

Experiencia 2007-2014 con crioablación de arritmias por catéter

¿Tiene este método algún rol en pacientes con insuficiencia cardíaca?

Jorge González Zuelgaray^{1,2}, América Pérez², Ariel E. Szyszko², Claudio Muratore¹,
Fernando de Valais¹

Resumen

Luego de más de dos décadas de las publicaciones iniciales con radiofrecuencia para el tratamiento de las arritmias cardíacas, nuestro grupo se encuentra próximo a alcanzar los 7 años de experiencia con crioablaciones por catéter. Cuando el 8 de Agosto de 2007 realizamos las dos primeras crioablaciones de Sudamérica, lejos estábamos de imaginar que este método nos iba a permitir tratar un número tan significativo de pacientes de diferentes edades con un grado de seguridad prácticamente ideal. El tratamiento de las arritmias cardíacas es obtenido usualmente por la aplicación de radiofrecuencia. Desafortunadamente, los abordajes son todavía muy operador-dependientes: el porcentaje de éxito está relacionado a la experiencia y al número de procedimientos realizados y están asociados con un significativo porcentaje de eventos adversos: embolismo, taponamiento, fístula atrio-esofágica, taquicardias auriculares izquierdas, etc. La crioablación por catéter produce un menor número de las complicaciones mencionadas. De hecho, la crioenergía ha sido propuesta como una alternativa segura, con resultados comparables a la radiofrecuencia. Realmente, ha sido demostrado que es menos trombogénica y está asociada con un muy bajo riesgo de complicaciones. Dado el interés de los lectores de esta revista por la insuficiencia cardíaca, en el presente artículo haremos una reseña acerca de las características peculiares de esta tecnología y de nuestra casuística para finalmente concentrarnos en su rol en una población con falla hemodinámica.

Insuf Card 2014;(Vol. 9) 3: 112-119

Palabras clave: Crioablación de arritmias cardíacas - Ablación por radiofrecuencia - Efectos adversos - Complicaciones

Summary

Experience 2007 to 2014 with catheter cryoablation for cardiac arrhythmias Does this method a role in patients with heart failure?

After more than two decades of early reports using radiofrequency for the treatment of cardiac arrhythmias, our group is near to reach 7 years of experience with catheter cryoablation. When the August 8, 2007 we made the first two balloon cryoablations of South America, we were far from imagining that this method would allow us to treat such a significant number of patients of various ages with a degree of security almost ideal. Treatment of cardiac arrhythmias is usually obtained by the application of radio frequency. Unfortunately, the approaches are still very operator-dependent: the success rate is related to the experience and the number of procedures performed and is

¹ Sanatorio de la Trinidad San Isidro. San Isidro. Buenos Aires. República Argentina.

² Instituto de Investigaciones Cardiológicas "Prof. Dr. Alberto C. Taquini". Facultad de Medicina. Universidad de Buenos Aires (UBA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Ciudad de Buenos Aires. República Argentina.

Correspondencia: Dr. Jorge González Zuelgaray.
Marcelo T. de Alvear 2346. CP: 1122. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.
Teléfono: (5411) 4801-9451 FAX: (5411) 4801-7446
E-mail: jgz1953@hotmail.com

Recibido: 23/05/2014

Aceptado: 11/08/2014

associated with a significant percentage of adverse events: embolism, cardiac tamponade, atrioesophageal fistula, left atrial tachycardia, etc. Catheter cryoablation produces fewer complications mentioned. In fact, cryoenergy has been proposed as a safe alternative to radiofrequency comparable results. Actually, it has been shown to be less thrombotic and is associated with a very low risk of complications. Given the interest of the readers of this journal by heart failure, in this article we review about the peculiar characteristics of this technology and our series to finally focus on its role in a population with hemodynamic failure.

Keywords: Cryoablation of cardiac arrhythmias - Radiofrequency ablation - Adverse effects - Complications

Resumo

Experiência 2007-2014 com a crioablação de arritmias por cateter ¿Será que este método tem um papel em pacientes com insuficiência cardíaca?

Depois de mais de duas décadas das publicações iniciais com o uso de radiofrequência para o tratamento de arritmias cardíacas, nosso grupo está prestes a chegar a 7 anos de experiência com crioablações por cateter. Quando a 8 de Agosto de 2007, realizamos as duas primeiras crioablações da América do Sul, estávamos longe de imaginar que este método nos permitiria tratar um número tão significativo de pacientes de diferentes idades, com um grau de segurança praticamente ideal. O tratamento de arritmias cardíacas é normalmente obtido através da aplicação de radiofrequência. Lamentavelmente, as abordagens são ainda muito operador-dependente: a taxa de sucesso está relacionado com a experiência e o número de procedimentos realizados e estão associados com um percentagem significativo de eventos adversos: embolia, tamponamento cardíaco, fístula átrio-esofágica, taquicardias atriais esquerdos, etc. A crioablação por cateter gera um menor número de complicações mencionadas. De fato, a crioenergia tem sido proposta como uma alternativa segura com resultados comparáveis com a radiofrequência. Realmente, tem-se mostrado ser menos trombotogênica e está associada com um muito baixo risco de complicações. Dado o interesse dos leitores desta revista por a insuficiência cardíaca, neste artigo vamos ter uma revisão das características particulares desta tecnologia e nossa série para finalmente nos concentrar em seu papel em uma população com insuficiência hemodinâmica.

Palavras-chave: Crioablação de arritmias cardíacas - Ablação por radiofrequência - Efeitos adversos - Complicações

Introducción

Transcurridas más de dos décadas de las publicaciones iniciales con radiofrecuencia para el tratamiento de las arritmias cardíacas, nuestro grupo se encuentra próximo a alcanzar los 7 años de experiencia con crioablações por catéter. Cuando el 8 de Agosto de 2007 realizamos las dos

primeras crioablações de Sudamérica, lejos estábamos de imaginar que este método nos iba a permitir tratar un número tan significativo de pacientes de diferentes edades con un grado de seguridad prácticamente ideal. Dado el interés de los lectores de esta revista por la insuficiencia cardíaca, en el presente artículo haremos una reseña acerca de las características peculiares de esta

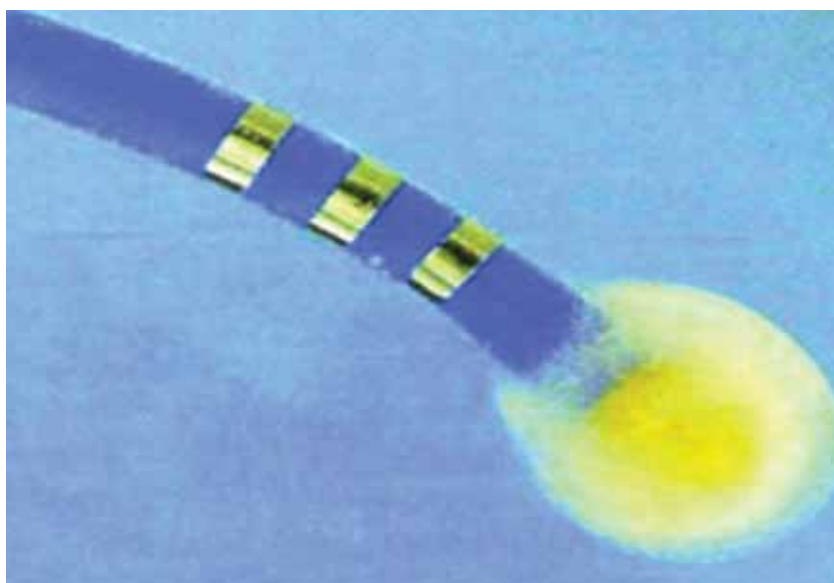


Figura 1. Formación de una esfera de hielo rodeando el extremo distal del catéter de crioablación de un solo punto.

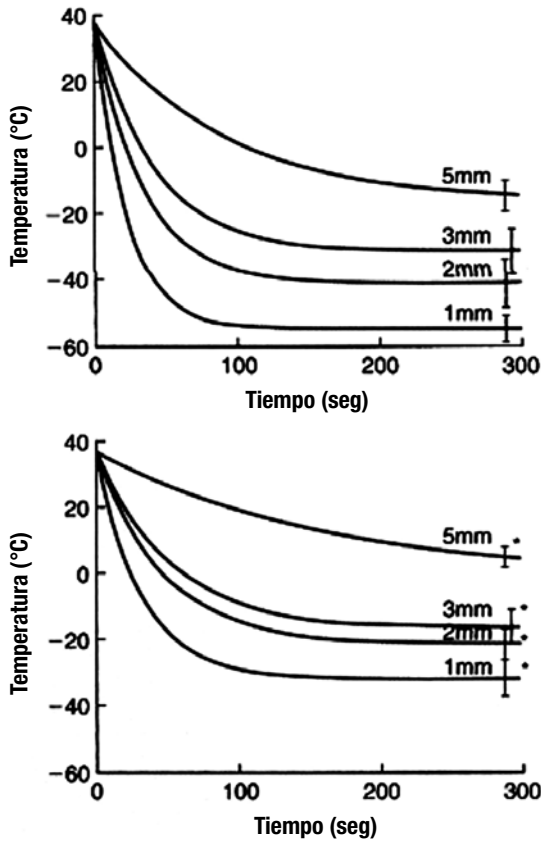


Figura 2. La máxima disminución de la temperatura ocurre en los primeros 60 segundos y a la menor distancia del extremo distal del catéter, con atenuación a medida que aumenta la distancia. Esto es más evidente en ausencia de flujo (gráfico superior). Adaptado de Wood MA et al. PACE 2007; 30:644-54.

tecnología y de nuestra casuística para finalmente concentrarnos en su rol en una población con falla hemodinámica.

Aspectos generales de la crioablación por catéter

Aspectos físicos de la crioablación

El efecto Joule-Thompson (o Joule-Kevin), basado en el enfriamiento que experimenta un refrigerante cuando es sometido a una reducción en la presión, constituye el mecanismo que subyace en la crioterapia en sus diferentes formas. El óxido nítrico líquido presurizado es entregado desde la crioconsola al extremo distal del catéter a través de un delgado tubo, y antes de llegar a la cámara de expansión distal (que se encuentra al vacío) ocurre una presurización adicional que aumenta aún más la caída de la temperatura. Seguidamente, el refrigerante líquido enfriado se evapora por la absorción del calor proveniente del extremo distal que se encuentra en contacto con los tejidos y ocurre el cambio del estado líquido al estado gaseoso. En este proceso, el vapor a mayor temperatura vuelve a la crioconsola a través de un conducto que se mantiene al vacío.

La hipotermia, hasta una cierta temperatura, produce un efecto transitorio que desaparece con el calentamiento que produce el flujo normal de sangre¹. La formación de hielo alrededor del extremo distal del catéter de ablación (Figuras 1) y el posterior calentamiento tienen su máximo efecto en la interfase entre el extremo distal del catéter y el tejido (Figuras 2 y 3), donde las temperaturas se encuen-

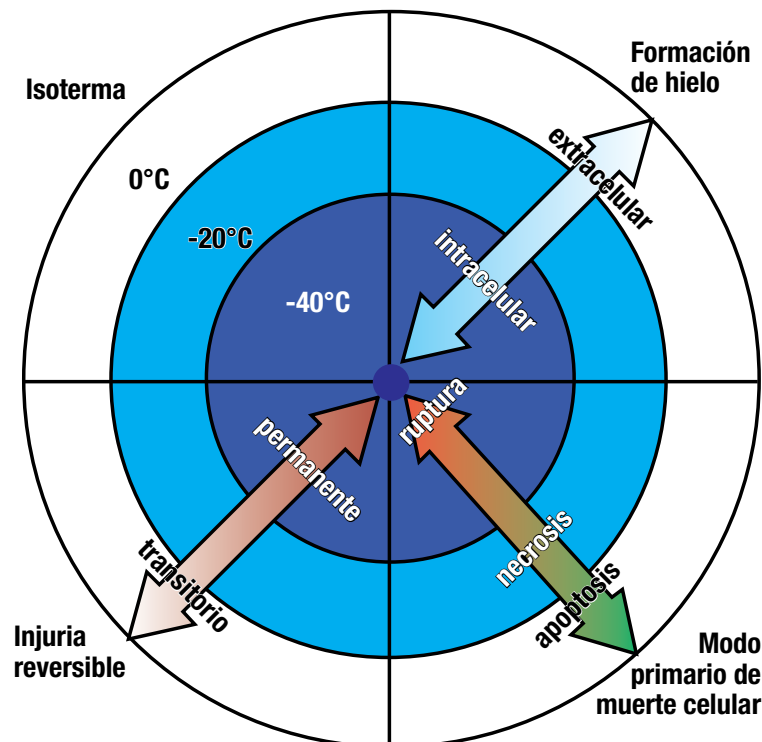


Figura 3. Desde el sitio de contacto del electrodo distal con el tejido hacia la periferia se observa una progresiva elevación de la temperatura a la vez que se pasa de lesiones irreversibles a lesiones transitorias. Adaptado con autorización de Snyder KK et al. Mechanisms of cryoablation. En, Bredikis AJ y Wilber DJ: Cryoablation of cardiac arrhythmias, Elsevier, 2011.

tran por debajo de 0°C^{2,3}. En estos efectos son importantes el contacto adecuado con el tejido, la longitud del electrodo distal del catéter (Figura 4)⁴ y la “crioadherencia”, que asegura la estabilidad del catéter (sin necesidad de monitorear su ubicación radiológica) y a la vez permite crear lesiones de menor tamaño. Esto es importante en las siguientes situaciones: 1) cuando el catéter se encuentra en una posición de la que tiende a desplazarse durante la taquicardia o muy comúnmente, en el momento de la interrupción de la arritmia (lo que, con radiofrecuencia, ocasiona lesiones parciales con altas tasas de recidiva o, lo que es más grave, una lesión no deseada de alguna estructura como las vías de conducción que, en zonas con localización endocárdica, no requieren una emisión de energía prolongada para sufrir un daño definitivo); ó 2) cuando el sustrato de la arritmia se encuentra próximo a áreas críticas como el haz de His o los nódulos sinusal o aurículo-ventricular (AV).

Efectos histopatológicos

A medida que desciende la temperatura, se producen cristales de hielo que crean un desbalance osmótico, deshidratación celular, ruptura de membranas, de las mitocondrias

y del núcleo celular².

El efecto eléctrico del criomapeo es reversible por definición, lo cual es sumamente ventajoso ya que permite analizar la eficacia y la seguridad de la emisión de crioenergía en el sitio donde se encuentra el extremo distal del catéter. Esto no significa que siempre será reversible la lesión creada por el criomapeo si el sustrato es extremadamente subendocárdico (como es característico de las vías aurículo-fasciculares, por ejemplo).

Las lesiones creadas por crioablación tienen algunas peculiaridades interesantes. Por un lado, son de bordes más nítidos (Figura 5) y en su interior son más homogéneas (con menor riesgo arritmogénico).

El potencial embolígeno es menor, ya que hay menos formación de trombos con la crioenergía, como lo demostraron Khairy y col., quienes observaron formación de trombo en el 30,1% de las criolesiones vs el 75,8% de las lesiones creadas con radiofrecuencia (p<0,0005)⁵. Por otra parte, como consecuencia de la crioadherencia ya mencionada, las lesiones son de menor tamaño en comparación con la radiofrecuencia (al no existir el efecto de “cepillado” del catéter durante los movimientos de las cavidades cardíacas).

Cabe destacar que al no haber “pops” (*steam pops*: “es-

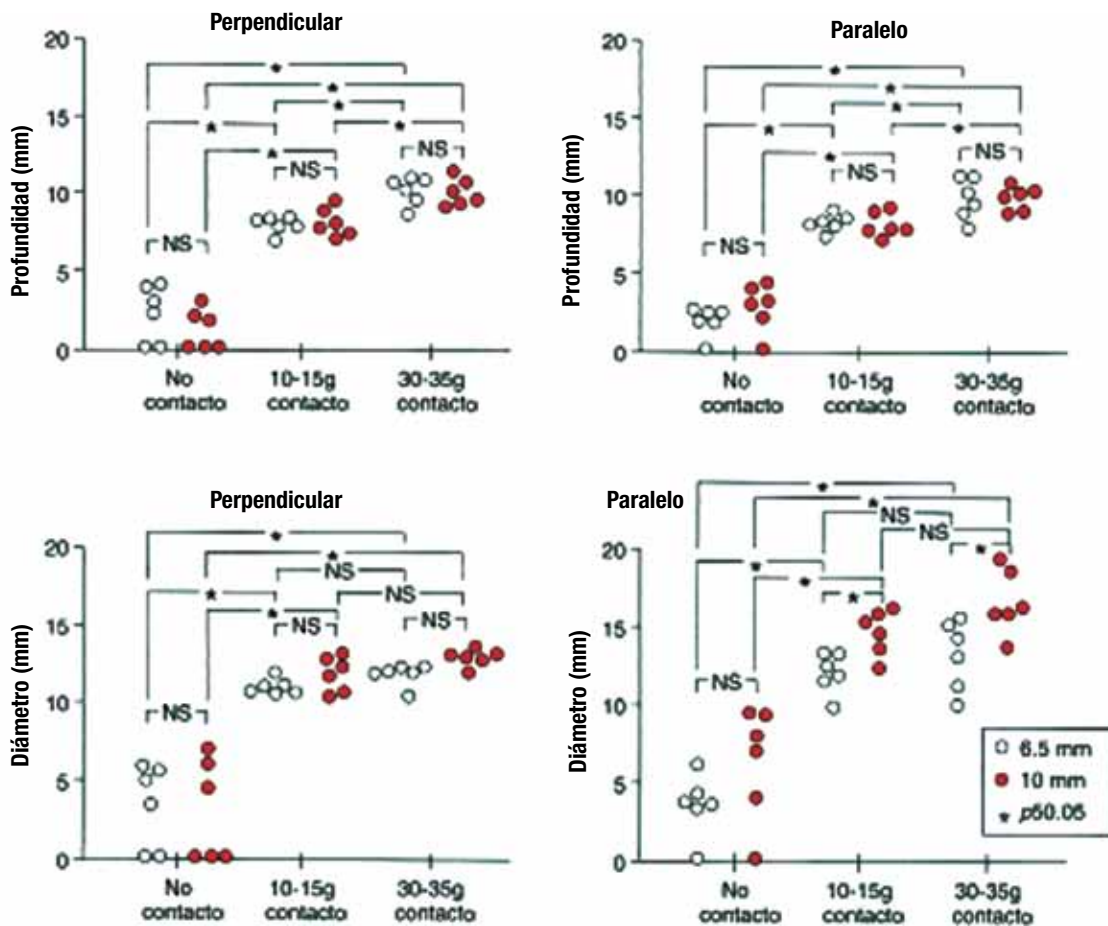


Figura 4. La fuerza de contacto del catéter influye sobre la profundidad y el diámetro de las lesiones, en tanto la longitud del electrodo distal sólo influye sobre el diámetro (no así sobre la profundidad), cuando el catéter se encuentra paralelo al tejido. Adaptado de Ikeda A et al. Circulation 2008; 118:S29-30.

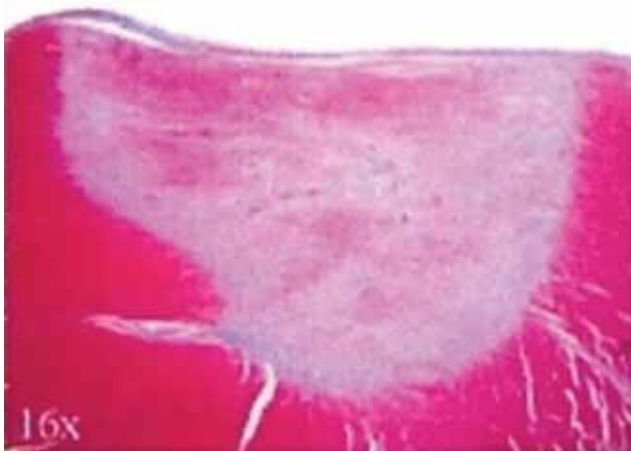


Figura 5. Se aprecian, en una pieza con tinción de tricrómico de Masson, los bordes bien delimitados de una criolesión. Reproducido con autorización de American Heart Association Inc. de Khairy P et al. Circulation 2003; 107:2045-50.

tallidos de vapor” son un riesgo que se produce cuando se realiza ablación por radiofrecuencia y pueden causar perforación cardíaca) ni carbonización durante la emisión de energía, se reduce el riesgo de perforación. También la crioablación respeta las fibras elásticas y el colágeno, lo que se traduce en una menor alteración de la arquitectura tisular (de importancia en relación con estructuras críticas como el seno coronario o los ostia de las venas pulmonares, entre otras).

Finalmente, al asociarse a una mejor tolerancia por el paciente, esta tecnología es ideal para pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica en quienes no se desea recurrir a la sedación.

Nuestra experiencia

Desde los comienzos de nuestra experiencia, hemos apreciado la mayor seguridad que acompaña a este método. Las figuras 6 y 7 muestran el *display* de la criocónsola durante el criomapeo y la crioablación, respectivamente. Por su parte, la Figura 8 es representativa de la ventaja del criomapeo, ya que a poco de alcanzarse la temperatura de -30°C , se produce bloqueo AV de segundo grado que desaparece rápidamente al interrumpirse la lesión. Cabe destacarse que excepcionalmente el deterioro observado con el criomapeo puede persistir hasta 4-5 minutos a partir de la interrupción de la lesión.

Los electrocardiogramas de la Figura 9 muestran, a la izquierda, la preexcitación en un deportista joven, con desaparición luego de la crioablación (a la derecha). Sin embargo, la Figura 10 permite observar que el criocatóter se encontraba en el sitio de registro del electrograma del haz de His, sin que ocurriera daño alguno a la conducción normal.

Sin embargo, también hemos observado algunos hechos que muestran cómo la crioablación, si bien es claramente más segura que la radiofrecuencia, no está totalmente



Figura 6. Registro durante criomapeo a -30°C . La curva permite apreciar cómo se alcanzó la temperatura deseada en menos de 15 segundos.



Figura 7. Crioablación a -80°C , temperatura que se alcanza rápidamente.

exenta de riesgos. Así, observamos bloqueo AV de alto grado con crioablación en una paciente sometida previamente a una ablación por radiofrecuencia de una reentrada nodal. En esa paciente, el criomapeo a -30°C no había mostrado daño de la conducción, lo que sí ocurrió con temperatura de -80°C .

Tampoco ha sido excepcional en nuestra casuística, observar daño con la lesión de seguridad (240 segundos adicionales), sin que hubiera deterioro de la conducción durante los 240 segundos iniciales.

En una paciente sometida a crioablación exitosa de una reentrada nodal con PR normal al alta, observamos PR prolongado (0,32 segundos) entre los días 3 y 11 posablación, con normalización gradual posterior y total al día 20 posablación, como manifestación de remodelamiento de la lesión.

Hemos realizado crioablación de vías accesorias de localización parahisiana en 121 pacientes, de reentrada nodal en 47, de taquicardia auricular ectópica cercana a los nódulos sinusal o AV en 7, de taquicardia ectópica de la unión en 7, de aleteo auricular en 6 y de extrasistolia



Figura 8. Durante criomapeo durante ritmo sinusal, el tercer latido tiene intervalo PR prolongado y luego sobreviene bloqueo AV 2 a 1. La interrupción del criomapeo (véase en el penúltimo canal la rápida atenuación del ruido que genera la esfera de hielo alrededor del extremo distal del catéter) permite la recuperación completa de la conducción luego de pocos latidos.

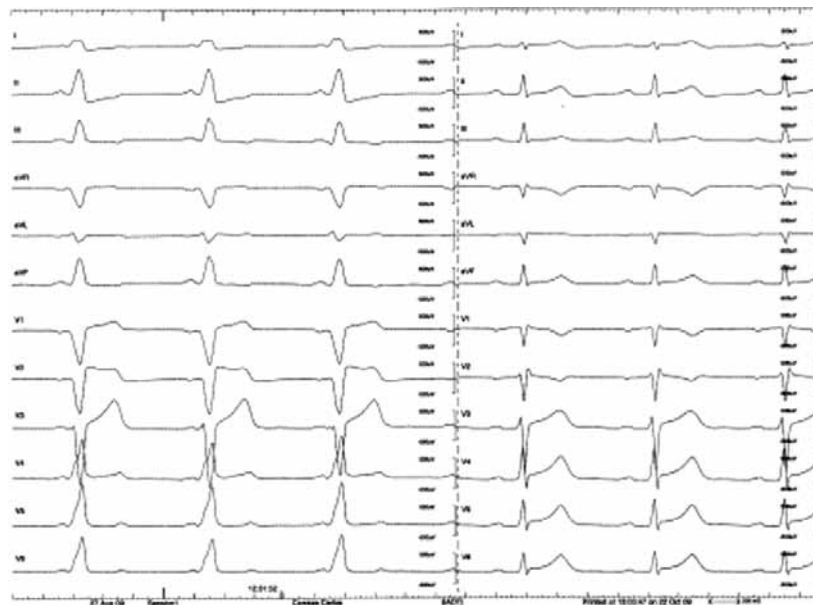


Figura 9. A la izquierda, ritmo sinusal con intervalo PR corto y onda delta en un paciente con una vía accesoria parahisiana. A la derecha, ECG normal posterior a la crioablación.

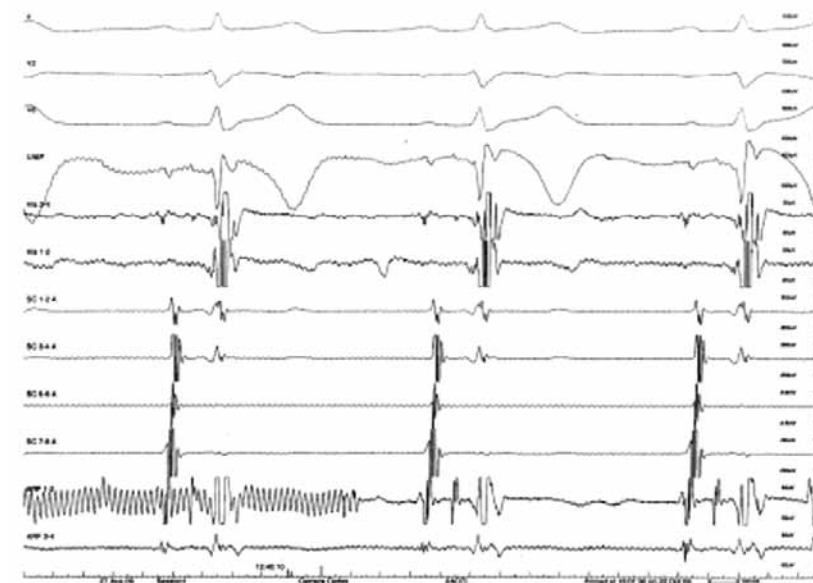


Figura 10. En el mismo paciente de la Figura 9, el registro del catéter de crioablación (penúltimo canal) muestra un electrograma del haz de His.

ventricular o taquicardia ventricular con origen cercano al haz de His en 5 casos⁶.

En el total de la población tratada, tuvimos un éxito agudo del 90,6% y, lo que es importante, la tasa de recidivas en esta población de alto riesgo para la radiofrecuencia fue sólo del 5,2% luego de un seguimiento promedio de 37,6 meses (mínimo 6 meses), lo que es comparable a la ablación por radiofrecuencia.

Nuestra experiencia, en términos generales, es coincidente con otros autores tanto en referente a la crioablación de pacientes adultos y pediátricos^{7,8}, como en el tratamiento de sustratos específicos como la reentrada nodal⁹⁻¹¹, los síndromes de preexcitación¹² o la taquicardia ectópica de la unión¹³.

¿Cuál es el rol de la crioablación en pacientes con insuficiencia cardíaca?

En nuestra opinión, la crioablación puede ser de utilidad en pacientes con insuficiencia cardíaca en las siguientes situaciones:

1- Crioablación del nódulo AV en pacientes con fibrilación auricular: es notable la eficacia demostrada con la ablación por radiofrecuencia, de modo que la crioablación podría tener un rol interesante sólo para lograr una “modulación” de la conducción que permita un menor tiempo de ritmo marcapaseado. Esto podría reducir el riesgo de deterioro de la función ventricular por la asincronía de la contracción que acompaña a la activación del ventrículo derecho, pero constituye una línea de investigación que merece investigarse.

2- Crioablación de la fibrilación auricular en pacientes con insuficiencia cardíaca: si bien la existencia de un menor riesgo trombogénico, de menor ocurrencia de estenosis de las venas pulmonares y de una eliminación de la temida fístula atrio-esofágica crearon expectativas en relación con la crioablación con balón de la fibrilación auricular, hasta el momento debemos aguardar evidencias concluyentes en tal sentido¹⁴⁻¹⁷.

3- Crioablación de la reentrada entre ramas: ésta es una población que claramente puede beneficiarse con la crioablación, ya que la eliminación de la conducción por la rama derecha mediante radiofrecuencia tiene al bloqueo AV completo como una complicación frecuente, que sin duda, podría eliminarse en forma prácticamente total mediante la crioablación.

4- Crioablación de la taquicardia ventricular por reentrada intramiocárdica¹⁸: en esta población no es probable que la radiofrecuencia sea reemplazada por la crioablación, debido a que las lesiones creadas con bajas temperaturas son de menor profundidad. En este sentido, tecnologías más frías como el nitrógeno crítico y supercrítico pueden cambiar esta situación en el futuro. En cambio, es probable que la crioablación sea más segura para tratar los circuitos de localización epicárdica al acompañarse de menor riesgo de daño a la circulación coronaria.

Conclusiones

En pocos años, la crioablación percutánea se ha afirmado como una opción segura y eficaz en casos específicos en los cuales la radiofrecuencia tiene serias limitaciones vinculadas con la seguridad. Sin duda, hemos de ver una expansión de sus indicaciones que incluirá a pacientes con insuficiencia cardíaca, y sólo cabe aguardar investigaciones clínicas en tal sentido.

Recursos financieros

Los autores no tuvieron ningún apoyo financiero para la investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no poseer conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

1. Han YS, Tveita T, Prakash YS y col. Mechanisms underlying hypothermia-induced cardiac contractile dysfunction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2010; 298:H890-7.
2. Wood MA, Parvez B, Ellenbogen AL. Determinants of lesion sizes and tissue temperatures during catheter cryoablation. *PACE* 2007; 30:644-54.
3. Snyder KK, Baust JG, Baust JM, Gage AA: Mechanisms of cryoablation. En, Bredikis AJ y Wilber DJ: *Cryoablation of cardiac arrhythmias*, Elsevier, 2011.
4. Ikeda A, Nakagawa H, Pitha J y col. Increasing contact force increases lesion size during cryoablation. *Circulation* 2008; 118:S829-30.
5. Khairy P, Chauvet P, Lehmann J, Dubuc M. Lower incidence of thrombus formation with cryoenergy versus radiofrequency catheter ablation. *Circulation* 2003; 107:2045-50.
6. González Zuelgaray J, de Valais F, Muratore C, Pérez A, Szyszko A. Catheter cryoablation of cardiac arrhythmias. En, Milei J y Ambrosio G (ed.): “Advances in Cardiology”. New York, Nova Publishers, 2014.
7. Akdeniz C, Ergul Y, Kiplapinar N, Tuzcu V. Catheter ablation of drug resistant supraventricular tachycardia in neonates and infants. *Cardiol J* 2013; 20:241-6.
8. Cokkinakis C, Avramidis D, Alexopoulos C, Kirvassilis G, Papagiannis J. Cryoablation of atrioventricular nodal reentrant tachycardia in children and adolescents: improved long-term outcomes with increasing experience. *Hellenic J Cardiol* 2013; 54:186-91.
9. Hoffmann BA, Brachmann J, Andresen D, Eckardt L, Hoffmann E, Kuck KH, Schumacher B, Spitzer SG, Schirdewahn P, Tebbenjohanns J, Horack M, Senges J, Salukhe TV, Rostock T, Willem S. Ablation of atrioventricular nodal reentrant tachycardia in the elderly: results from the German Ablation Registry. *Heart Rhythm* 2011; 8:981-7.
10. Peyrol M, Sbragia P, Uhry S, Boccara G, Dolla E, Quatre A, Guenoun M, Lévy S, Paganelli F. Slow pathway elimination for atrioventricular nodal reentrant tachycardia with the 8-mm tip cryoablation catheter: an 18-month follow-up study. *J Interv Card Electrophysiol* 2013; 37:105-9.
11. Eckhardt LL, Leal M, Hollis Z, Tanega J, Alberte C. Cryoab-

- lation for AVNRT: importance of ablation endpoint criteria. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2012; 23:729-34.
12. Bastani H, Insulander P, Schwieler J, Tabrizi F, Braunschweig F, Kennebäck G, Drca N, Jensen-Urstad M. Cryoablation of superparaseptal and septal accessory pathways: a single centre experience. *Europace* 2010; 12:972-7.
 13. Eizmendi I, Almendral J, Hadid C, Ortiz M. Successful catheter cryoablation of Hisian ectopy using 2 new diagnostic criteria based on unipolar and bipolar recordings of the His electrogram. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2012; 23:325-9.
 14. Packer DL, Kowal RC, Wheelan KR, Irwin JM, Champagne J, Guerra PG, Dubuc M, Reddy V, Nelson L, Holcomb RG, Lehmann JW, Ruskin JN; STOP AF Cryoablation Investigators. Cryoballoon ablation of pulmonary veins for paroxysmal atrial fibrillation: first results of the North American Arctic Front (STOP AF) pivotal trial. *J Am Coll Cardiol* 2013; 61:1713-23.
 15. Ernst S. Cryo balloon pulmonary vein isolation: is it really all so "simple"? *J Am Coll Cardiol* 2013; 61:1724-5.
 16. Stöckigt F, Schrickel JW, Andrié R, Lickfett L. Atrioesophageal fistula after cryoballoon pulmonary vein isolation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2012; 23:1254-7.
 17. Mandell J, Amico F, Parekh S, Snow J, Germano J, Cohen TJ. Early experience with the cryoablation balloon procedure for the treatment of atrial fibrillation by an experienced radiofrequency catheter ablation center. *J Invasive Cardiol* 2013; 25:288-92.
 18. Di Biase L, Al-Ahamad A, Santangeli P, Hsia HH, Sanchez J, Bai R, Bailey S, Horton R, Gallinghouse GJ, Burkhardt DJ, Lakireddy D, Yang Y, Badhwar N, Scheinman M, Tung R, Dello Russo A, Pelargonio G, Casella M, Tomassoni G, Shivkumar K, Natale A. Safety and outcomes of cryoablation for ventricular tachyarrhythmias: results from a multicenter experience. *Heart Rhythm* 2011; 8:968-74.