

# Comportamiento in vitro de un anillo mitral ajustable para cirugía de reparación mitral

DR. LEANDRO CURA, ING. KRUPSKAYA MEJIA, DRES. VÍCTOR DAYAN, HÉCTOR ESTABLE

## RESUMEN

**Introducción.** La reducción anular mitral es una de las técnicas quirúrgicas utilizadas en la reparación de la insuficiencia mitral funcional. Para su realización, se implanta un anillo protésico restrictivo para lograr la coaptación de los velos mitrales. Los anillos protésicos disponibles tienen tamaño fijo y existe el riesgo de implantar un anillo de tamaño inadecuado que resulte en una reparación imperfecta. Además algunos pacientes con disfunción ventricular severa no toleran la corrección de la insuficiencia mitral. Por esto, hemos diseñado un nuevo anillo regulable desde un dispositivo extracardíaco que podría resolver algunas deficiencias actuales en el tratamiento de dicha afección.

**Objetivo.** Evaluar el comportamiento in vitro del anillo mitral regulable en cuanto a su capacidad de modificar sus dimensiones, corregir la insuficiencia mitral y producir voluntariamente nuevamente la insuficiencia.

**Material y métodos.** Se utilizó un modelo de corazón porcino aislado al que se produjo insuficiencia mitral por dilatación anular. Se implantó el anillo regulable y se realizaron maniobras de reducción y dilatación observando su comportamiento y su efecto sobre la insuficiencia valvular.

**Resultados.** Las maniobras de reducción y dilatación anular permitieron variar las dimensiones protésicas proporcionalmente sin modificar la forma anular. Se logró corregir y reproducir la insuficiencia mitral desde el control extracardíaco.

**Conclusión.** In vitro el anillo regulable es capaz de modificar sus dimensiones proporcionalmente con el fin de corregir o reproducir la insuficiencia mitral.

## SUMMARY

**Background.** Mitral ring downsizing is one of the techniques used in ischemic mitral regurgitation (MR) and MR due to dilated cardiopathy. In this technique, a prosthetic ring smaller than the native one is implanted in order to achieve mitral leaflet coaptation. Mitral ring prosthesis available up to date have fixed sizes and there is a risk that the chosen size turns out to be inadequate at follow-up. Some patients with severe ventricular dysfunction don't tolerate mitral valve repair and the increase in afterload that accompanies it. In order to overcome these difficulties, we designed a new mitral ring adjustable through an extra-cardiac device and tested it in vitro.

**Methods.** Mitral regurgitation was obtained in a porcine isolated heart after forced dilatation of the mitral annulus. The mitral ring prototype was sutured to the mitral annulus using the conventional technique. Using the extra-cardiac device, the mitral annulus could be reduced and dilated obtaining annular diameters from 24 to 32 mm.

**Results.** Proportional modification of annulus dimensions maintaining the characteristic shape of the mitral ring and its proportions was achieved. Mitral regurgitation was corrected and the optimal annulus dimension was determined after various dilatation and reduction maneuvers.

**Conclusions.** Through this isolated porcine heart model of MR, we demonstrated that our prototype can reduce and dilate the mitral annulus proportionately without changing the native mitral annulus shape through the use of an extra-cardiac device.

**Palabras clave:** INSUFICIENCIA MITRAL  
ISQUÉMICA  
ANULOPLASTIA MITRAL  
REPARACIÓN DE LA VÁLVULA  
MITRAL  
ISQUEMIA MIOCÁRDICA

**Key words:** ISCHEMIC MITRAL  
REGURGITATION  
MITRAL ANNULOPLASTY  
MITRAL VALVE REPAIR  
MYOCARDIAL ISCHEMIA

Correspondencia: Dr. Leandro Cura. García Cortinas 2541 apto. 702. Montevideo, Uruguay.

Correo electrónico: curameji@yahoo.com

Recibido noviembre 12, 2010; aceptado diciembre 17, 2010

## INTRODUCCIÓN

La insuficiencia mitral funcional es el resultado de la coaptación incompleta de los velos de la válvula mitral, en el contexto de una disfunción y dilatación ventricular izquierdas, con o sin dilatación anular.

Se consideran dentro de esta clasificación a las insuficiencias que presentan como etiología la isquemia miocárdica o una miocardiopatía dilatada no isquémica <sup>(1,2)</sup>.

El infarto de miocardio puede llevar a la disfunción de la válvula mitral. Aproximadamente el 15% de los pacientes que presentan un infarto de miocardio que involucra la pared anterior del ventrículo izquierdo desarrollan insuficiencia mitral y más del 40% de aquellos en los que el infarto fue de cara inferior <sup>(3-5)</sup>.

La insuficiencia mitral ocurre en el 40% de los pacientes con falla cardíaca debido a cardiomiopatía dilatada.

La fisiopatología de la disfunción valvular es multifactorial. La mecánica de la válvula mitral y el aparato subvalvular está estrechamente vinculada con la anatomía y mecánica del ventrículo izquierdo. Cambios geométricos relacionados con la remodelación ventricular, como desplazamiento de los músculos papilares, pueden producir *tenting* y provocar insuficiencia mitral por déficit de coaptación de sus velos. También la dilatación ventricular puede provocar la dilatación y disfunción del anillo mitral nativo provocando que los velos no coapten adecuadamente <sup>(6-9)</sup>.

Se han desarrollado múltiples técnicas quirúrgicas y dispositivos protésicos destinados a impedir el reflujo de sangre desde el ventrículo izquierdo a la aurícula izquierda, sea reparando o sustituyendo la válvula mitral, pese a lo cual esta enfermedad continúa generando controversia por los pobres resultados obtenidos.

La reducción anular mitral, o anuloplastia mitral restrictiva descrita por Bolling, es una de las técnicas de reparación valvular utilizadas para el tratamiento de la insuficiencia mitral funcional isquémica o la secundaria a cardiopatía dilatada no isquémica. Esta técnica consiste en implantar un anillo protésico de menor tamaño que el nativo con el objetivo de lograr que las valvas de la válvula mitral coapten correctamente <sup>(10)</sup>.

Los anillos protésicos disponibles o publicados hasta el momento, utilizados para anuloplastia mitral tienen tamaños inmodificables.

Hay dos modelos que están en investigación que son modificables únicamente durante la cirugía y no posteriormente <sup>(11)</sup>.

Cuando se implanta un anillo no modificable, el cirujano debe decidir el tamaño protésico mediante medidas del anillo nativo y estimaciones no completamente confiables. Una vez que se considera cual es el tamaño protésico adecuado se implanta el mismo mediante sutura. Luego se cierra la aurícula izquierda y se declampea la aorta, comenzando la reperfusión miocárdica.

Existe el riesgo de que finalizada la plastia y el implante del anillo, interrumpida la circulación extracorpórea y recuperada la hemodinamia propia del paciente, la evaluación funcional ecocardiográfica de la válvula mitral revele que el tamaño implantado no fue adecuado (por la persistencia de algún grado de insuficiencia mitral). Esta situación no es corregible a no ser que se proceda a la colocación de otra prótesis de distinto tamaño, para lo cual se debe clampear nuevamente la aorta, administrar cardioplejia y abordar nuevamente la aurícula izquierda. Esto prolonga los tiempos de isquemia miocárdica, de circulación extracorpórea y los costos, con el consiguiente aumento en la morbimortalidad del procedimiento.

El nuevo anillo mitral ajustable fue desarrollado para ser utilizado en el tratamiento de la insuficiencia funcional de la válvula mitral, especialmente en las cirugías de reducción anular mitral. Este anillo permite su regulación durante y luego de la cirugía de plastia, evitando de esta forma los inconvenientes de los anillos no modificables.

En los prototipos de otros anillos mitrales modificables que se están ensayando, el tamaño sólo puede modificarse durante la cirugía y en los frecuentes casos de falla de la plastia mitral postoperatoria, éstos no pueden ser modificados nuevamente.

Existen prototipos protésicos que se modifican mediante el uso de radiofrecuencia una vez finalizada la cirugía, pero su regulación no es gradual sino todo o nada, y además la modificación no es reversible.

Este anillo ajustable que queremos probar es un anillo sintético construido de dacrón acero inoxidable y polipropileno dadas las características mecánicas y de biocompatibilidad que presentan estos materiales. Se implanta mediante la técnica convencional de

implante de anillos mitrales con una mínima modificación en el procedimiento.

Se trata de un anillo semirrígido en todos sus sectores, cuyo tamaño siempre puede variarse desde un dispositivo extracardíaco. El dispositivo de comando se implanta en una topografía fácilmente accesible mediante una mínima incisión con anestésico local. Desde el dispositivo, que está unido al anillo mediante una vaina de transmisión, el operador puede regular los diámetros anulares indefinidamente de acuerdo a las necesidades clínicas.

El anillo tiene la forma del anillo valvular mitral, semejante a una letra “D” con rectificación del sector intertrigonal, y preserva la forma así como sus proporciones aún cuando se modifique su tamaño.

#### OBJETIVO

Evaluar el comportamiento *in vitro* del “anillo protésico de dimensión regulable” en cuanto a la factibilidad de su implante, capacidad de aumentar y disminuir la coaptación de los velos mitrales y modificar sus dimensiones conservando la forma del anillo mitral.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron tres corazones porcinos aislados de animales con un peso aproximado de 80 kg.

El modelo cardíaco se construyó removiendo la válvula aórtica nativa para lograr infundir retrógradamente, suero fisiológico con presión controlada a través de una cánula introducida en la aorta ascendente (figura 1).

Se controló la presión intraventricular regulando en forma continua el flujo de suero a través de la cánula aórtica. La presión se monitorizó usando una cánula implantada en la cavidad ventricular izquierda a través de ápex. Una segunda cánula intracavitaria se implantó a través de la pared lateral del ventrículo izquierdo para lograr su drenaje. De esta forma se obtuvo una curva de presión del tipo sistólica y diastólica.

Se abordó la válvula mitral nativa a través de una atriotomía izquierda paralela al surco interauricular y se confirmó la suficiencia de la válvula mitral tras las maniobras de llenado y vaciado ventricular. La insuficiencia mitral se logró mediante maniobras progresivas de dilatación anular.

Posteriormente se implantó el anillo mitral protésico regulable con 11 puntos de su-



Figura 1. Se observa el modelo de corazón porcino aislado con el anillo protésico implantado.

tura sintética trenzada 2-0 (Ethibond 2-0, Ethicon, Inc. Somerville, NJ, USA) y se finalizó ubicando el control extracardíaco en la topografía correspondiente.

Una vez implantado el anillo se realizaron múltiples maniobras de reducción y dilatación anular desde el control extracardíaco. Se observó el comportamiento anular y valvar, la corrección de la insuficiencia mitral y reproducción así como la morfología del anillo mitral durante las maniobras desde el control extracardíaco.

#### RESULTADOS

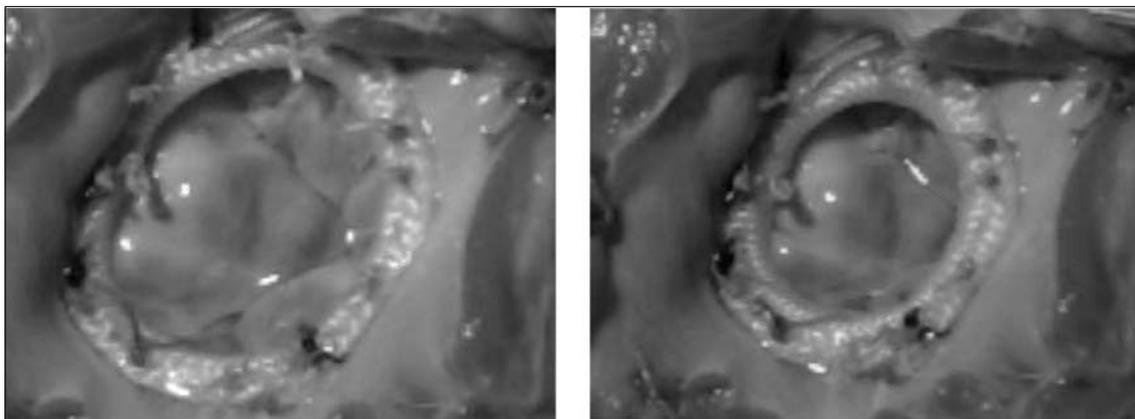
El implante se realizó sin dificultad de forma similar al implante de anillos mitrales utilizados habitualmente en las reparaciones mitrales. El implante del control extracardíaco tampoco presentó dificultades.

Las maniobras desde el dispositivo de control extra cardíaco lograron cambios en las dimensiones anulares mitrales provocando reducción y dilatación anular de 20 mm hasta 32 mm de diámetro. Estos cambios se produjeron conservando la forma característica del anillo nativo, con rectificación del sector intertrigonal, y fueron proporcionales en todos los sectores del anillo (figura 2).

Se logró corregir la insuficiencia mitral, encontrando el tamaño anular óptimo luego de varias maniobras de dilatación y reducción. En el rango de presiones entre 50 y 200 cm de agua se confirmó visualmente la coaptación correcta y la ausencia de fuga mitral.

También se logró reiteradas veces reproducir la insuficiencia valvular.

La reducción anular máxima no produjo insuficiencia mitral por este método.



**Figura 2.** En las fotos se observa la válvula mitral vista desde la cavidad auricular izquierda con el anillo regulable implantado. A izquierda se ve el anillo mitral con un diámetro de 32 mm y a derecha instantes después de modificado desde el control extracardiaco el anillo de 24 mm. Nótese el avance del velo mayor que prácticamente sustituye al velo menor cuando se realiza la reducción anular.

#### DISCUSIÓN

Mediante este estudio, pudimos comprobar la eficiencia in vitro del prototipo de anillo mitral regulable diseñado. Su implante no presenta dificultades y logra reducir o aumentar proporcionalmente, sin alterar la forma y tantas veces como se desee, las dimensiones del anillo mitral nativo realizando maniobras desde un dispositivo de control situado fuera del corazón.

Esta característica podría hacerlo ideal para ser utilizado en los casos en los que se quiere realizar una reducción anular, ya que su tamaño no requiere ser conocido con exactitud previo a su implante.

Dado que su regulación se realizaría guiada por el ecocardiograma durante la cirugía, sería factible encontrar la dimensión que logre no sólo eliminar la insuficiencia valvular, sino también el mejor nivel de coaptación de los velos mitrales. Esto es importante porque niveles de coaptación inferiores a 5 mm representan un factor de riesgo de recidiva de la insuficiencia a mediano plazo <sup>(12)</sup>.

En casos especiales se podría devolver la insuficiencia valvular en aquellos pacientes con muy mala función ventricular que pese a las medidas terapéuticas postoperatorias su ventrículo izquierdo claudica por no tolerar el nuevo régimen de trabajo (aumento de la impedancia ventricular por la eliminación de la insuficiencia mitral).

Esto permitiría modificar las condiciones de trabajo ventricular en forma progresiva y no abruptamente como se hace hasta ahora.

Consideramos esta última cualidad de

gran importancia ya que permitiría operar con menor riesgo a ese tipo de pacientes, que muchas veces son rechazados para cirugía porque se prevé un riesgo muy alto de claudicación ventricular y falla aguda de su insuficiencia cardíaca <sup>(13)</sup>.

Otra característica distintiva es que permitiría adaptarse a los cambios ventriculares evolutivos luego de una reparación exitosa de la válvula mitral. De 30% a 40% de los pacientes a los que se les realizó reducción anular mitral recidivan al año de realizada la plastia mitral. En estos casos sería posible que el abordaje mínimamente invasivo del dispositivo de comando extracardiaco de esta nueva prótesis, permita readecuar sus dimensiones y devolver la suficiencia mitral <sup>(12,14)</sup>.

Nuestros hallazgos representan la base para desarrollar nuevas líneas de investigación que permitan obtener un mejor conocimiento de las posibilidades terapéuticas y evolutivas de los pacientes que presentan mala función ventricular e insuficiencia mitral funcional.

Es posible que el anillo regulable represente un singular abordaje para el tratamiento de la insuficiencia mitral funcional y permita nuevos algoritmos terapéuticos que hasta ahora no podían aplicarse por no contar con este modelo quirúrgico.

A pesar de que con este modelo pudimos demostrar el óptimo funcionamiento del anillo protésico in vitro, no es posible extender los resultados al corazón latiendo.

Una limitación importante de este trabajo es que el modelo de corazón aislado no repro-

duce las condiciones fisiológicas del corazón latiendo. Tampoco reproduce adecuadamente la insuficiencia mitral funcional entendida como una enfermedad ventricular izquierda que secundariamente afecta al aparato subvalvular y al anillo mitral. Sin embargo el modelo reproduce la primera evaluación hidráulica que realiza el cirujano finalizada la plastia con la aurícula abierta y el corazón átono.

Estamos realizando nuevos trabajos para evaluar el funcionamiento de esta prótesis in vivo, valorando funcionalmente el resultado de la plastia mitral usando dicho dispositivo en un modelo animal de insuficiencia mitral isquémica.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. **Miller DC.** Ischemic mitral regurgitation redux: To repair or to replace? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 122: 1059-62.
2. **Ngaage DL, Schaff HV.** Mitral valve surgery in non-ischemic cardiomyopathy. *J Cardiovasc Surg* 2004; 45: 477-86.
3. **Waller BF, Howard J, Fess S.** Pathology of mitral valve stenosis and pure mitral regurgitation. *Clin Cardiol* 1994; 17(Pt2): 395-402.
4. **Waller BF, Howard J, Fess S.** Pathology of mitral valve stenosis and pure mitral regurgitation. *Clin Cardiol* 1994; 17(Pt1): 330-6.
5. **Kumanohoso T, Otsuji Y, Yoshifuku S, Matsukida K, Koriyama C, Kisanuki A, et al.** Mechanism of higher incidence of ischemic mitral regurgitation in patients with inferior myocardial infarction: Quantitative analysis of left ventricular and mitral valve geometry in 103 patients with prior myocardial infarction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 135-43.
6. **Otsuji Y, Handschumacher MD, Liel-Cohen N, Tanabe H, Jiang L, Schwammenthal E, et al.** Mechanism of ischemic mitral regurgitation with segmental left ventricular dysfunction: Three dimensional echocardiographic studies in models of acute and chronic progressive regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 641-8.
7. **Liel-Cohen N, Guerrero JL, Otsuji Y, Handschumacher MD, Rudski LG, Hunziker PR, et al.** Design of a new surgical approach for ventricular remodeling to relieve ischemic mitral regurgitation. *Circulation* 2000; 101: 2756-63.
8. **Tibayan FA, Rodriguez F, Zasio MK, Bailey L, Liang D, Daughters GT, et al.** Geometric distortions of the mitral valvular-ventricular complex in chronic ischemic mitral regurgitation. *Circulation* 2003; 108Suppl 1: II116-21.
9. **Ahmad RM, Gillinov AM, McCarthy PM, Blackstone EH, Apperson-Hansen C, Qin JX, et al.** Annular geometry and motion in human ischemic mitral regurgitation: Novel assessment with three dimensional echocardiography and computer reconstruction. *Ann Thorac Surg* 2004; 78: 2063-8.
10. **Bolling SF, Pagani FD, Deeb GM, Bach DS.** Intermediate-term outcome of mitral reconstruction in cardiomyopathy. *J Thorac Surg* 1998; 115: 381-5.
11. **Fedak WM, McCarthy PM, Bonow RO.** Evolving concepts and technologies in mitral valve repair. *Circulation* 2008; 117: 963-74.
12. **Hung J, Papakostas L, Tahta SA, Hardy BG, Bollen BA, Duran CM, et al.** Mechanism of recurrent ischemic mitral regurgitation after annuloplasty. Continued LV remodelling as a moving target. *Circulation* 2004; 110(11Suppl2): S85-90.
13. **De Bonis M, Lapenna E, La Canna G, Ficarra E, Pagliaro M, Torraca L, et al.** Mitral valve repair for functional mitral regurgitation in end-stage dilated cardiomyopathy: role of the "edge-to-edge" technique. *Circulation* 2005; 112SupplI: I402-8.
14. **Braun J, van de Veire NR, Klautz RJM, Versteegh MIM, Holman ER, Westenberg JJM, et al.** Restrictive mitral annuloplasty cures ischemic mitral regurgitation and heart failure. *Ann Thorac Surg* 2008; 85: 430-7.