ; Luscher TF; Bucher HC; Pasceri V et al. Primary Percutaneous Coronary Intervention With Drugs-Eluting Stents: Another Chapter in the Stent Controversy. Circulation: Cardiovascular Interventions. 1(2): 87-89, October 2009. 3 pags.
- 9.**Ingrid Hollinger, MD, FAAP; Alexander Mittnacht, MD. Cardiac Catheterization Laboratory: Catheterization, Interventional Cardiology, and Ablation Techniques for Children. International Anesthesiology Clinics. 47(3):63-99, Summer 2009. 26 pags.
- 10.**Edward P. Walsh, MD; Nakagawa H; Triedman JK; Kalman JK; Hoffman JIE; Holt LE. Interventional Electrophysiology in Patients With Congenital Heart Disease. Interventional Cardiac Electrophysiology, Circulation 115(25):3224-3234, June 26, 2007. 11 pags.
- 11.**Dr, Jorge Gaspar Hernández. Hemodinámica Cardiovascular y Cateterismo Cardíaco. Cardiología. 6ta Edición. México, DF. Méndez Editores. 2006. 257-293. 46 pags.