

# Arritmias originadas en los músculos papilares del ventrículo izquierdo: Características clínicas, multiimágenes y ablación por catéter

## *Arrhythmias Originating in Left Ventricular Papillary Muscles: Clinical Characteristics, Multislice Imaging and Catheter Ablation*

SANTIAGO RIVERA, GASTÓN ALBINA, LEANDRO TOMAS, MARÍA DE LA PAZ RICAPITO, IGNACIO MONDRAGÓN, MILAGROS CARO, MARCELO REINOSO, DIEGO BELARDI, ALBERTO GINIGER, FERNANDO SCAZZUSO

### RESUMEN

**Introducción:** Las arritmias ventriculares pueden originarse en los músculos papilares del ventrículo izquierdo.

**Objetivos:** Describir sus características clínicas más relevantes y comparar resultados de la ablación por catéter utilizando crioterapia o radiofrecuencia.

**Métodos:** En el estudio, se incluyó a cuarenta y siete pacientes ( $47 \pm 16$  años; 70% sexo masculino; fracción de eyección  $55 \pm 11\%$ ) con arritmias originadas en los músculos papilares del ventrículo izquierdo, tratados mediante ablación por catéter. Las arritmias clínicas fueron localizadas utilizando sistemas de mapeo 3D, tomografía cardíaca multicorte y ecografía intracardiaca. La ablación fue efectuada utilizando un catéter de crioterapia focal de 8 mm o un catéter de ablación con irrigación abierta de 4 mm.

**Resultados:** Las arritmias exhibieron una morfología de bloqueo de rama derecha (100%), con una duración media del QRS de  $150 \pm 13$  ms y patrón R > r' en el ventrículo izquierdo en el 71,4% de los casos. La tasa de éxito agudo fue de 100% para crioterapia (n = 18) y 83% para radiofrecuencia (n = 20) (p = 0,06). La recurrencia a 12 meses fue 4% para crioterapia y 46% para radiofrecuencia (p = 0,02). Las variables asociadas con mayor riesgo de recurrencia fueron el uso de RF (HR 0,2; p = 0,04) y la falta de ecografía intracardiaca (HR 0,1; p = 0,01).

**Conclusiones:** La morfología de bloqueo de rama derecha con patrón R > r' y duración del QRS > 135 mseg representan las características más frecuentes. El uso de ecografía intracardiaca y crioterapia se asoció a una menor tasa de recurrencia. El uso de radiofrecuencia presentó un incremento del riesgo de recurrencia del 20%.

**Palabras clave:** Arritmias cardíacas - Criocirugía - Ecocardiografía

### ABSTRACT

**Background:** Ventricular arrhythmias can arise from the left ventricular papillary muscles.

**Objectives:** The aim of this study was to describe the most relevant features of this type of ventricular arrhythmias and to compare outcomes with either cryoenergy or radiofrequency catheter ablation.

**Methods:** Forty-two patients undergoing catheter ablation for ventricular arrhythmias originating in the left ventricular papillary muscles were included in the study. Mean age was  $47 \pm 16$  years, 70% were men, and median ejection fraction was  $55 \pm 11\%$ . Ventricular arrhythmias were localized using three-dimensional mapping, multislice computed tomography and intracardiac echocardiography, with arrhythmia foci mapped at either the anterolateral or posteromedial papillary muscles. Ablation was performed using an 8-mm focal cryoablation catheter or a 4mm open-irrigated radiofrequency ablation catheter.

**Results:** All clinical ventricular arrhythmias exhibited a right bundle branch block pattern, with mean QRS duration of  $150 \pm 13$  ms and R>r' pattern in the left ventricle in 71.4% of cases. Acute success rate was 100% for cryoablation (n=18) and 83% for radiofrequency ablation (n=20) (p=0.06). Ventricular arrhythmia recurrence at 12 months was 4% for cryoablation and 46% for radiofrequency ablation (p=0.02). Use of radiofrequency ablation (HR 0.2; p=0.04) and lack of intracardiac echocardiography (HR 0.1; p=0.01) were associated with higher risk of recurrence.

**Conclusions:** Right bundle branch block morphology with left ventricular R>r' pattern and QRS duration > 135 milliseconds are the most frequent clinical characteristics of these ventricular arrhythmias. Use of cryoablation and intracardiac echocardiography were associated with lower recurrence rates, while radiofrequency ablation was associated with 20% increase of clinical arrhythmia recurrence after ablation.

**Key words:** Key words: Arrhythmias, cardiac - Cryosurgery - Echocardiography

REV ARGENT CARDIOL 2017;85:444-452 <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v85.i5.10249>

Recibido: 13-07-2017 - Aceptado: 08-09-2017

Dirección para separatas: Santiago Rivera - Av. Libertador 6302 - C1428DCO Buenos Aires, Argentina. Tel: (011) 4787-7500 - Fax: 5411 4787-7500 - e-mail: riv.santiago@gmail.com

## Abreviaturas

<b>MP</b>	Músculos papilares	<b>TCMD</b>	Tomografía cardíaca multidetector
<b>VI</b>	Ventrículo izquierdo	<b>ME</b>	Mapas de estimulación
<b>AV</b>	Arritmias ventriculares	<b>RF</b>	radiofrecuencia
<b>VD</b>	Ventrículo derecho	<b>CRY</b>	crioenergía
<b>IM</b>	Insuficiencia mitral	<b>TVNS</b>	Taquicardia ventricular no sostenida
<b>PVM</b>	Prolapso de válvula mitral	<b>PP</b>	Potenciales presistólicos
<b>EV</b>	Extrasístoles ventriculares	<b>MPPM</b>	Músculo papilar posteromedial
<b>TV</b>	Taquicardia ventricular	<b>MPAL</b>	Músculo papilar anterolateral
<b>ICBA</b>	Instituto Cardiovascular de Buenos Aires	<b>ICE</b>	Ecografía intracardiaca

## INTRODUCCIÓN

Los músculos papilares (MP) del ventrículo izquierdo (VI) suelen ser sitios de origen frecuente de arritmias ventriculares (AV) en presencia o ausencia de cardiopatía estructural. (1-3) Estas arritmias pueden, incluso, actuar como gatillos de fibrilación ventricular y muerte súbita, (4, 5) y también pueden provenir de los músculos papilares del ventrículo derecho (VD). (6, 7) En algunas oportunidades se asocia con el prolapso de válvula mitral, cuyo mecanismo arritmogénico no es aún del todo comprendido. (8) La ablación por catéter ha sido reportada como un método terapéutico efectivo y seguro, aunque los resultados son muy heterogéneos y alcanzan tasas de recurrencia de hasta 58%. (2, 3)

Los objetivos de este trabajo son describir las características clínicas y electrofisiológicas de los pacientes con arritmias ventriculares originadas en los MP y su asociación con la insuficiencia (IM) y el prolapso de válvula mitral (PVM); reportar los resultados de la ablación por catéter comparando diferentes tipos de fuentes de energía (crioenergía *vs.* radiofrecuencia) y el uso de ecografía intracardiaca (ICE).

## MÉTODOS Y MATERIALES

La población en estudio fue sustraída de 248 pacientes consecutivos (Edad  $55 \pm 15$  años, 71% sexo masculino), con arritmias ventriculares sintomáticas, originadas en el tracto de salida del ventrículo derecho (46%); asociadas a escara ventricular (19%); músculos papilares (17%); *summit* ventricular izquierdo (4%); continuidad mitro-aórtica (4%); cúspides aórticas (4%); *septum* interventricular (4%); anillo mitral (2%); 1% músculos papilares del ventrículo derecho (1%) y fasciculares (1%), refractarias al tratamiento con fármacos antiarrítmicos (64%) o quienes no deseaban recibir tratamiento farmacológico (36%), referidos para ablación por catéter de extrasístoles ventriculares (EV) (45%) o taquicardia ventricular (TV) (55%) en el Instituto Cardiovascular de Buenos Aires (ICBA) entre enero del año 2014 y enero del 2017, de manera retrospectiva. Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado y los fármacos antiarrítmicos (15% betabloqueantes; 7% amiodarona; 5% antiarrítmicos del grupo 1C) fueron discontinuados por al menos 5 vidas medias antes del procedimiento.

En todos los casos, se analizaron los datos clínicos y electrofisiológicos, y se determinó la prevalencia de prolapso de válvula mitral y las características electrocardiográficas más frecuentes de este tipo de arritmias.

**Multiimágenes:** La tomografía cardíaca multidetector (TCMD) fue obtenida utilizando un equipo Phillips Brilliance

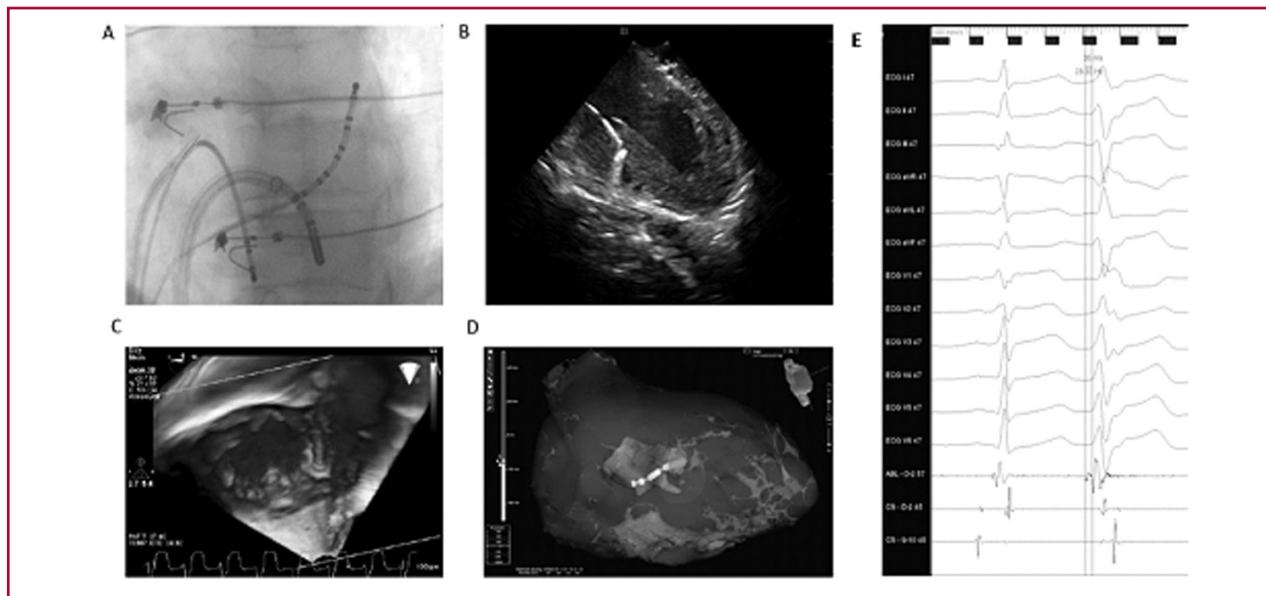
de 64 detectores (Phillips Medical Systems) 15 días antes de la ablación. Se utilizó un material de contraste no-iónico (Optiray 350 mg/ml) y la adquisición fue realizada con un espesor de corte de 0,9 mm. Para eliminar los artefactos generados por la motilidad cardíaca y reducir la dosis de radiación se adquirió de manera prospectiva en la fase 75 del ciclo cardíaco utilizando gatillado electrocardiográfico.

Las imágenes obtenidas por TCMD fueron integradas al sistema de mapeo electroanatómico utilizando la ecografía intracardiaca o el eco-Doppler color cardíaco transesofágico 3D (Figura 1).

**Ablación por catéter:** Un catéter decapolar fue introducido en el seno coronario y otro fue ubicado en el ápex del VD. Los electrogramas bipolares fueron registrados por un catéter de ablación cuadripolar con irrigación abierta y punta de 4 mm (Therapy Cool, St. Jude Medical) utilizando un filtro entre 30 Hz y 500 Hz. La vía de abordaje fue transeptal y transmitral (64%) o aórtica-retrograda (36%), y se administró heparina sódica no fraccionada endovenosa para mantener un tiempo de coagulación activado  $> 300$  seg. Los mapas de activación y voltaje endocárdicos fueron obtenidos utilizando el sistema EnSite® Velocity® (St. Jude Medical Inc) o CARTO® 3 (BiosenseWebster INC, Diamond Bar, CA). El objetivo primario de la ablación fue la eliminación e ineliminabilidad de la arritmia clínica. En los casos donde no se observaron de forma espontánea, se intentó inducir la arritmia clínica mediante estimulación ventricular programada desde el seno coronario, el ápex y el tracto de salida del VD con 1,2 y 3 extraestímulos introducidos luego de un tren de estimulación de 8 latidos. Se utilizó una infusión continua de isoproterenol en los casos en que fue necesario. En todos los casos, se obtuvieron mapas de estimulación (ME) de la arritmia clínica. Los ME fueron efectuados durante estimulación continua a un ciclo estable de 600 milisegundos y a una amplitud de 1 mA mayor al umbral diastólico. Se utilizaron dos criterios: 1) QRS estimulado concordante en  $\geq 11/12$  derivaciones, y 2) una puntuación determinada por la relación R/S y melladuras del QRS las 12 derivaciones del ECG (ME perfecto = 24 puntos). (9)

La estabilidad fue definida como la ausencia de movimiento del catéter de ablación durante la entrega de energía, evaluado por ecografía intracardiaca o fluoroscopia.

**Fuentes de energía:** Tanto la radiofrecuencia (RF) como la crioenergía (CRY) fueron emitidas en los sitios que exhibían la actividad bipolar más precoz (que precedía el inicio del QRS por  $\geq 25$  ms) o patrón unipolar QS, en áreas que presentaban una concordancia del QRS  $\geq 11/12$  derivaciones o un puntaje  $\geq 20$ . La ablación focal fue efectuada con un catéter de crioablación de 8 mm (Freezor® MAX 3, Medtronic, Inc, Minneapolis, MN) o un catéter de ablación cuadripolar con irrigación abierta y punta de 4 mm (Therapy Cool, St. Jude Medical). En aquellos casos tratados mediante CRY, al constatar la eliminación de la arritmia clínica, la CRY era entregada por 240 ms, seguida de 2 ciclos de recongelamiento (*freeze-thaw-freeze*). De lo contrario, la aplicación de CRY era



**Fig. 1.** **A)** Fluoroscopia del catéter de criablación situado en el sitio de ablación efectiva, catéter cuadrupolar situado en el ápex del ventrículo derecho, catéter de ecografía intracardiaca (ICE) situado en el tracto de salida del ventrículo derecho y catéter multipolar introducido en el seno coronario. **B)** Visualización por ecografía intracardiaca del catéter de criablación focal dirigiéndose hacia la base del músculo papilar posteromedial. **C)** Corresponde al eco transesofágico 3D, en el cual se puede apreciar al catéter de criablación en contacto con en el fascículo muscular lateral del musculo papilar posteromedial, sobre el sitio de ablación efectiva. **D)** integración de la MDCT al sistema de mapeo electroanatómico y mapa de activación del músculo papilar posteromedial que demuestra el sitio de mayor precocidad, correspondiente al origen de la arritmia ventricular (área blanca). **E)** Características electrocardiográficas de la arritmia originada en la base del músculo papilar: Imagen de BCRD con patrón R > r'; transición R/S precoz en V4; Eje eléctrico superior; complejo predominantemente positivo en la derivación DI; ancho del QRS mayor a 135 mseg. El catéter de registro situado al nivel del origen de la arritmia demuestra la presencia de electrogramas dobles y fraccionados, con una precocidad de 35 mseg (VEGM-QRS) entre el electrograma ventricular durante la arritmia (VEGM) y el inicio del QRS.

interrumpida y el catéter reposicionado. En quienes se utilizó RF, esta fue emitida durante 90 seg (40 Watts / 43 grados) seguida de dos aplicaciones de 45 seg. El punto final primario fue la eliminación y no-inducibilidad de la arritmia clínica, de manera espontánea y mediante estimulación ventricular programada hasta ciclos de 300 ms e infusión de isoproterenol (2-10  $\mu\text{g}/\text{min}$ ).

**Ecografía intracardiaca:** Un catéter de ICE 2-D (ViewFlex<sup>®</sup>, St. Jude Medical Inc.) fue avanzado hacia la aurícula derecha y posteriormente hacia el tracto de salida del VD, para visualizar los músculos papilares del VI. Se adjudicaron tres segmentos a cada MP y se especificó el origen de la arritmia: el ápex corresponde al sitio de inserción de las cuerdas tendinosas; el cuerpo representa el tercio medio del MP y el tercio proximal, en contacto con la pared del VI, correspondiente a la base del MP. En caso de efectuar el aislamiento circunferencial del MP, la posición del catéter en torno a la base del músculo era corroborada mediante ICE (Figura 2). En aquellos casos donde no se contó con ICE, se efectuó un ventriculograma o eco-Doppler color transesofágico para determinar el segmento correspondiente.

Se realizó un monitoreo continuo mediante ICE, en el que se prestó atención especial al desarrollo de insuficiencia mitral por disfunción o rotura del MP, o la aparición de derrame pericárdico. La posición del catéter, contacto, estabilidad y formación de lesión fue determinada mediante este método. Si se presentaban dudas respecto a la posición del catéter, estas fueron corroboradas mediante ecocardiografía transesofágica tridimensional.

**Seguimiento:** Todos los pacientes fueron monitoreados en forma continua durante 24 h luego del procedimiento de

ablación. Se efectuaron ECG de 12 derivaciones a todos los pacientes antes del alta. La información del seguimiento fue obtenida mediante evaluación directa en nuestra clínica de arritmias y dispositivos cardíacos. Todos los pacientes que refirieron síntomas fueron monitorizados mediante Holter de 24 h para documentar la causa de los síntomas. El éxito a largo plazo de la ablación por catéter fue definido como la ausencia o reducción  $\geq 50\%$  de la arritmia clínica a 1, 3 y 6 meses de seguimiento.

#### Análisis estadístico

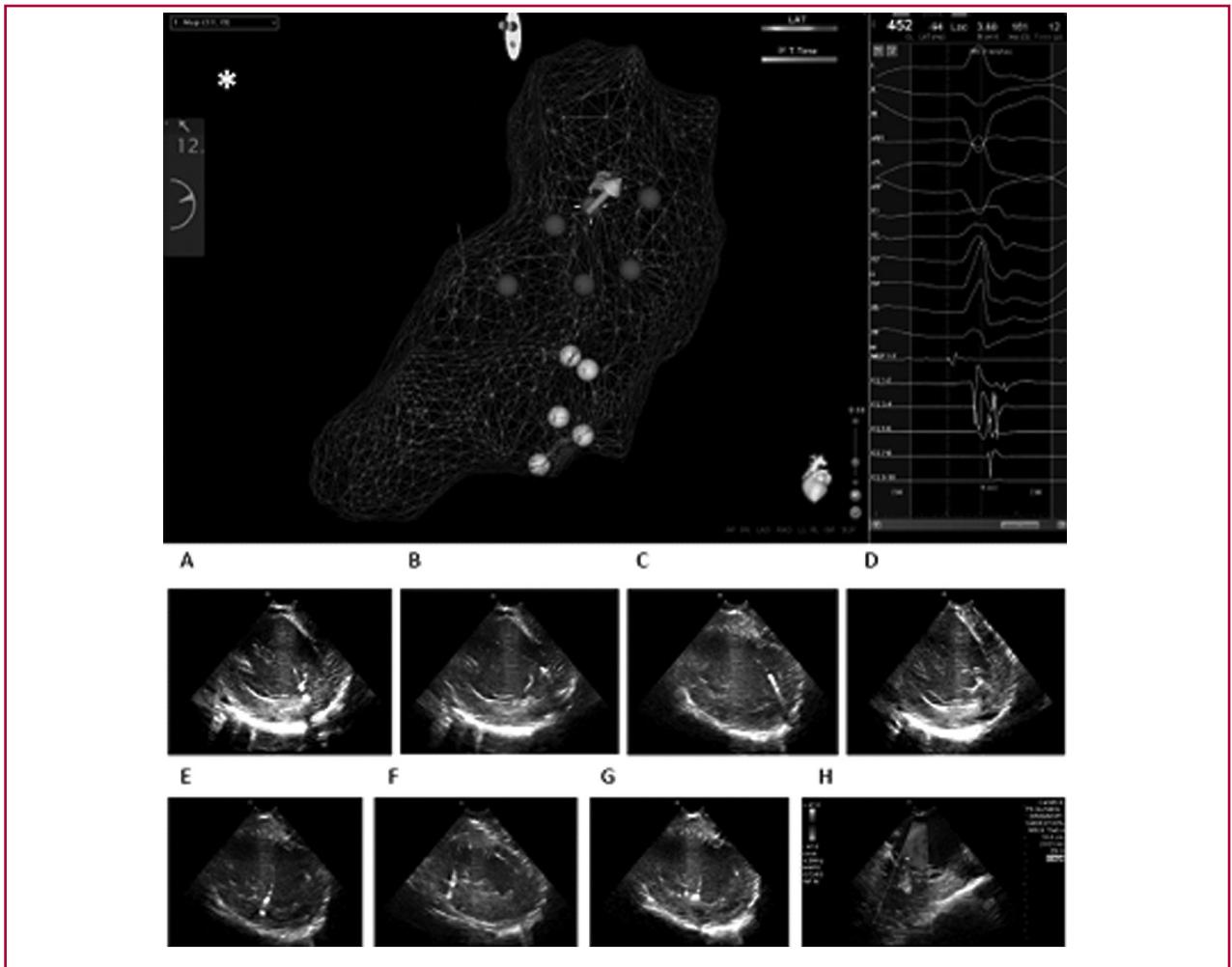
Las variables discretas se expresaron en números y porcentajes como media  $\pm$  DS y las continuas, según su distribución, como media o mediana con su correspondiente desvío estándar o intervalo intercuartilo. Para la comparación de variables discretas se utilizó la prueba de chi cuadrado y para las continuas la prueba de la t de Student o Mann-Withney según distribución de la muestra, o la prueba exacta de Fisher. Un valor de P = 0,05 fue considerado significativo.

#### Consideraciones éticas

El estudio fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética del ICBA, habiéndose obtenido el consentimiento informado en todos los casos.

#### RESULTADOS

Fue incluido en este estudio un total de 42 pacientes (Edad  $47 \pm 16$  años; 70% sexo masculino, 17,5% HTA, 10% DBT) con arritmias originadas en los MP del VI.



**Fig. 2. \* Aislamiento circunferencial de los músculos papilares del ventrículo izquierdo.** Mapa anatómico del ventrículo izquierdo. Los puntos de color corresponden a los límites de ambas bases de los músculos papilares (Violeta = base del músculo papilar anterolateral; amarillo = posteromedial), los cuales fueron demarcados utilizando un catéter de ablación 3,5 mm con irrigación abierta y sensor de contacto (SmartTouch SF, BiosenseWebster Inc). Un catéter de crioblación focal de 8 mm fue utilizado para aplicar crienergía en cada uno de esos puntos, hasta lograr el aislamiento eléctrico de los músculos papilares (pérdida de captura ventricular durante la estimulación continua desde el MP). Abajo: Ecografía intracardiaca durante el aislamiento circunferencial de los músculos papilares del ventrículo izquierdo. **A)** Catéter de crioblación 8 mm situado sobre la base del músculo papilar anterolateral, en el aspecto inferior; **B)** aspecto superior; **C)** aspecto anterior (nótese el catéter posicionado por delante del músculo papilar); **D)** aspecto posterior. Catéter de crioblación focal situado sobre la base del músculo papilar posteromedial: **E)** en la zona anterior; **F)** posterior; **G)** septal; **H)** monitoreo de la válvula mitral luego de la crioblación. Nótese la ausencia de regurgitación mitral por Doppler color.

**Características generales:** La FEy promedio fue  $55 \pm 11\%$  (DDVI  $54 \pm 8$  mm; DSVI  $38 \pm 10$  mm). El 17,5% presentó PVM y el 32% IM (2 pacientes presentaron un nivel grave de regurgitación con compromiso de ambas valvas). El 37,5% presentó cardiomiopatía estructural (N = 7 isquémica, N = 2 hipertensiva, N = 3 dilatada, N = 6 PVM). La taquicardia ventricular no sostenida (TVNS) fue la forma de presentación clínica más frecuente (42%) mientras que el 40% presentó EV y solo el 8% TV.

**Características electrofisiológicas:** El patrón de bloqueo de rama derecha fue observado en todos los casos. La morfología de tipo Rsr', RSR', y R en la derivación V1, fueron las más prevalentes. En esos

casos (71,4%), la onda R inicial fue mayor que la r' ( $R > r'$ ). En aquellos que presentaron un patrón  $r < R'$  (28,6%), el 58% estuvo distribuido en la base; el 42%, en el cuerpo; y 0%, en el ápex de los músculos papilares. La duración promedio del QRS fue de  $150 \pm 13$  ms. El 85% de las arritmias fueron identificadas en el MP posteromedial y el sitio de origen más frecuente fue la base (67%), seguido del cuerpo (21%) y, por último, el ápex (12%). La presencia de potenciales presistólicos (PP) fue de 65%, y disminuyó su densidad desde la base hacia el ápex (base 69%; cuerpo 57% y ápex 0%).

**Ablación por catéter:** El VEGM-QRS promedio fue  $34 \pm 5$  ms y la mediana del índice de estimulación fue 22. El 55% de los procedimientos fueron realizados

utilizando ICE y en el 45% se utilizó crioenergía. El tiempo promedio de fluoroscopia fue  $13 \pm 5$  min y el tiempo total del procedimiento de  $139 \pm 39$  min. Se observó proarritmia en un 45% y se logró estabilizar el catéter en un 60% de los casos. La tasa de éxito primario de la ablación fue de 90%, y presentó una recurrencia anual de 32%. En dos casos, se realizó el crioaislamiento circunferencial de la base del MP por la presencia de arritmias ventriculares polimórficas, utilizando el sistema CARTO® 3 (BiosenseWebster Inc, Diamond Bar, CA.) para guiar la ablación (Figura 2). Ambos aislamientos eléctricos de los MP fueron exitosos y los pacientes no volvieron a repetir la arritmia clínica durante el seguimiento. La mortalidad asociada a la ablación fue de 0% y las complicaciones mayores fueron de 2,5% (taponamiento no quirúrgico N = 1). No se registraron complicaciones menores. La mediana de seguimiento fue de 282 días (IQR 152-549).

**Crioenergía vs. radiofrecuencia:** La tabla 1 resume las características generales de los pacientes tratados mediante CRY y RF. La tasa de éxito primario de la ablación fue 83% para RF y 100% para CRY. La mortalidad en ambos casos fue del 0% y solo se observó una complicación mayor (taponamiento

cardíaco) en el grupo de RF. Los criterios de lesión efectiva (VEGM-QRS y PM Score), marcadores de éxito, fueron similares en ambos grupos, como puede observarse en la tabla 2.

La tasa de recurrencia del grupo de RF fue significativamente mayor que la de aquellos tratados con CRY (46% vs. 4,7%; P = 0,01) durante un promedio de seguimiento de 329,5 (IQR 110-366) días para RF y 282,5 (IQR 160-706) días para CRY (Figura 3).

**Predictores de recurrencia:** La tabla 2 demuestra las variables predictoras de recurrencia de arritmia ventricular originada en los músculos papilares al ano, utilizando regresión de Cox. Nótese que el uso de radiofrecuencia incrementó el riesgo de recurrencia de arritmias ventriculares posablación en un 20%.

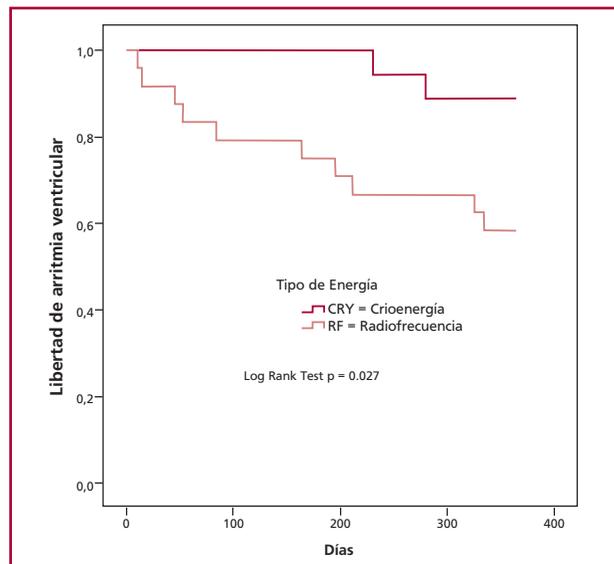
## DISCUSIÓN

Casi el 20% de los pacientes incluidos en este estudio presentaron prolapso de válvula mitral, dos de ellos con compromiso de ambas valvas e insuficiencia valvular grave. El 30% de la población presentó insuficiencia mitral, de grado leve en la gran mayoría. La tasa de éxito primario de la ablación por catéter fue elevada,

A)	RF (N = 22)			Cryo (N = 18)			Valor de P
Edad	49 ± 16,2 años			42 ± 15,8 años			0,57
Género M	19			9			0,047
HTA	6			1			0,094
DBT	2			2			0,761
MCPE	8			3			0,207
FEy	51,2 ± 12,9%			59,5 ± 5,2%			> 0,0001
DDVI	56 ± 8,35 mm			51,4 ± 5,92 mm			0,149
DSVI	40,8 ± 10,8 mm			33,1 ± 6,02 mm			0,04
IM	8			5			0,699
PVM	3			5			0,212
TVNS	7			10			0,075
EV	13			3			0,05
TV	4			5			0,075
B)	MPMP (N = 37)			MPAL (N = 5)			
	(N = 4)	Apex Cuerpo (N = 6)	Base (N = 27)	(N = 2)	Apex Cuerpo (N = 1)	Base (N = 2)	
QRS	Rr	Rsr	rSR/Rsr	Rr	Rsr	rSR/Rsr	
Eje	S	S	S	I	I	I	
R/S	V6	V5	V4/V3	V6	V4/V5	V4/V5	
DI	ISO	ISO	POS/ISO	NEG	NEG	NEG	

RF: Radiofrecuencia. Cryo: Crioablación mediante crioenergía. Edad: Edad en años. Genero M: Número de pacientes de sexo masculino. HTA: Hipertensión arterial. DBT: Diabetes. MCPE: Número de pacientes con miocardiopatía estructural. FEy: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo. DDVI: Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo. DSVI: Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo. IM: Número de pacientes con insuficiencia mitral. PVM: Número de pacientes con prolapso de válvula mitral. TVNS: taquicardia ventricular no sostenida. EV: Extrasístoles ventriculares. TV: Taquicardia ventricular. MPPM: Músculo papilar posteromedial. MPAL: Músculo papilar anterolateral. QRS: Complejo QRS. Eje: Eje eléctrico del QRS. R/S: Derivación precordial en la cual se produce la transición entre un complejo QRS predominantemente positivo a uno predominantemente negativo. DI: Derivación frontal D I. ISO: Complejo QRS isodifásico. POS: Complejo QRS predominantemente positivo. NEG: Complejo QRS predominantemente negativo.

**Tabla 1.** Características clínicas (A) y electrocardiográficas (B) de la población



**Fig. 3.** Curvas de Kaplan Mayer que demuestran la libertad de arritmia clínica luego de la ablación por catéter.

y los tratados mediante crioablación presentaron una recurrencia significativamente menor. En este estudio, se incluyeron los dos primeros casos reportados en la bibliografía de crioaislamiento circunferencial de los MP para el tratamiento de arritmias ventriculares polimórficas.

Desde el punto de vista anatómico, los MP del VI son estructuras con un espesor considerable, que demuestran proyecciones cónicas hacia la pared ventricular y cuyas bandas miocárdicas se encuentran irregularmente distribuidas. (10) A su vez, las fibras miocárdicas se encuentran entremezcladas con fibras de Purkinje, lo que crea un sustrato para el desarrollo de arritmias ventriculares. (11) Estas arritmias presentan características electrofisiológicas particulares. (12) El mecanismo arritmogénico de la taquicardia ventricular de los MP fue descrito inicialmente como focal, (13, 14) sin embargo, la presencia de múltiples morfologías, de manera espontánea o durante un procedimiento de ablación, es frecuente. (15) Esto puede ser atribuido a una conducción

**Tabla 2.** Características del procedimiento (A) y predictores de recurrencia (B)

A)	RF	Cryo	Valor de P
Éxito primario	20	18	0,06
Complicaciones	1	0	0,4
Mortalidad	0	0	-
Recurrencia	11	2	0,02
Ecografía intracardiaca	9	18	> 0,0001
Mediana de seguimiento	329,5 (110-366) días	282,5 (160-706) días	0,5
Tiempo de fluoroscopia	14,37 ± 4,58 min	10,83 ± 4,46 min	0,5
Tiempo de procedimiento	144 ± 46 min	133 ± 26 min	0,009
Dosis de energía	364 ± 178 seg	753 ± 328 seg	0,003
VEGM-QRS	34 (30-36) mseg	33,5 (29,7-37,2) mseg	0,8
PMAp Score (mediana)	22 puntos	22 puntos	0,7
Estabilidad	30%	100%	0,02
B)	Hazard ratio		P
Sexo	1,024 (0,308-3,404)		N/S
Edad	1,007 (0,972-1,043)		N/S
FEy	0,978 (0,935-1,023)		N/S
HTA	1,021 (0,224-4,661)		N/S
DBT	0,930 (0,120-7,209)		N/S
CME	1,242 (0,363-4,244)		N/S
Pro A	2,897 (0,871-9,633)		N/S
Estabilidad	0,317 (0,095-1,053)		N/S
RF	0,212 (0,046-0,968)		0,04
No ICE	0,113 (0,030-0,420)		0,001

RF: Radiofrecuencia. Cryo: Crioablación mediante crioenergía. VEGM-QRS: Intervalo entre la activación ventricular más precoz registrada por el catéter de mapeo y el inicio del complejo QRS (predictor de éxito de la ablación cuando es > 20 mseg). PMAp Score: puntuación lograda mediante el análisis de correlación entre el complejo QRS de la arritmia clínica y el complejo QRS logrado mediante estimulación ventricular en el sitio de origen de la arritmia. Estabilidad: Si el catéter de ablación permanecía fijo en el sitio de ablación efectiva durante la aplicación de energía. FEy: Fracción de eyección. HTA: Hipertensión arterial. DBT: Diabetes. CME: Cardiomiopatía estructural. Pro A: Pro-arritmia durante la aplicación de energía. Estabilidad: Estabilidad del catéter durante la ablación. RF: Radiofrecuencia. No ICE: Realización de la ablación sin la utilización de ecografía intracardiaca.

diferencial hacia múltiples sitios de salida inducido por la misma anisotropía del músculo o podría ser generado según la fuente de energía utilizada. (16) La identificación de potenciales de Purkinje en el sitio de origen de la arritmia es controversial. (12-14, 16) En nuestro estudio, estos fueron observados en el 65% de los casos y principalmente en la base de los MP. Esto podría sugerir que la red de Purkinje no se extendería más allá del cuerpo de estos músculos. (16, 17) El MP posteromedial (MPPM) es el más arritmogénico, (16) y es este el sitio más frecuente de origen de arritmias relacionadas con los MP. Estas pueden actuar como gatillos de TV polimorfa y fibrilación ventricular. (4, 5) En este estudio, observamos que las características electrocardiográficas de las arritmias originadas en los MP incluyen principalmente la morfología de bloqueo de rama derecha con patrones de tipo Rsr' o rSR' en la derivación V1. El eje eléctrico es determinante del MP implicado. Aquellas arritmias con eje eléctrico superior se corresponden con el MPPM, mientras que aquellas con eje inferior están originadas en el MP anterolateral (MPAL). La presencia de transición de R a S (R/S) en las derivaciones precordiales es característica y permiten diferenciarlas de las arritmias originadas en el anillo mitral, las cuales suelen ser concordantes en todas las derivaciones precordiales, lo que sugiere un origen basal, respecto de este. La presencia de complejos positivos en las derivaciones DI y AVL sugieren un origen en el MPPM, mientras que los complejos predominantemente negativos, en el MPAL. (18) De esta manera, el eje eléctrico y las derivaciones DI y AVL son útiles para diferenciar al MP implicado: El eje inferior y complejo negativo en DI y AVL sugieren un origen en el MPAL; mientras que un eje eléctrico superior y complejo positivo en DI y AVL en el MPPM. Por otro lado, la rama ascendente del QRS presenta un inicio rápido y de gran amplitud. Esto podría sugerir cierto grado de fusión con las fibras de Purkinje. La duración del QRS permite diferenciar este tipo de arritmias de las originadas exclusivamente en los fascículos de la rama izquierda, las cuales presentan un  $QRS \leq 135$  ms y, principalmente, patrón de tipo rsR' ( $r < R'$ ). (12-14) Las arritmias fasciculares también exhiben una típica onda q en DI o AVL, mientras que las originadas en el MPPM presentan un patrón tipo R o Rs. (18) Recientemente se describió un nuevo grupo de arritmias fasciculares que pueden originarse en la red de Purkinje alrededor de los MP del VI. (19) En estos casos, el ECG exhibiría características compartidas. Esto ocurriría dado que los MP histológicamente demuestran un entrelazado de fibras musculares con fibras de Purkinje, que permite un reclutamiento variable de estas fibras. (19-21) De esta forma, se explicaría la presencia de patrones de tipo  $r < R$  en este estudio, si bien estos no fueron los más frecuentes.

Algunas series reportan la falta de correlación entre el mapa de estimulación y el sitio de activación precoz de la arritmia; se observaron discordancias entre los sitios con elevada correlación electrocardiográfica y el de

mayor precocidad de activación. (22) Es por este motivo que el éxito de la ablación depende principalmente de los mapas de estimulación. Algunas de las teorías que explican este fenómeno incluyen: múltiples sitios de salida, un sustrato arritmogénico distante con un posible sitio de salida en común, la captura de miocardio adyacente, captura del fascículo correspondiente a la rama izquierda del sistema de conducción variando la amplitud del impulso. En muchos casos, la presencia de un potencial precoz de baja amplitud (señal de campo lejano) en el sitio de activación efectiva podría sugerir un origen intramiocárdico. (23)

Es frecuente que la ablación por catéter mediante RF requiera dosis altas de energía, incluso a ambos lados de los músculos. (24) La tasa de recurrencia puede ser de hasta 58%. (1-3, 23) Lograr una estabilidad adecuada con el catéter de ablación en la interfase electrodo-miocardio es un verdadero desafío. El efecto de cepillado del músculo puede, incluso, actuar generando arritmias de múltiples morfologías, que incrementan la complejidad del procedimiento. (16, 17) La aparición de complicaciones, como las burbujas de vapor intramiocárdico, ligadas exclusivamente al uso de radiofrecuencia con catéteres de irrigación abierta, incrementan el riesgo de complicaciones, como disfunción o rotura del MP, si bien esto aún no ha sido reportado en la bibliografía.

Estas dificultades nos llevaron a implementar nuevas estrategias de ablación, las cuales incluyeron el uso de fuentes alternativas de energía como la crioablación. Nuestra experiencia inicial demostró resultados alentadores tanto en éxito primario como en recurrencia. (17) El perfil biofísico de la CRY permite mantener indemne la histoarquitectura del tejido, sin generar disrupción endotelial ni trombo superficial. Los fenómenos de acumulación de vapor intramiocárdico no se observan con este método. Una de las principales ventajas reside en la capacidad del electrodo de ablación en adherirse al miocardio, lo que confiere estabilidad durante la aplicación de energía. En los casos donde se utilizó esta fuente de energía, la estabilidad fue del 100%, sin que se observara incremento en la incidencia de arritmias polimórficas. (16, 17) Esto fue atribuido a la ausencia del fenómeno de cepillado observado con los catéteres de radiofrecuencia.

En aquellos casos donde se observan arritmias de múltiples morfologías, el aislamiento eléctrico circunferencial de la base del MP es una alternativa terapéutica aceptable. (25, 26)

La vasta mayoría de los prolapsos de válvula mitral cursan como una enfermedad benigna. Sin embargo, un grupo reducido de pacientes, principalmente mujeres con prolapso de ambas valvas, arritmia ventricular compleja y alteración electrocardiográfica de las ondas T comprenden un síndrome recientemente descrito como prolapso maligno de válvula mitral. (27) Una incidencia de muerte súbita por fibrilación ventricular de hasta 40% ha sido descrita para este grupo y el 100% de ellos presenta arritmias de origen fascicular y en

los músculos papilares. (27) La ablación por catéter de estos focos demostró una tasa de éxito elevada (89%), con necesidad de repetir el procedimiento en el 42% de los casos y reducción en los síntomas y en las descargas apropiadas del desfibrilador. (27)

**Importancia de la integración de imágenes.** La integración de imágenes guiada por ecografía intracardíaca representa la piedra angular de este tipo de procedimiento, por diversas razones: (16, 17) permite la visualización directa de estructuras endocavitarias en tiempo real; facilita la navegación del catéter de ablación; ofrece un monitoreo continuo del contacto del catéter en la interfase electrodo-miocardio durante el mapa de estimulación, activación y entrega de energía; posibilita la creación de mapas de activación limitados al MP correspondiente; facilita la marcación de puntos de ablación a ambos lados del MP. En estudios previos, hemos demostrado como el uso de sistemas de mapeo electro-anatómico 3D facilitados por IEC (CARTOSOUND, Biosense-Webster, Inc. Diamond Bar, CA) también representa una herramienta de extrema utilidad. (28)

### Limitaciones

El número de pacientes incluidos en este estudio es limitado, principalmente por tratarse de un tipo de arritmia poco prevalente. Este no es un estudio aleatorizado que compara diferentes fuentes de energía para la ablación de arritmias originadas en los MP. Los pacientes tratados con CRY presentaron una tasa de utilización de ICE mayor que aquellos tratados con RF, sin embargo el ICE no corresponde a un método de tratamiento directo y las variables predictoras de éxito de la ablación (ME; intervalo VEGM-QRS) fueron similares en ambos grupos. No se utilizaron catéteres con sensores de presión (*contact force*) para la ablación ni sistemas de mapeo tridimensional integrado mediante ecografía intracardíaca. Esto habría podido condicionar los resultados de alguna manera.

### CONCLUSIONES

Las arritmias originadas en los MP del VI se asocian con el prolapso de válvula mitral en casi un 20%. El patrón R > r' en la derivación V1, la duración del QRS > 135 mseg. y presencia de transición R/S en las derivaciones precordiales se encontraron entre las características electrocardiográficas más frecuentes. El eje eléctrico y la presencia de complejos positivos o negativos en las derivaciones DI y AVL son útiles para detectar al MP implicado. La ablación por catéter es un tratamiento efectivo y seguro. El uso de crioterapia y IEC se asoció con una menor recurrencia de la arritmia clínica.

### Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses. (Véanse formularios de conflicto de intereses de los autores en la web/Material suplementario).

### Agradecimientos

Laura Gutiérrez, Nicolás Berney. Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

### BIBLIOGRAFÍA

- Good E, Desjardins B, Jongnarangsin K, Oral H, Chugh A, Ebinger M, et al. Ventricular arrhythmias originating from a papillary muscle in patients without prior infarction: A comparison with fascicular arrhythmias. *Heart Rhythm* 2008;5:1530-7. <http://doi.org/dnqj6c>
- Yamada T, Doppalapudi H, McElderry T, Okada T, Murakami Y, Inden Y, et al. Electrocardiographic and electrophysiological characteristics in idiopathic ventricular arrhythmias originating from the papillary muscles in left the left ventricle: Relevance for catheter ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010;3:324-31. <http://doi.org/b2ft4r>
- Nogami A, Naito S, Tada H, Oshima S, Taniguchi K, Aonuma K, et al. Verapamil-sensitive left anterior fascicular ventricular tachycardia: Results of radiofrequency ablation in six patients. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998;9:1269-78. <http://doi.org/c4cptx>
- Van Herendaal H, Zado ES, Haqqani H, Tschabrunn CM, Callans DJ, Frankel DS, et al. Catheter ablation of ventricular fibrillation: importance of left ventricular outflow tract and papillary muscle triggers. *Heart Rhythm* 2014;11:566-73. <http://doi.org/f5v5w6>
- Santoro F, Di Biase L, Hranitzky P, Sanchez JE, Santangeli P, Perini AP, et al. Ventricular fibrillation triggered by PVCs from papillary muscles: clinical features and ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2014;25:1158-64. <http://doi.org/cjbjk>
- Santoro F, Di Biase L, Hranitzky P, Sánchez JE, Santangeli P, Perini AP, et al. Ventricular tachycardia originating from the septal papillary muscle of the right ventricle: electrocardiographic and electrophysiological characteristics. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2015;26:145-50. <http://doi.org/cjbjm>
- Crawford T, Mueller G, Good E, Jongnarangsin K, Chugh A, Pelosi F Jr, et al. Ventricular arrhythmias originating from the papillary muscles in the right ventricle. *Heart Rhythm* 2010;7:725-30. <http://doi.org/bpdver>
- Syed FF, Ackerman MJ, McLeod CJ, Kapa S, Mulpuru SK, Sriram CS, et al. Sites of Successful Ventricular Fibrillation Ablation in Bileaflet Mitral Valve Prolapse Syndrome. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2016;9:e004005. <http://doi.org/cjbn>
- Coggins DL, Lee RJ, Sweeney J, Chein WW, Van Hare G, Epstein L, et al. Radiofrequency catheter ablation as a cure for idiopathic tachycardia of both left and right ventricular origin. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:1333-41. <http://doi.org/bg7f47>
- Madhavan M, Asirvatham SJ. The fourth dimension: endocavitary ventricular tachycardia. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010;3:302-4. <http://doi.org/c7t57c>
- Naksuk N, Kapa S, Asirvatham SJ. Spectrum of Ventricular Arrhythmias Arising from Papillary Muscle in the Structurally Normal Heart. *Card Electrophysiol Clin* 2016;8:555-65. <http://doi.org/cjbjp>
- Kawamura M, Hsu JC, Vedantham V, Marcus GM, Hsia HH, Gerstenfeld EP, et al. Clinical and electrocardiographic characteristics of idiopathic ventricular arrhythmias with right bundle branch block and superior axis: Comparison of apical crux area and posterior septal left ventricle. *Heart Rhythm* 2015;12:1137-44. <http://doi.org/f7ckz9>
- Nogami A. Purkinje-related arrhythmias part II: polymorphic ventricular tachycardia and ventricular fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2011;34:1034-49. <http://doi.org/fjq378>
- Nogami A. Purkinje-related arrhythmias part I: monomorphic ventricular tachycardias. *Pacing Clin Electrophysiol* 2011;34:624-50. <http://doi.org/b8k37p>
- Al'Aref SJ, Ip JE, Markowitz SM, Liu CF, Thomas G, Frenkel D, et al. Differentiation of Papillary Muscle From Fascicular and Mitral Annular Ventricular Arrhythmias in Patients With and Without Structural Heart Disease. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2015;8:616-24. <http://doi.org/f7hbf>

16. Rivera S, Ricapito MP, Tomas L, Parodi J, Bardera Molina G, et al. Results of cryoenergy and radiofrequency-based catheter ablation for treating ventricular arrhythmias arising from the papillary muscles of the left ventricle, guided by intracardiac echocardiography and image integration. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2016;9:e003874. <http://doi.org/cjbbq>
17. Rivera S, Ricapito MP, Espinoza J, Belardi D, Albina G, Giniger A, et al. Cryoablation for ventricular arrhythmias arising from the papillary muscles of the left ventricle guided by intracardiac echocardiography and image integration. *J Am Coll Cardiol EP* 2015;1:509-16. <http://doi.org/cjbr>
18. Deyell MW, Man JP, Supple GE, Hutchinson MD, Frankel DS, Marchlinski FE. ECG Differentiation Of Ventricular Arrhythmias Arising From The Left Posterior Fascicle And Postero-medial Papillary Muscle. *Heart Rhythm* 2012;9:S474.
19. Komatsu Y, Nogami A, Kurosaki K, Morishima I, Masuda K, Ozawa T, et al. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2017;10:e004549. <http://doi.org/cjbs>
20. Nogami A. Purkinje-related arrhythmias part II: polymorphic ventricular tachycardia and ventricular fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2011;34:1034-49. <http://doi.org/fjq378>
21. Nogami A. Purkinje-related arrhythmias part I: monomorphic ventricular tachycardias. *Pacing Clin Electrophysiol* 2011;34:624-50. <http://doi.org/b8k37p>
22. Doppalapudi H, Yamada T, McElderry T, Plumb VJ, Epstein A, Kay N. Ventricular tachycardia originating from the posterior papillary muscle in the left ventricle. A distinct clinical syndrome. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2008;1:23-9. <http://doi.org/c4zktf>
23. Yamada T, McElderry T, Doppalapudi H, Kay N. Ventricular far-field activity may provide a diagnostic challenge in identifying an origin of ventricular tachycardia arising from the left ventricular papillary muscle. *Europace* 2009;11:1403-5. <http://doi.org/c4zktf>
24. Latchamsetty R, Yokokawa M, Morady F, Kim HM, Mathew S, Tilz R, et al. Multicenter outcomes for catheter ablation of idiopathic premature ventricular complexes. *J Am Coll Cardiol EP* 2015;1:116-23. <http://doi.org/dv7gtm>
25. Liu XK, Barrett R, Packer D, Asirvatham SJ. Successful management of recurrent ventricular tachycardia by electrical isolation of anterolateral papillary muscle. *Heart Rhythm* 2008;5:479-82. <http://doi.org/cjbnv>
26. Wo HT, Liao FC, Chang PC, Chou CC, Wen MS, Wang CC, et al. Circumferential ablation at the base of the left ventricular papillary muscles: A highly effective approach for ventricular arrhythmias originating from the papillary muscles. *Int J Cardiol* 2016;220:876-82. <http://doi.org/cjp55r>
27. Syed FF, Ackerman MJ, McLeod CJ, Kapa S, Mulpuru SK, Sriram CS, et al. Sites of Successful Ventricular Fibrillation Ablation in Bileaflet Mitral Valve Prolapse Syndrome. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2016;9:e004005. <http://doi.org/f83dq4>
28. Proietti R, Rivera S, Dussault C, Essebag V, Bernier ML, Ayala-Paredes F, et al. Intracardiac echo-facilitated 3D electroanatomical mapping of ventricular arrhythmias from the papillary muscles: assessing the 'fourth dimension' during ablation. *Europace* 2016;19:21-8. <http://doi.org/cjbn>