

Catéter de Swan Ganz con marcapasos en la cirugía mini-invasiva mitral

Pacing Swan-Ganz Catheter in Minimally Invasive Mitral Valve Surgery

RICARDO LEVIN^{1,2,3}, CARLOS RUANO², IGNACIO RÍOS², EDMUND DONAHUE², MICHAEL PITRACEK³

RESUMEN

Introducción: La cirugía mediante mini-toracotomía lateral presenta ventajas comparativas sobre el acceso convencional como menor trauma quirúrgico, reducida morbilidad y mortalidad y un resultado estético superior, pero plantea dificultades en caso de necesitar estimulación eléctrica temporal.

Objetivo: Valorar el empleo terapéutico del catéter de Swan-Ganz con marcapasos incorporado como solución a dicho problema y analizar sus complicaciones.

Material y métodos: Se incluyeron pacientes programados para cirugía mini-invasiva mitral mediante mini-toracotomía lateral. Se definió empleo terapéutico del catéter al uso debido a bradiarritmias o trastornos de conducción o necesidad de incrementar la frecuencia cardíaca con fines hemodinámicos. Pacientes intervenidos de urgencia o emergencia, fueron excluidos del estudio.

Resultados: Fueron incluidos 517 pacientes (289 de sexo masculino, con edad promedio de $68,3 \pm 10,4$ años); se efectuaron 115 (22,2%) reemplazos y 402 (77,7%) plásticas mitrales. Simultáneamente, se realizaron 294 (56,9%) procedimientos de Maze, 182 (35,2%) cierres de orejuela izquierda, 9 (1,7%) cierres de defectos septales y 14 (2,7%) plásticas tricuspídeas. Ciento sesenta y dos (31,3%) pacientes necesitaron ser marcapaseados; debido a bradiarritmias, 85 (52,47%) pacientes; por trastornos de conducción, 50 (30,86%) pacientes; mientras que otros 27 (16,66%) requirieron incrementar su frecuencia debido a bajo volumen minuto. La mortalidad resultó de 12 (2,32%) casos. Catorce (2,7%) pacientes presentaron pérdida de captura y se resolvieron con el reposicionamiento del catéter, mientras que 2 (0,6%) pacientes presentaron atrapamiento y requirieron reintervención.

Conclusiones: Casi un tercio de los pacientes intervenidos mediante mini-toracotomía lateral requirieron del empleo terapéutico del catéter de Swan-Ganz con marcapasos. Dos pacientes presentaron atrapamiento y requirieron resolución quirúrgica.

Palabras clave: Estimulación cardíaca artificial - Cateterismo de Swan-Ganz - Procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos - Válvula mitral/cirugía - toracotomía

ABSTRACT

Background: The use of a lateral mini-thoracotomy presents several advantages over the standard access, such as less surgical trauma, reduced morbidity and mortality, shorter recovery time and better cosmetic results, but presents difficulties if temporary pacing is required.

Objective: The aim of this study was to evaluate the therapeutic use of a Swan-Ganz catheter with pacing capabilities and analyze its complications.

Methods: Patients undergoing scheduled minimally invasive mitral valve surgery through lateral mini-thoracotomy were included in the study. Therapeutic use of the pacing catheter was defined as the need for pacing due to bradyarrhythmias or conduction disorders or need of increasing heart rate in case of hemodynamic instability. Patients undergoing urgent or emergency surgery were excluded from the study.

Results: A total of 517 patients were included in the study; mean age was 68.3 ± 10.4 years and 289 (55.9%) were men; 115 patients (22.2%) underwent mitral valve replacement and 402 (77.7%) mitral valve repair. The following concomitant procedures were carried out: 294 (56.9%) Maze procedures, 182 (35.2%) left atrial appendage closures, 9 (1.7%) atrial septal defect closures and 14 (2.7%) tricuspid valve repair surgeries. In the postoperative period 162 (31.3%) patients required pacing due to bradyarrhythmias in 85 cases (52.47%), conduction disorders in 50 (30.86%), and need to increase heart rate in 27 (16.66%) patients with low cardiac output syndrome. Postoperative mortality was 2.32% (n=12). Fourteen (2.7%) patients presented loss of capture that was resolved with catheter repositioning, while 2 (0.6%) patients presented catheter entrapment requiring reintervention.

Conclusion: Almost one-third of the patients undergoing lateral mini-thoracotomy required therapeutic use of the pacing Swan-Ganz catheter. Two patients presented catheter entrapment and required surgical reintervention.

Key words: Cardiac pacing, artificial - Catheterization, Swan-Ganz - Minimally invasive surgical procedures - Mitral valve/surgery - Thoracotomy

Abreviaturas

p	Pacientes	SBVM	Síndrome de bajo volumen minuto
SGMCP	Swan Ganz con marcapasos incorporado		

REV ARGENT CARDIOL 2019;87:371-377. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v87.i5.15807>

Recibido: 05/07/2019 - Aceptado: 19/08/2019

Dirección para separatas: Dr. Ricardo Levin - Maure 1776 1 A CABA, Argentina. E-mail: rllevin@gmail.com

¹ Vanderbilt University Medical Center.

² Universidad Abierta Interamericana

³ Hospital Universitario, Universidad Abierta Interamericana

INTRODUCCIÓN

El empleo de una mini-toracotomía lateral derecha representa una alternativa a la esternotomía convencional para la realización de procedimientos sobre las válvulas mitral y tricúspide, y es adoptado como el procedimiento estándar por distintos grupos quirúrgicos, incluido, desde 2006, el nuestro, en virtud de una serie de beneficios propuestos como son un menor trauma quirúrgico, la reducción de la mortalidad y la morbilidad posoperatorias, un menor tiempo de recuperación y un resultado estéticamente superior (Figura 1 A y B). (1-3)

Por su proximidad al sistema de conducción, dichas intervenciones pueden asociarse con incremento del riesgo de trastornos de conducción, especialmente cuando en simultáneo se efectúan procedimientos, como la cirugía de Maze, que requieren contar con algún tipo de capacidad de estimulación eléctrica. El posicionamiento de electrodos epicárdicos, el método de estimulación eléctrica habitual en pacientes (p) intervenidos a través de una esternotomía mediana, puede resultar dificultoso o, en algunos casos imposible, al utilizar una mini-toracotomía lateral, por lo que se emplea como estrategia para enfrentar dicho problema el uso de catéteres de Swan Ganz (SGMCP) con

electrodos de marcapasos incluidos en su estructura (Swan-Ganz Pacing TD catheters model D200HF7, Edwards Lifesciences), que cuentan con 3 electrodos auriculares y 2 electrodos ventriculares (Figura 2, A y B). El objetivo del presente estudio resultó valorar el empleo terapéutico del SGMCP en la cirugía mini-invasiva ante el desarrollo de bradiarritmias o trastornos de conducción graves, así como determinar las complicaciones asociadas a su uso.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población: Fueron incluidos pacientes admitidos en el centro médico de un hospital universitario con un volumen elevado de cirugías cardíacas con práctica habitual de mini-toracotomías como tratamiento de la insuficiencia mitral no isquémica, con procedimientos asociados o sin estos, programados para cirugía electiva entre el 1 de enero de 2009 y el 1 de enero de 2014. **Técnica operatoria:** si bien fueron ampliamente descriptos detalles específicos del procedimiento en publicaciones previas, sintéticamente se planeó una apertura torácica a través de una incisión anterolateral derecha de 5 cm al nivel del cuarto espacio intercostal, usando una incisión submamaria, y el abordaje de la aurícula izquierda mediante la apertura del surco aurículo-ventricular; insuflando dióxido de carbono a lo largo del procedimiento para desplazar el aire intracardiaco, mientras que un aspirador se emplearía para mantener exangüe el campo quirúrgico. Para los casos de

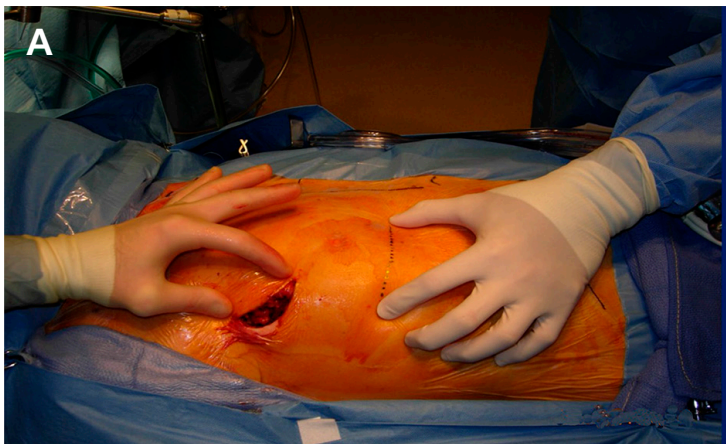


Fig. 1. A. Acceso por minitoracotomía lateral. **B.** Resultado posoperatorio.

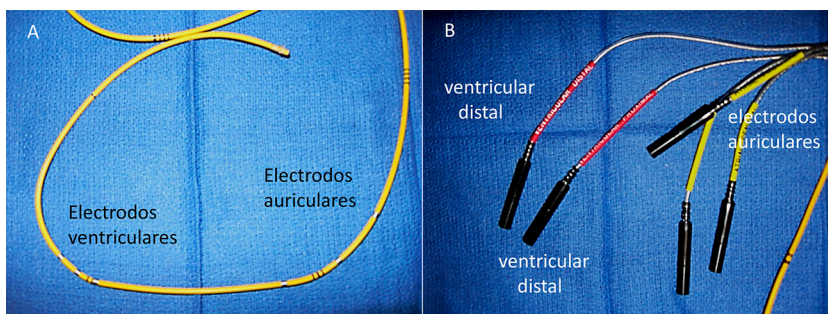


Fig. 2. A. Se observan los electrodos auriculares y ventriculares en la estructura del catéter. **B.** Conectores auriculares y ventriculares.

plástica, se planeó utilizar un anillo de Carpentier mediante técnica convencional. (3-7)

Utilización terapéutica del SGMCP: Se definió como tal a la necesidad de estimulación eléctrica auricular, ventricular o aurículo-ventricular debido al desarrollo de bradiarritmias (bradicardia sinusal, ritmo nodal o fibrilación auricular de baja respuesta ventricular) o trastornos de conducción aurículo-ventriculares graves (bloqueos aurículo-ventricular de segundo o tercer grado). Igualmente, la necesidad de incrementar la frecuencia cardíaca con fines hemodinámicos ante el desarrollo de un síndrome de bajo volumen minuto (SBVM) con frecuencia cardíaca considerada inapropiada para la condición, fue incluida dentro de dicho uso terapéutico.

Criterios de exclusión: Pacientes intervenidos de urgencia o emergencia, aquellos que se negaron a participar del estudio o en quienes no se logró implantar el SGMCP resultaron excluidos del estudio. Se consideró como mortalidad hospitalaria a aquella ocurrida dentro de los primeros 30 días de la intervención o a la sucedida *a posteriori*, pero dentro de la internación original. Se definió como infarto perioperatorio al desarrollo de nuevos cambios electrocardiográficos (desarrollo de nuevas ondas Q) acompañados de elevación enzimática significativa (CPK mb mayor del 5%) o nuevos trastornos persistentes de la motilidad parietal valorados por ecocardiograma. Se consideró el desarrollo de SBVM posoperatorio ante la presencia de un índice cardíaco inferior a 2 L/min/m² o la necesidad de inotrópicos o balón de contrapulsación para sostener dicho valor; mientras que la necesidad de asistencia respiratoria mecánica mayor de 48 h se definió como prolongada. Se definió como infarto perioperatorio a la asociación de los siguientes factores: Nuevos síntomas de isquemia (ángor o disnea) o signos (arritmia ventricular compleja, nuevas ondas Q patológicas en al menos dos derivaciones contiguas, nuevo bloqueo de rama izquierda persistente o nuevas alteraciones de la contractilidad segmentaria por ecocardiograma) con elevación de biomarcadores (troponina I o CPK-MB) en las primeras 72 h: elevación en alguna muestra analizada antes de las 72 h con un valor mayor de 15 veces el límite superior para la troponina y 5 veces para la CPK-MB. Un accidente cerebrovascular fue caracterizado como un nuevo déficit neurológico persistente, más allá de las 72 h, mientras que, de ser inferior a dicho lapso, se consideró como un accidente isquémico transitorio. Se estableció como insuficiencia renal la duplicación del valor de creatinina preoperatoria o el requerimiento posoperatorio de diálisis.

Complicaciones asociadas

Se analizaron como tales aquellas vinculadas a la colocación (neumotórax, trauma vascular, arritmias ventriculares graves [taquicardia o fibrilación ventricular]) o permanencia (infecciones asociadas) del SGMCP a lo largo del perioperatorio, incluidas la pérdida total de captura efectiva o complicaciones durante su retiro.

Análisis estadístico

Se efectuó un análisis descriptivo convencional y se informaron las variables discretas, como número y porcentaje de este; las variables continuas, como media y desviación estándar según su tipo de distribución. Se utilizó el programa SPSS 17.0 para Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Consideraciones éticas

El protocolo del estudio fue autorizado por el Comité de Investigación de la Institución y aprobado por Comité de Ética y se desarrolló siguiendo los principios de la Declaración de Helsinki. Todos los participantes dieron consentimiento informado por escrito para participar.

RESULTADOS

En el período considerado, fueron intervenidos de la válvula mitral, a través de una mini-toracotomía derecha, 518 pacientes. En un (0,19%) caso, el implante del SGMCP resultó imposible; los 517 restantes constituyeron la población del estudio. De ellos, 289 (55,9%) eran de sexo masculino, con un promedio de edad de $68,3 \pm 10,4$ años; se efectuaron 115 (22,2%) reemplazos y 402 (77,7%) plásticas valvulares mitrales. En simultáneo con estos, fueron realizados 294 (56,9%) procedimientos de Maze, 182 (35,2%) cierres de orejuela izquierda, 9 (1,7%) cierres de defectos auriculares septales y 14 (2,7%) plásticas sobre la válvula tricúspide. La Tabla I refiere las características generales de la población.

La colocación del SGMCP se efectuó en quirófano, tras la intubación, y se objetivó en todos los pacientes la obtención de captura ventricular efectiva (en aquellos pacientes en ritmo sinusal, se obtuvo captura auricular y ventricular). (Figura 3) La vía de acceso elegida resultó la yugular derecha en 496 (95,9%) p, sin que se presentaran complicaciones durante el posicionamiento del catéter. Tras colocar la sonda transesofágica y realizar un estudio de rutina se colocó el tórax del paciente ligeramente rotado hacia la izquierda y se efectuó la canulación a través de la arteria femoral o axilar y, luego de heparinizar, se inició la circulación extracorpórea y se enfrió a 28 °C. Se indujo fibrilación ventricular a través del propio SGMCP, mediante marcapaseo auricular rápido (800 latidos/minuto) y se inició la hipotermia. En aquellos casos en que se procedió a plástica tricúspide concomitante, se abrió la aurícula derecha, se insertó una cánula venosa en la vena cava superior, se retiró el SGMCP durante el procedimiento y se procedió a su reubicación luego de este. Se efectuó un ecocardiograma transesofágico de control posquirúrgico en quirófano para determinar la correcta función valvular. En todos los pacientes, se infundió un bolo de 10 g de Épsilon aminocaproico, seguido de un goteo continuo de 2 g por hora hasta la llegada al área posoperatoria. La Tabla II refiere las características quirúrgicas de la población. Ciento sesenta y dos (31,3%) p necesitaron de estimulación eléctrica en el posoperatorio, 85 (52,47%) p debido a bradiarritmias, 50 (30,86) p debido a trastornos de conducción aurículo-ventriculares graves, mientras que otros 27 (16,66%) p requirieron incrementar su frecuencia cardíaca como tratamiento del SBVM postoperatorio.

La necesidad de estimulación eléctrica fue superior entre quienes asociaron un Maze, 4 (64,2%) p frente a 58 (35,8%) sin dicho procedimiento efectuado (valor de $P = 0,01$). El tiempo promedio marcapaseado resultó de $23,3 \pm 1,5$ h, con 58 (35,8%) p que requirieron menos de 6 h de estimulación; 61 (37,6%) p, entre 6 y 24 h; 21 (12,9%) p, entre 24 y 36 h; y 22 (13,6%) p fueron asistidos por más de 36 h. Catorce (2,7%) p presentaron pérdida de captura efectiva, lo que se resolvió con la movilización y reposicionamiento del catéter. Doce (2,3%) p requirieron el implante de un marcapasos de-

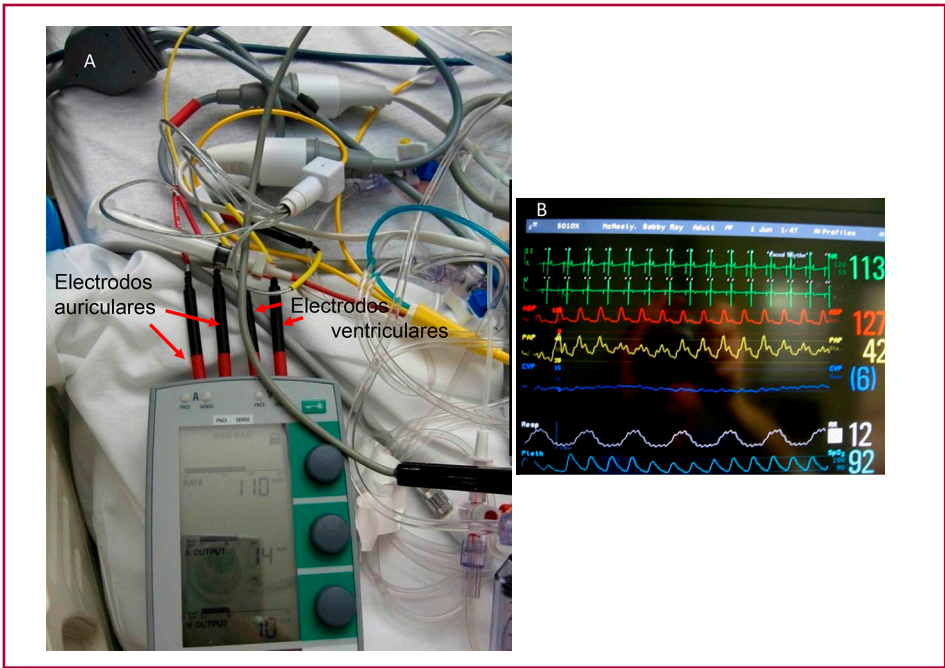


Fig. 3. A. Conexión para marca-paseo auriculoventricular. **B.** Se lo aprecia por monitor.

Característica	Número (N = 517)	Porcentaje
Sexo masculino (p)	289	55,9%
Edad (años)	68,3 ± 10,4	
Índice de masa corporal (kg/m ²)	28,1 ± 5,8	
Hipertensión arterial (p)	277	53,5%
Tabaquismo (p)	203	39,3%
Diabetes (p)	161	31,1%
Dislipidemia (p)	78	15,1%
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (p)	29	5,6%
Infarto de miocardio previo (p)	32	6,2%
Cirugía de revascularización previa (p)	27	5,2%
Angioplastia previa (p)	31	5,9%
Creatinina mayor 1,5 mg/dL (p)	48	9,3%
Díalisis preoperatoria (p)	3	0,6%
Fracción de eyección (p)	47,9 ± 14,7	
Clase funciona	2,3 ± 0,6	
Etiologías de la valvulopatía mitral		
Mixomatosa	394	76,2%
Reumática	110	21,3%
Otras	3	0,6%

Tabla I. Características generales de la población

finitivo, en todos los casos entre aquellos con un tiempo de asistencia superior a las 36 h. Nueve (1,7%) p desarrollaron un accidente cerebrovascular posoperatorio, 4 (0,8%) p presentaron un accidente isquémico transitorio; 27 (5,2%) p evidenciaron SBVM posoperatorio; 12 (2,32%) requirieron ser reexplorados por sangrado;

6 (1,1%) p presentaron insuficiencia respiratoria con necesidad prolongada de asistencia respiratoria mecánica; 9 (1,8%) p evidenciaron insuficiencia renal, de los cuales, 2 (0,4%) p necesitaron de terapia dialítica. No se presentó en ningún caso infección de herida quirúrgica ni infarto perioperatorio. La mortalidad

Tabla II. Características operatorias

Característica	Número (N = 517)	Porcentaje
Reemplazo valvular mitral (p)	115	22,2%
Plástica mitral (p)	402	77,7%
Procedimientos concomitantes		
Plástica tricuspídea (p)	14	2,7%
Cierre de orejuela izquierda (p)	182	35,2%
Cirugía de Maze (p)	294	56,9%
Cierre de comunicación interauricular (p)	9	1,7%
Sitio de canulación arterial		
Femoral (p)	471	91,1%
Axilar (p)	44	8,5%
Aórtico(p)	2	0,4%
Sitio de canulación venoso		
Femoral (p)	508	98,2%
Femoral y vena cava (p)	9	1,7%
Tiempo de circulación extracorpórea (minutos)	115,7 ± 36,5	
Tiempo de paro fibrilatorio (minutos)	85,7 ± 28,4	
Tiempo quirúrgico total (minutos)	276,7 ± 68,4	

posoperatoria resultó de 12 (2,32%) casos. Las causas de muerte fueron falla multiorgánica en 4 p; accidente cerebrovascular con daño neurológico extenso y coma persistente, en 3 p; falla respiratoria irreversible, en 4; mientras que el restante paciente presentó muerte súbita luego del alta hospitalaria, pero dentro de los 30 días de la intervención.

Dos (0,6%) p presentaron complicaciones relacionadas con el catéter de SGMCP; se detectó atrapamiento del catéter (en ambos casos, pacientes con plástica tricuspídea asociada) los que requirieron de una reintervención quirúrgica para resolver la situación.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de nuestra serie es que, en adición a su conocida capacidad como elemento de diagnóstico y monitoreo, el catéter de Swan-Ganz con marcapasos demostró utilidad terapéutica en un grupo de pacientes sometidos a cirugía mini-invasiva como tratamiento de la insuficiencia mitral no isquémica. Esta representa una de las series más extensas en analizar su utilización. La cirugía cardíaca es el último de los procedimientos quirúrgicos que se ha tornado mini-invasivo. Proceso que comienza, con regularidad, en la década de los noventa, en Cleveland y en Boston (en el hospital Brigham and Women), inicialmente, a través de una hemiesternotomía inferior y, posteriormente, mediante una toracotomía lateral derecha. (4) A partir de los primeros procedimientos efectuados por Navia y Cosgrove, Carpentier y cols. en 1996, y Cohn y cols. en 1997, esta técnica ha sido adoptada por diversas instituciones como el estándar quirúrgico para procedimientos sobre las válvulas mi-

tral y tricúspide, entre otros, por nuestra institución, con diversas publicaciones al respecto. (1, 4-10) Los beneficios propuestos de este tipo de acceso han sido ampliamente descriptos en la bibliografía, incluidos, entre otros, una reducción del trauma quirúrgico, una menor utilización de hemoderivados, una incidencia inferior de fibrilación auricular, menores tiempos de internación, reducción de costos quirúrgicos y un superior resultado cosmético; la presente se focalizó en el empleo específico del catéter de SGMCP en este tipo de intervenciones. (1, 3, 5, 7)

Entre las limitaciones que la cirugía mini-invasiva por toracotomía derecha presenta, además de una estricta curva de aprendizaje, se encuentra la dificultad para establecer, en caso de necesidad, alguna forma de estimulación eléctrica durante el período posoperatorio, situación frecuentemente referida en cirugías mitrales, especialmente en aquellas con el agregado de procedimientos como la reparación tricuspídea o la cirugía de Maze como tratamiento de arritmias asociadas. Así, Gordon y cols. establecieron, en 1998, entre los predictores independientes de necesidad de marcapasos permanente la cirugía valvular mitral, a la reparación tricuspídea y a los procedimientos con ablación de arritmias, mientras que Berdajs y cols. reportan en una serie de 391 cirugías mitrales un 23,5% de desarrollo de nuevos bloqueos aurículo-ventriculares. (11, 12) Jouan y cols. refieren el desarrollo de un porcentaje elevado (41,2%) de trastornos de conducción aurículo-ventriculares en el período posoperatorio de cirugías mitrales cuando a estas se asocia la realización de plástica tricuspídea. (13)

Utilidad terapéutica del catéter de Swan Ganz con capacidad de marcapasos (*pacing Swan*): La utiliza-

ción de este tipo de catéter posibilitó, primeramente, la inducción en quirófano de fibrilación ventricular en todos los casos, ya que provee de una forma de estimulación eléctrica transitoria que permitió resolver el desarrollo de bradiarritmias y trastornos de conducción, o incrementar la frecuencia cardíaca con fines hemodinámicos durante el período posoperatorio, en casi un tercio de los p intervenidos, en la presente serie. El empleo terapéutico de este tipo de dispositivo ha sido descrito en diversas poblaciones de p intervenidos a través de accesos mini-invasivos, incluso cirugías valvulares o procedimientos de revascularización miocárdica.

Colardyn y cols., en 1986, y Roth, en 1992, resultaron los primeros en proponer la utilidad de este tipo de catéteres en cirugía mini-invasiva coronaria, seguidos por Wasnick y cols. (en dos series), en 1995 y 1997. En la última, los autores emplearon terapéuticamente el dispositivo en un número semejante a nuestra serie, en el 31% (6 de 15) de sus p. (14-17) El número de p con requerimiento de estimulación eléctrica resultó elevado: 162 p. Al analizar los p con dicho requerimiento, este resultó mayor entre aquellos bajo Maze, 104/162 (64,2%), frente a 58/162 (35,8%) entre quienes no se realizó Maze, lo que puede, al menos parcialmente, explicar dicha necesidad elevada de marcapaseo.

Complicaciones asociadas: En nuestra serie actual la complicación más frecuentemente asociada al catéter fue la pérdida de captura, la cual resultó transitoria en todos los casos y se solucionó con su reposicionamiento. Dos pacientes presentaron complicaciones que requirieron resolución quirúrgica, en ambos casos por el atrapamiento del dispositivo, que se relacionó con un procedimiento agregado sobre la válvula tricúspide, lo que corrobora lo riesgoso del empleo del catéter en procedimientos tricuspídeos.

Otras complicaciones reportadas en la bibliografía, en adición a las habituales del catéter de Swan Ganz convencional, han sido la estimulación diafragmática, generalmente por la posición de algún electrodo auricular; la imposibilidad de registrar la presión capilar pulmonar, debido a la ubicación necesaria para obtener captura efectiva, lo que a veces obliga a la colocación de un segundo catéter de Swan para mediciones hemodinámicas; y cierto discomfort, producido por la estimulación eléctrica en pacientes concientes, mientras que Nagata y cols. reportaron un caso de rotura del ventrículo derecho, debido a un catéter de SGMCP. (18, 19)

Limitaciones del estudio: La presente representa una serie retrospectiva desarrollada en un único centro, sin que existiera grupo control con el cual comparar. Más allá ello y de su naturaleza descriptiva, el estudio incluye un número considerable de pacientes sometidos a procedimientos sobre la válvula mitral y tricúspide a través de accesos mini-invasivos en un grupo con experiencia en estos.

CONCLUSIÓN

Además de ser útil para inducir fibrilación ventricular en quirófano, el empleo del catéter de Swan Ganz con capacidad de marcapasos permitió resolver la necesidad de estimulación eléctrica temporaria en el período posoperatorio de cirugías mini-invasivas por toracotomía lateral, lo que plantea una utilidad terapéutica para dicho dispositivo de diagnóstico y monitoreo. Si bien el número de complicaciones graves asociada fue bajo (2 catéteres irremovibles), su resolución requirió de una reintervención, lo que alerta sobre el riesgo elevado del uso del catéter en cirugías que involucran la válvula tricúspide.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cohn LH, Adams DH, Couper GS, Bichell DP, Rosborough DM, Sears SP, et al. Minimally invasive cardiac valve surgery improves patient satisfaction while reducing costs of cardiac valve replacement and repair. *Ann Surg* 1997;226:421-8. <http://doi.org/cn5bfn>
2. McClure RS, Cohn LH, Wiegnerinck E, Couper GS, Aranki SF, Bolman RM 3rd, et al. Early and late outcomes in minimally invasive mitral valve repair: An eleven-year experience in 707 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:70-5. <http://doi.org/fc7t66>
3. Umakanthan R, Leacche M, Petracek MR, Kumar S, Solenkov NV, Kaiser CA, et al. Safety of minimally invasive mitral valve surgery without aortic cross-clamp. *Ann Thorac Surg* 2008;85:1544-50. <http://doi.org/fckrms>
4. Cohn L, Byrne J. Minimally Invasive Mitral Valve Surgery. *Tex Heart Inst J* 2013;40:575-6.
5. Greelish JP, Cohn LH, Leacche M, Mitchell M, Karavas A, Fox J, et al. Minimally invasive mitral valve repair suggests earlier operations for mitral valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126:365-73. <http://doi.org/bmbrws>
6. Levin R, Leacche M, Petracek M, Deegan RJ, Eagle SS, Thompson A, et al. Extending the Use of the Pacing Pulmonary Artery Catheter for Safe Minimally Invasive Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2010;24:568-73. <http://doi.org/djd7cn>
7. Petracek M, Leacche M, Solenkov N, Umakanthan R, Ahmad RM, Ball SK, et al. Minimally invasive mitral valve surgery expands the surgical options for high-risk patients. *Ann Surg* 2011;254:606-11. <http://doi.org/b2bbdb>
8. Navia JL, Cosgrove DM. Minimally invasive mitral valve operations. *Thorac Surg* 1996;62:1542-4. <http://doi.org/d9wcm3>
9. Carpentier A, Loulmet D, Carpentier A, Kieffer JP, Tournay D, Guibourt P, et al. First open heart operation (mitral valvuloplasty) under videomicrosurgery through a minithoracotomy. *Comptes Rendus de L Academie des Sciences III* 1998;321:437-42. <http://doi.org/dxjw7w>
10. Brittain EL, Goyal SK, Sample MA, Leacche M, Absi TS, Papa F, et al. Minimally-Invasive Fibrillating Mitral Valve Replacement for Patients with Advanced Cardiomyopathy: a safe and Effective Approach to Treat a Complex Problem. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148:2045-51. <http://doi.org/f6pxcd>
11. Gordon RS, Ivanov J, Cohen G, Ralph-Edwards AL. Permanent cardiac pacing after a cardiac operation: Predicting the use of permanent pacemakers. *Ann Thorac Surg*. 1998; 66:1698-1704. <http://doi.org/czsmtd>
12. Berdajs D, Schurr UP, Wagner A, Seifert B, Turina MI, Genoni M, et al. Incidence and pathophysiology of atrioventricular block following mitral valve replacement and ring annuloplasty. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34:55-61. <http://doi.org/d42v44>
13. Jouan J, Mele A, Forens E, Chatellier G, Carpentier A, Achouh P,

et al. Conduction disorders after tricuspid annuloplasty with mitral valve surgery: Implications for earlier tricuspid intervention. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;151:99-103. <http://doi.org/f74g3f>

14. Colardyn F, Vandebogaerde J, De Niel C, Jordaens L. Ventricular pacing via a Swan Ganz catheter: a new mode of pacemaker therapy. *Acta Cardiol* 1986;41:23-9.

15. Roth JV. Temporary transmyocardial pacing using epicardial pacing wires and pacing pulmonary artery catheters. *J Cardiothorac Vasc Anesthesia* 1992;6:663-7. <http://doi.org/fhczq8>

16. Wasnick JD, Hoffman WJ, Acuff T, Mack M et al. Anesthetic management of coronary artery bypass via minithoracotomy with

video assistance. *J Cardiothorac Vasc Anesthesia*. 1995; 9:731-3. <http://doi.org/dnw328>

17. Wasnick J and Acuff T. Anesthesia and minimally invasive thoroscopically assisted coronary artery bypass: A brief clinical report. *J Cardiothorac Vasc Anesthesia*. 1997;11:552-5. <http://doi.org/b98wkx>

18. Zaidan J and Freniere S. Use of a Pacing Pulmonary Artery Catheter during Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg*. 1983; 35:633-6. <http://doi.org/bdzghr>

19. Lichtental P, Wade L, Collins JT. Multipurpose Pulmonary Artery Catheter. *Ann Thorac Surg*. 1983; 36:493. <http://doi.org/dp5cw4>