

Ablación de arritmias ventriculares originadas en los músculos papilares del ventrículo izquierdo

Mauricio Andrés Mysuta

Servicio de Electrofisiología Cardíaca. Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular (ICYCC) Hospital Universitario Fundación Favaloro.

Resumen. Las arritmias ventriculares (AV) del músculo papilar (MP) en el corazón estructuralmente sano constituyen del 5% al 12% de todas las AV idiopáticas. Esta arritmia comúnmente se presenta como extrasístoles ventriculares (EV), taquicardia ventricular (TV) no sostenida o TV sostenida, con síncope y/o muerte súbita por fibrilación ventricular (FV). El tratamiento de ablación tiene una tasa de éxito de alrededor del 60%. El mapeo de las AV de los MP presentan los siguientes desafíos: 1) actividad no repetitiva por su mecanismo automático o por actividad desencadenada, 2) eficacia limitada de la cartografía, 3) cambios repetidos en la morfología de las arritmias durante mapeo de ritmo, 4) dificultades para obtener un buen contacto entre la punta del catéter y el MP, y 5) requerimiento de ablación en ambos lados del MP para terminar la arritmia. Los objetivos para el éxito de la ablación incluyen: sitios con activación ventricular precoces (<25 o 30ms) pre-QRS, un patrón QS en el canal unipolar local, la presencia de un potencial de Purkinje, y buena estabilidad del catéter. El ecocardiograma intracardíaco (EIC) es esencial para garantizar un contacto adecuado entre el catéter-tejido y brindar una orientación correcta de la punta del catéter durante el mapeo y ablación. El punto final en la ablación de EV/TV es la supresión y la no inducibilidad con isoproterenol o con estimulación ventricular. Los catéteres de ablación por radiofrecuencia (RF) de fuerza de contacto son más fáciles de maniobrar, permiten lesiones más profundas, y son necesarios para crear un mapa de activación electroanatómico. La crioablación puntual surgió como una alternativa para mejorar la adherencia del catéter. Sus desventajas son la menor maniobrabilidad del catéter, la menor profundidad de la lesión y la incapacidad para que proyecte con precisión la punta del catéter sobre el mapa electroanatómico. En nuestra experiencia realizamos 14 ablaciones por RF de AV de los MP derechos e izquierdos. Once pacientes (pts) provenían de los MP izquierdos y 3 pts de los MP derechos. Edad promedio fue de 47 años (+/-19) Seguimiento promedio de 233 meses. Se ablacionaron solo las AV de los MP del ventrículo izquierdo (VI) con un éxito del 63%. A pesar de los desafíos que presentan estas arritmias, con la tecnología adecuada se obtiene un aceptable porcentaje de éxito tratándose de una arritmia potencialmente letal.

Abstract. The Ventricular arrhythmias (VAs) of the papillary muscle (MPs) in the structurally normal heart constitute 5% to 12% of all idiopathic ventricular arrhythmias. This arrhythmia presents as premature ventricular contractions (PVCs), nonsustained ventricular tachycardia (VT), and sustained recurrent VT, syncope and sudden death from ventricular fibrillation (VF). The overall success rate of catheter ablation according to various studies is around 60%. The mapping of the VA of the PMs presents the following challenges: 1) non-repetitive activity due to its automatic mechanism or triggered activity, 2) the limited efficacy of the mapping, 3) repeated changes in the morphology of arrhythmias during rhythm mapping, 4) difficulties in obtaining good contact between the catheter tip and the PMs, and 5) a frequent need for ablation on both sides of the MP to terminate the arrhythmia. Goals for ablation success include: ventricular activation sites less than 25 or 30 ms pre-QRS, a QS pattern in the local unipolar canal, the presence of a Purkinje potential, and good catheter stability. Intracardiac echocardiography (ICE) is essential to ensure adequate contact between the catheter and tissue and to provide correct orientation of the catheter tip during mapping and ablation. The end point of ablation is VT/PVCs is suppression and non-inducibility with isoproterenol or ventricular pacing. The end point in VT / PVCs ablation is suppression and non-inducibility with isoproterenol or ventricular pacing. The contact force ablation radiofrequency catheters, sensor enabled are easier to maneuver, allow deeper injuries, and are necessary to create an electroanatomic activation map. Cryoablation emerged as an alternative to improve catheter adherence. Its disadvantages are: less maneuverability of the catheter, less depth of injury, and inability to accurately project the tip of the catheter onto the electroanatomic map. In our experience, we performed 14 radiofrequency ablations of VA of the right and left PMs. Eleven patients (pts) provided the left PMs and 3 of the right PMs- within the left PMs: 7 pts came from the posteromedial PMs, 3 pts from the anterolateral PMs and 1 pt from the anteroseptal PMs. Average age was 47 years (+/- 19) Average follow-up of 233 months. We did ablation of only VAs of PM in VI with a successful of 63%. Only the VAs of the LV MP were ablated with a success of 63%. Despite the challenges presented by these arrhythmias, with adequate technology an acceptable success rate is obtained in spite of be a potentially lethal arrhythmia.

Introducción

Las AV del MP en el corazón estructuralmente sano constituyen del 5% al 12% de todas las TV idiopáticas. Afectan a los adultos, de cualquier sexo y en un amplio rango de edad (a menudo compromete a adultos mayores, edad media 50 a 60 años). Puede ser espontánea o ser inducidas por el ejercicio. Esta arritmia comúnmente se expresa como EV, pero también puede presentarse como TV no sostenida o TV sostenida, manifestándose clínicamente en este último caso como pre-síncope o síncope. Otra forma de presentación puede ser la muerte súbita por FV desencadenada por EV en pacientes con corazones estructuralmente normales. El advenimiento del mapeo electroanatómico, pero sobre todo de la EIC ha mejorado los resultados de la ablación al

permitir la visualización en tiempo real de los MP lo que lleva a mejorar la localización de AV.

Anatomía y fisiología

En el VI los MP protruyen como dedos hacia la cavidad. Cada uno proporciona cuerdas tendinosas para ambas valvas mitrales y sus nombres están dados por su relación con los mismos, como medial y lateral; así el músculo papilar anterolateral (MPA) se origina de la pared anterolateral del VI y proporciona cuerdas tendinosas a la porción anterolateral de las válvulas mitrales anterior y posterior, está formado generalmente por una sola cabeza y su irrigación depende de la arteria descendente anterior como también de la circunfleja (ramo marginal). El músculo papilar posteromedial (MPP) se origina en la pared inferoseptal del VI y proporciona cuerdas tendinosas a la mitad posteromedial de ambas valvas. Está formado por 2 cabezas o cuerpos y está irrigado por la arteria descendente posterior, rama de

Correspondencia: Dr. Mauricio Mysuta

Email: mmysuta@gmail.com

Recibido: 11/03/2020 Aceptado: 03/04/2020

la coronaria derecha en el 90% de los casos y la circunfleja en el 10% restante.¹⁻⁴ Los músculos papilares juegan un papel importante en la función de las válvulas auriculoventriculares. Durante la sístole los MP se contraen antes que la contracción de la pared del ventrículo izquierdo, lo que resulta en la aposición y cierre de las valvas limitando así el flujo retrógrado de las los ventrículos a las aurículas. Si un latido ectópico (extrasístole) provoca la contracción de la pared del VI antes de los MP se producirá en algún grado insuficiencia valvular

Histología

Los MP se componen de miocitos ventriculares y una red subendocárdica ricas en fibras de Purkinje cubierto por una capa de endotelio. Estas conexiones ocurren en una zona localizada en la base del MP.⁵ Esto explica porque en áreas sin conexión directa con la red Purkinje puedan ser mapeadas distintos potenciales durante la ablación.

Etiología y mecanismo

Las AV originadas en los MP son poco frecuentes. El MPP es más común en la génesis de EV que el MPA y se ha descrito tanto en corazones estructuralmente sanos como también en corazones enfermos. Las AV idiopáticas del MP son frecuentemente sensibles a catecolaminas, no son inducibles por estimulación programada y no se pueden encarrilar en el laboratorio de electrofisiología, lo que sugiere un mecanismo de actividad gatillada o automaticidad anormal. Se postula que en el MP existe una disminución del acoplamiento de las células de Purkinje con las células del miocardio vecino lo que podrían facilitar la automaticidad o actividad desencadenada. Además, el abrupto cambio en la orientación de las fibras o en las uniones (músculo ventricular- Purkinje) en la base del MP puede estar asociado con retrasos de conducción y micro-reentrada.^{4,6} Los MP también pueden estar involucrados en AV después del infarto, y es probable que el mecanismo en estos casos sea reentrante como en otras arritmias relacionadas con cicatrices. Las siete características claves de las arritmias del MPP incluye: 1) electrocardiograma basal normal; 2) patrón de bloqueo de rama derecha con eje superior; 3) una incapacidad para inducir AV con estimulación programada; 4) incapacidad para encarrilar; 5) inducibilidad con isoproterenol; 6) activación más temprana en el músculo papilar; y 7) ausencia de potenciales de alta frecuencia en el sitio de la arritmia.^{7,8} Otras características clínicas son: 1) rara vez causan TV sostenida; 2) a menudo se asociaron con el ejercicio y 3) generalmente conlleva un pronóstico benigno pero en algunos casos puede desencadenar miocardiopatías y fibrilación ventricular.⁹

Características electrocardiográficas

Las AV que surgen de los MP generalmente demuestran una morfología de bloqueo de rama derecha (BRD) con transición en derivaciones V3-V5 y discordancia en derivación inferiores (negativo en el DII, positivo en DIII).¹⁰ Las arritmias que provienen del MPP muestra una morfología BRD, eje superior (negativo en las derivaciones II y III), y transición en las derivaciones V3-V5. La muesca de la onda R a menudo está presente en más de tres derivaciones precordiales consecutivas, en derivaciones V5 y V6 ausencia

de ondas Q, y generalmente con un complejo rS en V6.

Las AV del MPA presentan también una morfología de BCRD con un eje inferior con transición precordial entre V3 y V5 incluido. También hay un complejo qR o qr en derivación aVR y un complejo rS en V6. Se deben distinguir las arritmias originadas de los MP con otras arritmias idiopáticas del VI, como son las arritmias fasciculares o del anillo mitral que también presentan un patrón de BRD en el ECG.^{8,11} (Tabla1)

Las arritmias que provienen del anillo mitral, debido a su ubicación basal, a menudo pueden tener un QRS más ancho, mostrar concordancia positiva pero también presentar complejos Rs en V5 y V6.

Estudios de imagen

Taquicardias ventriculares fasciculares	Taquicardias Ventriculares MP
Complejo QRS menos ancho (127 +/-11ms)	Complejo QRS más ancho (150 +/-15)
Patrón rsR en la derivación V1	No está presente el patrón rsR en la derivación V1
Suelen tener un onda q pequeña en la derivación I o en la derivación aVL (qR o qRs	Suelen tener un onda R o patrón monofásico en derivación I o aVL

Tabla 1.

La resonancia magnética cardiaca y el ecocardiograma intracardiaco (EIC) son las herramientas más eficaces para evaluar la anatomía cardiaca y posibles anomalías. El EIC es esencial para garantizar un contacto adecuado entre el catéter y el tejido y de brindar una orientación correcta de la punta del catéter durante el mapeo y ablación. Además se pueden identificar un aumento de la ecogenicidad de los MP, lo que sugiere un área focal de cicatriz que generalmente puede corresponder al sitio de origen de la arritmia. Proietti y col. describió una serie de 16 casos sometidos a ablación por RF en los MP asistidos por EIC lo que permitió mejorar la tasa de éxito de 28,5% a 62,5%.^{8,12} Bogun et al. también utilizo el EIC para evaluar el contacto del catéter con el MP mejorando la tasa de éxito del procedimiento.^{8,13}

Tratamiento

En general, el tratamiento médico farmacológico ya sea con betabloqueantes con antiarrítmicos de clase I o III no es eficaz para el tratamiento de estas arritmias originadas en el MP, y solo queda indicado en situaciones donde la ablación con catéter no es factible o exitosa. La tasa de éxito general de la ablación con catéter varía de acuerdo a diferentes estudios publicados. Un estudio multicéntrico reciente informó una tasa de éxito alrededor del 60% en comparación con la ablación de otras AV idiopáticas.¹⁴

Ablación

El mapeo de las AV del MP presenta diferentes desafíos, por un lado debido a su mecanismo automática o por actividad desencadenada no tendremos actividad repetitiva en forma sostenida, por otro lado al ser una estructura que prolapsa hacia la cavidad hace difícil el contacto una vez ubicado el

origen de la arritmia. Otro problema es el cambio de morfología que puede presentar por su origen intramiocárdico en estrecha relación con el Purkinje.^{15,16} Desde 2008, se han desarrollado algoritmos que permiten diferenciar distintas morfologías de la arritmia para ayudar a hacer un mapeo de un mismo latido y no producirse un mapa que contenga puntos de mapeo de diferentes latidos. Esto se refleja en las crecientes tasas de éxito de la ablación observadas, que se demuestran mejor en el estudio de Chang et al. que demuestra 100 % de éxito libre de AV a largo plazo en este tipo de arritmias con múltiples morfologías.^{8,16}

Por lo tanto, los primeros cuatro desafíos para la ablación de la TV de los MP son: 1) la eficacia limitada de la cartografía; 2) cambios repetidos en la morfología de las arritmias durante mapeo de ritmo; 3) dificultades para obtener un buen contacto entre la punta del catéter y el MP; y 4) una necesidad frecuente de ablación en ambos lados del MP para terminar la arritmia.

Potenciales precoces

Existen informes contradictorios sobre la presencia y utilidad de potenciales precoces o tempranos que se visualizan durante la ablación. Yamada et al. observaron potenciales de alta frecuencia en los sitios de ablación durante la TV y potenciales tardíos aparentemente idénticos en el mismo

sitio, respectivamente, en ritmo sinusal.⁷ Ello sugirió que los potenciales pueden usarse como marcadores de éxito para la ablación. Ban y col. señalaron que los potenciales de baja frecuencia pueden representar la detección de campo lejano de AV en una zona profunda de miocardio.¹⁷ Los estudios en pacientes con cardiopatía isquémica y AV del MP no presentan estos potenciales de alta frecuencia, tal vez debido a la presencia de tejido cicatricial. En un 40% de los casos se puede registrar un potencial en el sitio del catéter de ablación, lo que sugiere la participación del sistema de Purkinje en el mecanismo arritmogénico. En el sitio de ablación, a veces, se puede evidenciar un potencial tardío en el ritmo sinusal que se convierte en un potencial presistólico durante TV o EV. Este hallazgo a menudo coexiste con evidencia de cicatriz a nivel del MP (bajo voltaje y potenciales tardíos en el ritmo sinusal), ya sea por RM cardíaca o por hiperecogenicidad en EIC.

Los objetivos para el éxito de la ablación incluyen: sitios con activación ventricular de menos de 25 o 30 ms pre-QRS, un patrón QS en el canal unipolar local, la presencia de un potencial de Purkinje, y buena estabilidad del catéter (Figura 1).

Las 2 modalidades energéticas principales para la ablación de AV de los MP son radiofrecuencia (RF) y crioablación (Crio). La mejor estrategia en la mayoría de los casos es



Figura 1. Registro de Precocidad de 25mseg al comienzo de la Extrasístole ventricular con registro QS en el canal mono polar, con potencial de Purkinje en catéter de ablación (caso de Fundación Favaloro).

	Edad	TV Sostenida	Cardiopatía	Ejercicio Isoproterenol	MP Superior	Focal
Yamada (N:6)	39-78	20%	0%	100%	100%	100%
Abouezzedine (N:5)	53-82	100%	100%	-	20%	20%
Doppalapudi (N:7)	42-82	28%	28%	100%	0%	100%
Good (N:9)	57	0%	44%	-	18%	100%

	EIC	Precocidad	TP 12/12	Irrigado	Éxito	Complicaciones	Recurrencia
Yamada (N:6)	100%	18-35ms	5/6	5/6	100%	0%	33%
Abouezzedine (N:5)	100%	Mapa encarrilam.	-	0/5	100%	0%	-
Doppalapudi (N:7)	0%	26-32ms	7/7	7/7	100%	0%	0%
Good (N:9)	100%	34ms (+/- 15)	10/11	10/11	100%	0%	11%

Tabla 2. Resultados de la ablación de MP por diferentes autores

comenzar con RF como enfoque inicial utilizando un catéter de ablación con capacidades de fuerza de contacto (FC), que no solo proporciona información de la FC sino que también muestra la orientación del vector del catéter. Los catéteres de ablación por RF son más fáciles de maniobrar, permiten lesiones más profundas, y son necesarias para crear un mapa de activación electroanatómico (Figura 2). La aplicación de RF se entrega con 30–50 W de potencia con temperatura limitada a 42 C. Se recomienda comenzar con menor potencia (20 W) en la base del MP a nivel de la intersección con la pared libre de VI debido a la posibilidad de rotura del mismo. Normalmente se aplica RF durante 60–90 segundos; sin embargo, para sitios sospechosos de

estar más profundos en el miocardio, es posible que se necesiten lesiones más largas (4–5 minutos). A menudo, se requiere varias lesiones de RF en diferentes partes de la MP para eliminar completamente la arritmia. Debido a este fenómeno, el ECG de 12 derivaciones debe ser monitoreado en todo momento debido a los cambios en la morfología del QRS después de las aplicaciones iniciales de RF, lo que sugiere un cambio en la salida del sitio de la arritmia teniendo que reposicionar el catéter de ablación y mapear un sitio diferente^{4,8}. El punto final de la ablación es TV o EV es la supresión y la no inducibilidad con isoproterenol o con estimulación ventricular. Wo y col. informó su experiencia con la ablación por RF utilizando catéteres irrigados con

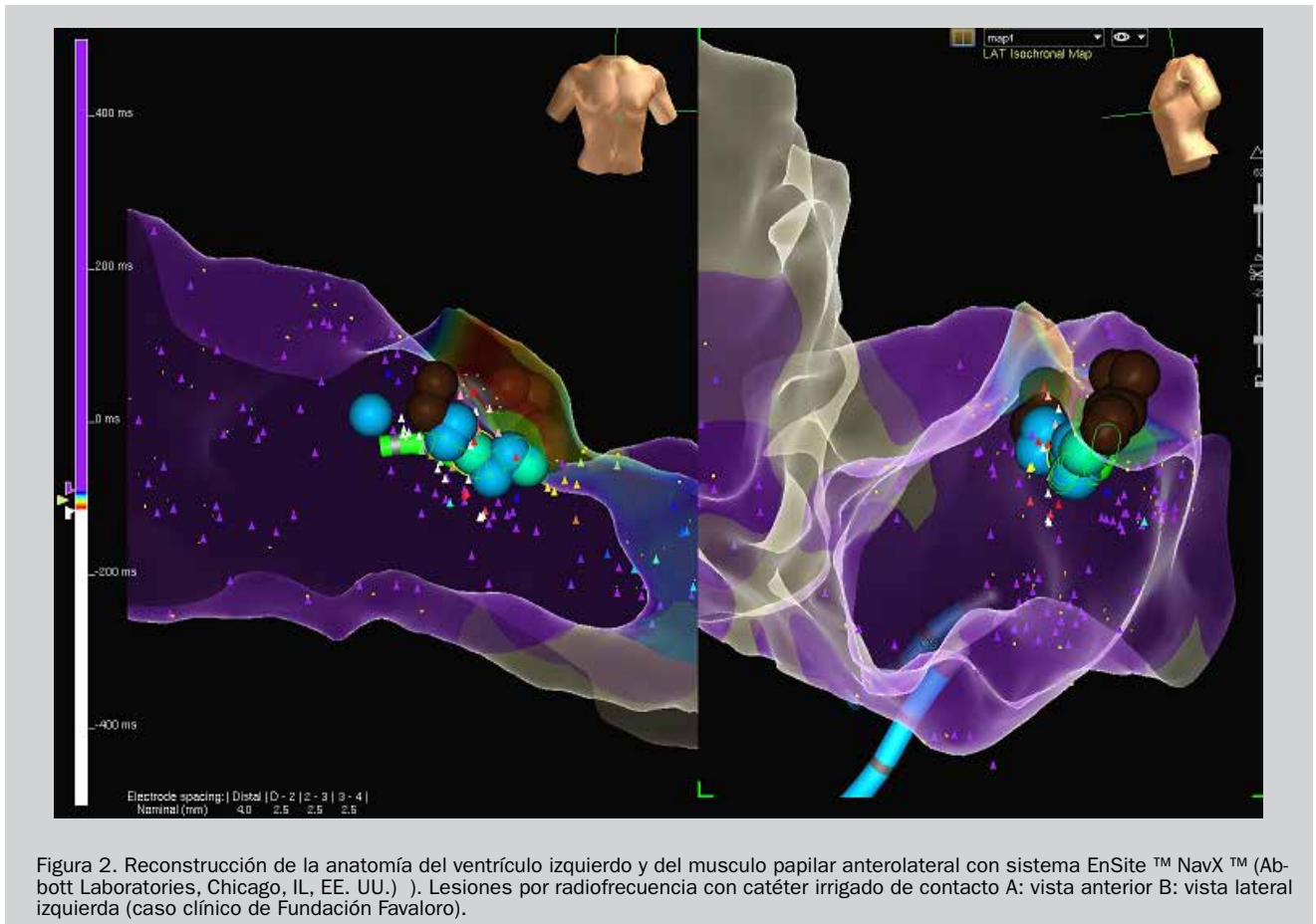


Figura 2. Reconstrucción de la anatomía del ventrículo izquierdo y del musculo papilar anterolateral con sistema EnSite™ NavX™ (Abbott Laboratories, Chicago, IL, EE. UU.) . Lesiones por radiofrecuencia con catéter irrigado de contacto A: vista anterior B: vista lateral izquierda (caso clínico de Fundación Favaloro).

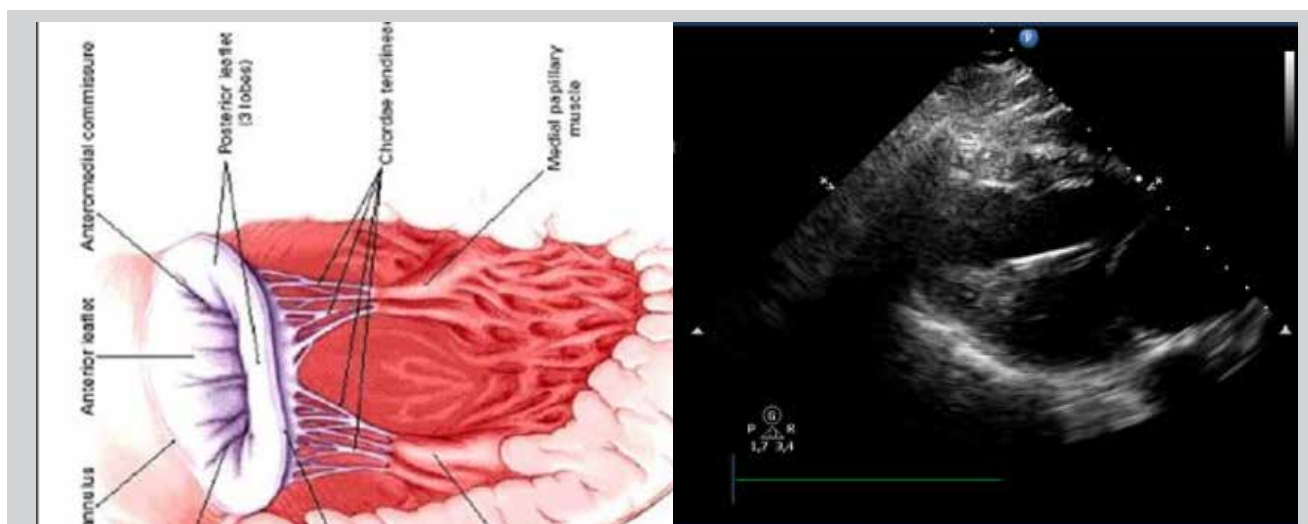


Figura 3. Imagen de ecocardiograma intracardiaco: se observa músculo papilar anterolateral y sombra acústica del catéter de crioblación a nivel de la cabeza del músculo papilar anterolateral con adecuado apoyo, contacto y estabilidad (caso clínico de Fundación Favaloro).

técnicas de ablación circunferencial de la base del MP. 18 En un seguimiento medio de 20 meses, ellos tuvieron una tasa de recurrencia del 0%. En la tabla 2 se muestran los resultados de diferentes estudios que incluyeron pts con AV con origen en los MP.

La crioablación puntual surgió como una alternativa para mejorar la adherencia debido a las contracciones vigorosas de los MP en los pacientes con AV originadas en estas estructuras (Figura 3).^{19,20} Las desventajas son la menor maniobrabilidad del catéter, la reducción de la profundidad de la lesión y la incapacidad para que proyecte con precisión la punta del catéter sobre el mapa electroanatómico. Rivera y col. informó una pequeña serie de casos exitosos con crioablación de AV con origen en los MP en el año 2015.¹⁹ Diez pacientes fueron sometidos a crioablación registrando un éxito del 100%, con una recurrencia en 1 paciente (pt) en un seguimiento a 20 meses

En nuestra experiencia realizamos 14 ablaciones por RF de arritmias ventriculares de los músculos papilares derechos e izquierdos. Once provenían de los MP izquierdos y 3 de los MP derechos- Dentro de los MP izquierdos: 7 pts provenían del MP posteromedial, 3pts del MP anterolateral y 1 pt del MP anteroseptal. Edad promedio fue de 47 años (± 19) Seguimiento promedio de 233 meses. Se utilizó para mapeo y ablación de la arritmia: sistema de navegación tridimensional no radioscópico (navx SITE), catéter de 8 mm, irrigados/no irrigados con fuerza de contacto y criocatóter. La forma de presentación fue como extrasístoles ventriculares frecuentes (>20%) en 7 pts y 4 pts además presentaban TV. El éxito de la ablación fue (63%), 3pts se perdieron en el seguimiento.

Conclusión

Las AV originadas en los MP es un desafío continuo para el electrofisiólogo, debido a la dificultad para el apoyo del catéter, los múltiples cambios que la arritmia presenta durante la aplicación y la necesidad de utilizar la tecnología necesaria para poder abordar el sitio de interés. Es por eso que la ablación debe ser asistida por imágenes, ya sea EIC, RMI cardiaca o una combinación de ambas. Se debe realizar la localización de la arritmia ventricular a través de una

combinación de mapa de activación y potenciales precoces en ritmo sinusal. Se debe comenzar la ablación por RF con catéter irrigado con la activación más temprana al inicio del QRS. Se recomienda catéteres irrigados con FC debido al mayor éxito que se obtiene al generar lesiones de miocardio más profundas. La crioablación es una alternativa que aporta mayor estabilidad del catéter a la hora de la aplicación. La tasa de éxito de la ablación es aceptable tratándose de una arritmia potencialmente letal.

Referencias

- Dal-Bianco JP, Levine RA. Anatomy of the mitral valve apparatus: role of 2D and 3D echocardiography. *Cardiol Clin* 2013; 31:151-164.
- Loukas M, Klaassen Z, Tubbs RS, Derderian T, Paling D, Chow D, Patel S, Anderson RH. Anatomical observations of the moderator band. *Clin Anat* 2010; 23:443-450.
- Santoro F, Di Biase L, Hranitzky P, et al. Ventricular tachycardia originating from the septal papillary muscle of the right ventricle: electrocardiographic and electrophysiological characteristics. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2015; 26(2):145-150.
- Andres Enriquez, MD, Gregory E. Supple, MD, FHRS, Francis E. Marchlinski, MD, FHRS, Fermin C. Garcia, MD How to map and ablate papillary muscle ventricular arrhythmias From the Section of Cardiac Electrophysiology, Hospital of the University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania <http://dx.doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.06.036>
- Rawling DA, Joyner RW, Overholt ED. Variations in the functional electrical coupling between the subendocardial Purkinje and ventricular layers of the canine left ventricle. *Circ Res* 1985; 57:252-261.
- Li ZY, Wang YH, Maldonado C, Kupersmith J. Role of junctional zone cells between Purkinje fibres and ventricular muscle in arrhythmogenesis. *Cardiovasc Res* 1994; 28:1277-1284.
- Doppalapudi H, Yamada T, McElderry HT, Plumb VJ, Epstein AE, Kay GN. Ventricular tachycardia originating from the posterior papillary muscle in the left ventricle: a distinct clinical syndrome. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2008;1(1):23-29.
- Joseph A. Donnelly, MD1, APoor Patel, MD1, and Stuart J. Beldner, MD1 Ventricular Arrhythmia Originating from the Left Ventricular Papillary Muscles: Clinical Features and Technical Aspects The Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management, 9 (2018), 3006-3013
- Yamada T, Tabereaux PB, Doppalapudi H, McElderry HT, Kay GN. Successful catheter ablation of a ventricular tachycardia storm originating from the left ventricular posterior papillary muscle involved with a remote myocardial infarction. *J Interv Card Electrophysiol*. 2009; 24(2):143-145
- Good E, Desjardins B, Jongnarangsin K, et al. Ventricular arrhythmias originating from a papillary muscle in patients without prior infarction: a comparison with fascicular arrhythmias. *Heart Rhythm*. 2008;5(11):1530-1537.
- Deyell M, Man J, Supple G, Hutchinson M, Frankel D, Marchlinski F. ECG differentiation of ventricular arrhythmias arising from the left posterior fascicle and posteromedial papillary muscle. *Heart Rhythm*. 2012; 9:S474.
- Proietti R, Rivera S, Dussault C, et al. Intracardiac echocardiogram

- 3D electroanatomical mapping of ventricular arrhythmias from the papillary muscles: assessing the 'fourth dimension' during ablation. *Europace*. 2017; 19(1):21–28.
13. Bogun F, Desjardins B, Crawford T, et al. Post-infarction ventricular arrhythmias originating in papillary muscles. *J Am Coll Cardiol*. 2008; 51(18):1794–1802.
14. Latchamsetty R, Yokokawa M, Morady F, et al. Multicenter outcomes for catheter ablation of idiopathic premature ventricular complexes. *J Am Coll Cardiol EP* 2015; 1:116–23.
15. Yamada T, Doppalapudi H, McElderry HT, et al. Electrocardiographic and electrophysiological characteristics in idiopathic ventricular arrhythmias originating from the papillary muscles in the left ventricle: relevance for catheter ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2010; 3(4):324–331.
16. Chang YT, Lin YJ, Chung FP, et al. Ablation of ventricular arrhythmia originating at the papillary muscle using an automatic pacemapping module. *Heart Rhythm*. 2016; 13(7):1431–1440.
17. Ban JE, Lee HS, Lee DI, et al. Electrophysiological characteristics related to outcome after catheter ablation of idiopathic ventricular arrhythmia originating from the papillary muscle in the left ventricle. *Korean Circ J* 2013; 43(12):811–818.
18. Wo HT, Liao FC, Chang PC, 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: 876–882.
19. Rivera S, Ricapito M de L, Tomas L, 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.
20. Gordon J, Zado E, Hutchinson M, Garcia F, Santangeli P, Betensky B, Fahed J, Mendelson T, Shaw G, Supple G. Effectiveness of cryoablation on papillary muscle PVCs and VT after radiofrequency has failed. *Heart Rhythm* 2016; 13:PO06–PO150