UTILIZACIÓN DE MARCAPASOS EN PEQUEÑOS ANIMALES

DR. D. LAÍN GARCÍA GUASCH

Responsable del Servicio de Cardiología y Respiratorio de hospitales IVC Evidensia, Hospital Veterinari Molins (Barcelona) y Hospital Veterinario del Mar (Barcelona)

Miembro del Servicio de Medicina Veterinaria e Investigación Terapéutica (Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Biomédicas y Sanitarias, ULPGC)

4 de marzo de 2024

RESUMEN

Los marcapasos artificiales son dispositivos electrónicos diseñados para producir impulsos eléctricos con el objeto de estimular el corazón y generar el latido cardíaco cuando falla la estimulación fisiológica o normal. Estos impulsos se transmiten desde el generador hasta el miocardio mediante un cable conductor denominado electrodo. El objetivo de este documento es presentar los diferentes tipos de marcapasos según sus componentes y configuraciones, las diferentes técnicas de implantación, el manejo postquirúrgico y las posibles compilaciones que pueden presentarse.

Palabras clave: Marcapasos, electrodo, bradicardia, arritmia.

ABSTRACT

Pacemakers are electronic devices designed to produce electrical impulses to stimulate the heart and generate a heartbeat when physiological or normal stimulation fails. These impulses are transmitted from the generator to the myocardium by means of a conductive wire called an electrode or lead. The aim of this document is to present the different types of pacemakers according to their components and configurations, the different implantation techniques, post-surgical management and possible compilations that may occur.

Keywords: Pacemaker, lead, bradycardia, arrhythmia.

1. INTRODUCCIÓN

Los marcapasos son sistemas electrónicos capaces de detectar la producción espontánea de estímulos eléctricos que generan el latido cardíaco. Si esta actividad eléctrica espontánea no aparece, estos dispositivos producen estímulos eléctricos que activan el miocardio y mantienen el ritmo cardíaco de la manera más fisiológica posible produciendo la sístole ventricular.

A principios de los años 30 se implantó por primera vez un marcapasos en medicina humana.[1,2] Posteriormente en medicina veterinaria de pequeños animales, el primer marcapasos en perros no se implantó hasta el año 1.968, y unos años más tarde, en 1.985, en gatos.[3-6] En España este avance se logró en 1.984 en el Hospital Veterinari Molins (Barcelona). Actualmente, en clínica de pequeños animales, la implantación de marcapasos constituye una opción terapéutica resolutiva en animales con bradiarritmias sintomáticas. Debido a la gran evolución que continúa experimentando el campo de la arritmología, actualmente los estudios más pioneros que se están realizando en veterinaria se dirigen hacia nuevas técnicas de cateterización para el diagnóstico y tratamiento de diferentes arritmias como el mapeo eléctrico y la ablación de vías de conducción eléctrica accesorias, o a la implantación de desfibriladores.

2. INDICACIONES

Las principales indicaciones para la implantación de un marcapasos en pequeños animales son las bradiarritmias que produzcan síntomas y las alteraciones en la conducción eléctrica que no respondan a

un tratamiento y control médico como el bloqueo aurículo-ventricular de segundo grado avanzado, el de tercer grado, la enfermedad del seno enfermo (síndrome taquicardia-bradicardia) y la aurícula silenciosa no asociada a hiperkalemia (Figura 1).[7]



FIGURA 1. Electrocardiogramas de bradicardia que pueden requerir la implantación de un marcapasos. A: Paro sinusal con pausa de 3 segundos y latido de escape supraventricular. B: Ritmo de escape aurículo-ventricular de baja frecuencia a 30 lpm. C: Bloqueo aurículo-ventricular de tercer grado con una frecuencia auricular de 180 lpm y un ritmo de escape ventricular a 30 lpm.

Mediante la implantación de estos dispositivos se pretende eliminar y prevenir los signos clínicos relacionados con la bradicardia, manteniendo el corazón en una frecuencia cardíaca que permita una buena calidad de vida. La aparición estos signos depende del tipo de bradiarritmia, de si es constante o intermitente, de la existencia de ritmos ventriculares lentos, y de la existencia de enfermedades asociadas.[8]

Es importante no basar la decisión de implantar un marcapasos solamente a partir del resultado de un solo electrocardiograma, sino que es necesario basarlo en la existencia de unos signos clínicos relacionados con la arritmia junto con una exploración física del animal y con las pruebas complementarias necesarias.[9]

3. PRESENTACIÓN CLÍNICA

Los perros con bloqueos aurículo-ventriculares de tercer grado con ritmos de escape ventricular a una frecuencia entre 30-60 ppm suelen mostrar letargia, intolerancia al ejercicio y síncopes. En ocasiones también pueden dar lugar a un fallo cardiaco congestivo y los signos que ello conlleva como tos, disnea, taquipnea, ascitis, debilidad generalizada, etc.[5,7] Se considera una situación de tratamiento de urgencia cuando las frecuencias cardíacas son inferiores a 25 ppm.[5]

Es importante también tener en cuenta que en razas de gran tamaño es normal encontrar durante el sueño, un ritmo sinusal a una frecuencia inferior a 30 ppm y pausas sinusales de incluso 5 segundos, en ocasiones incluso con ritmos de escape ventricular. Además, en razas braquicefálicas, debido a un excesivo tono vagal, pueden presentar arritmias sinusales más marcadas y pausas sinusales de 1 a 3 segundos sin que ello sea patológico.

Por otro lado, los gatos con bloqueos aurículo-ventriculares de tercer grado pueden presentar ritmos de escape ventricular a frecuencias inferiores a 100 ppm sin ser sintomáticos y sin necesidad de implantar un marcapasos, mientras que a frecuencias inferiores a 90 ppm suelen presentar letargia e incluso fallo cardiaco congestivo.

Antes de determinar si nuestro paciente es un buen candidato para implantar un marcapasos se debe realizar una evaluación completa consistente en un correcto examen físico, hemograma y bioquímica general, electrolitos, serología de hemoparásitos, niveles de troponinas, urianálisis, electrocardiograma, radiografías torácicas, ecocardiografía, niveles de T4 y TSH, y test de estimulación con ACTH. En algunos pacientes con arritmias intermitentes también puede ser necesario la realización de un registro Holter de 24-48 horas. Aunque en la mayoría de los casos estas bradiarritmias son idiopáticas, todas estas pruebas están orientadas a descartar problemas metabólicos, endocrinos, neurológicos y/o cardíacos asociados, que modifiquen su tratamiento y/o pronóstico e incrementen el riesgo de anestesia.

Existen alteraciones cardiacas como consecuencia de la bradicardia, por lo que en función del tiempo que lleva presente la bradiarritmia, se puede detectar en la ecocardiografía una cardiomegalia generalizada con dilatación de cámaras cardíacas, fallo sistólico, disfunción de las válvulas aurículo-ventriculares secundaria a la dilatación del ani-

llo valvular, e incluso azotemia prerrenal y fallo cardiaco congestivo. Sin embargo, todas estas alteraciones suelen resolverse pasadas una o dos semanas tras la implantación del marcapasos. Esta mejoría estructural y funcional no suele darse en pacientes con alteraciones asociadas a degeneración mixomatosa valvular o por alteraciones miocárdicas asociadas. En esos casos es importante valorar con objetividad los beneficios y riesgos de la implantación del marcapasos.

4. COMPONENTES DEL MARCAPASOS

Un marcapasos consiste en un generador de impulsos (batería), un electrodo que conecta el generador con el miocardio, y un equipo de programación.[8-10]

Generador de impulsos: consiste en una batería totalmente hermética que contiene todos los circuitos electrónicos necesarios para el funcionamiento del marcapasos. Su longevidad con baterías nuevas es de 7-14 años en función de la frecuencia de estimulación a la que se programen (Figura 2).



FIGURA 2. Generador de marcapasos diseñado para funcionar en configuración DDDR.

Electrodo: consiste en un cable aislado que permite la conducción de los impulsos eléctricos del generador al miocardio, provocando la despolarización cardíaca. Existen dos tipos de electrodos, unipolar y bipolar; ambos contienen un ánodo (polo positivo) y un cátodo (polo negativo). En ambos casos el cátodo es la cabeza del electrodo que se implanta en el miocardio, mientras que el ánodo, en el caso del electrodo unipolar es la batería formando, una espícula de gran tamaño en el registro electrocardiográfico; mientras que en los bipolares el ánodo se sitúa en el propio electrodo, proximal al cátodo y cerca del corazón, formando espículas de pequeño tamaño, disminuyéndose así las interferencias externas y la estimulación del músculo esquelético que se da en electrodos unipolares, en los que el generador debe contactar con el músculo esquelético y puede provocar una hiperexcitación del mismo e interferencias.

Existen además diferentes tipos de fijación de la cabeza del electrodo al miocardio; la pasiva, y la activa mediante estructuras retráctiles (Figuras 3A-B). Ambas formas de fijación son buenas, siempre que el electrodo se sitúe adecuadamente. Es importante resaltar que en veterinaria existen un 10% de casos de dislocación del electrodo, respecto al 1.5% o menos que se da en humana. Esto, posiblemente, sea debido a la falta de experiencia por parte del cirujano y a la mayor movilidad de los animales tras la implantación.[7,11]



FIGURA 3A. Detalle del extremo distal de electrodos endocavitarios de fijación activa (con espiral) y pasiva (con espículas).



FIGURA 3B. Detalle del extremo distal de electrodos epicárdicos de fijación activa (con espiral) y pasiva (con orificios para sutura).

Telemetría (programador): mediante estos sistemas externos se programa el marcapasos durante y tras su implantación; también

permiten determinar los posibles problemas relacionados con una rotura o dislocación del electrodo, et tiempo estimado de vida de la batería, regular la sensibilidad en la detección de estímulos eléctricos espontáneos, la potencia de estimulación… Gracias a este dispositivo se pueden solucionar muchas de estas incidencias sin tener que volver a intervenir al paciente. Algunos centros de referencia disponen de estos programadores, aunque debido a que suelen tener un coste relativamente elevado y a que se utilizan muy esporádicamente, en ocasiones los marcapasos son revisados antes de su implantación, se monitoriza su buen funcionamiento mediante electrocardiogramas, y en caso de incidencias o bien para los controles periódicos del paciente, programadores de medicina humana vienen a nuestros centros para realizar el seguimiento (Figuras 4-5).[12]



FIGURA 4. Programador de telemetría.



FIGURA 5. Ajuste de programación mediante telemetría en un paciente con un marcapasos configurado en modo VVI.

Debido a la gran variedad de marcapasos disponibles, y con el fin de estandarizar su clasificación, se ha establecido un sistema de nomenclatura que permite identificar mediante un código de 3-5 letras el tipo de marcapasos y las funciones que ofrece (Tabla 1). La mayoría de los pacientes se tratan con un marcapasos VVI (o VVIR) (Figura 6). Este sistema consiste en implantar un único electrodo en la zona apical del ventrículo derecho que estimula y sensa el ventrículo; en caso de detectar actividad eléctrica espontánea la estimulación queda inhibida. Tiene el inconveniente de que no mantiene la sincronía entre aurículas y ventrículos ni la secuencia de activación ventricular normal que pueden dar lugar a complicaciones hemodinámicas ya que puede generarla una contracción ventricular en un instante en el que las válvulas aurículo-ventriculares aún estén abiertas.[7]

I	II	III	IV	V
Cámara estimulada	Cámara sensada	Respuesta al sensado	Modulación de la frecuencia	Estimulación multicameral
0 = Ninguna	0 = Ninguna	0 = Ninguna	0 = Ninguna	0 = Ninguna
A = Auricular	A = Auricular	T = De disparo	R = Respuesta a demanda	A = una o ambas aurículas
V = Ventricular	V = Ventricular	I = Inhibido		V = uno o ambos ventrículos
D = Dual (A + V)	D = Dual (A + V)	D = Dual (T + I)		D = cualquier combinación de A y V

TABLA 1. Nomenclatura para los diferentes modos de configuración de marcapasos.

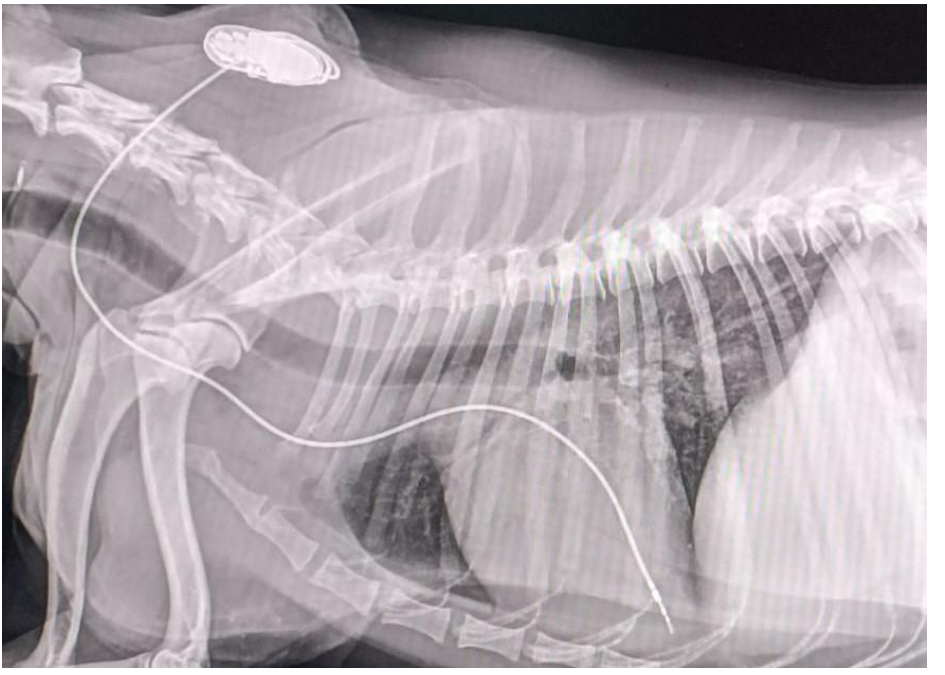


FIGURA 6. Radiografía lateral de un paciente con un marcapasos VVI.

Para intentar prevenir estas complicaciones se puede utilizar un marcapasos VDD, los cuales estimulan el ventrículo, pero sensan tanto la actividad espontánea auricular como la ventricular.[13-14] Cuando se detecta actividad auricular (onda P), tras un periodo de retraso, se estimula el ventrículo; pero si durante ese periodo se origina una despolarización ventricular espontánea la estimulación ventricular queda inhibida y se reinician los tiempos programados. Así mismo, si durante un periodo de tiempo demasiado prolongado no se detecta actividad auricular espontánea, el marcapasos se comporta como un VVI. Este tipo de configuración está indicada solamente en pacientes sin disfunción del nodo sinusal y se puede aplicar mediante el uso de dos electrodos

(apical y ventricular) o un único electrodo que dispone de un sensor auricular flotante que se ubica a nivel de la aurícula derecha (Figura 7). De todos modos, se ha demostrado que el tiempo de supervivencia media en perros con marcapasos VDD no difiere de forma estadísticamente significativa respecto a los pacientes con marcapasos VVI.[15]

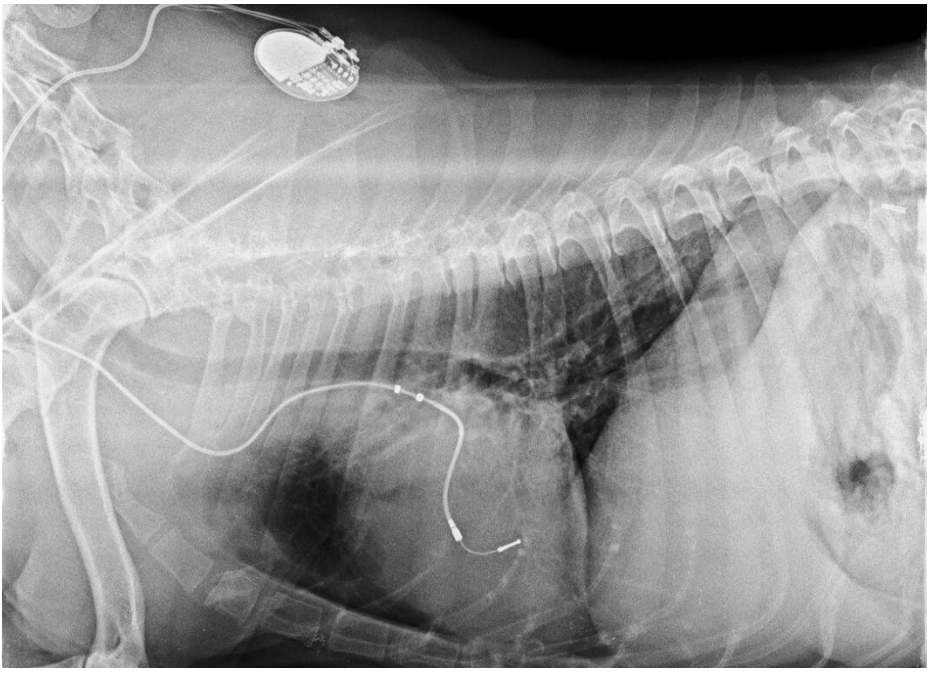


FIGURA 7. Radiografía lateral de un paciente con un marcapasos VDD.

Otras posibles configuraciones incluyen los marcapasos AAI (o AAIR) que funcionan igual que los VVI, pero a nivel auricular, y los DDD que estimulan y sensan tanto a nivel auricular como ventricular y que se inhiben en presencia de actividad espontánea generada en cualquier cámara. Los DDD están especialmente diseñados para su utilización en pacientes con disfunción del nodo sinual.

5. ELECTROFISIOPATOLOGÍA

La vida clínica de un marcapasos depende de varios factores que pueden afectar tanto al generador como al electrodo. Estos parámetros incluyen el voltaje de estimulación, la resistencia, la duración del pulso, la frecuencia del marcapasos, y la vida residual de la batería.

Existen diversos conceptos relacionados con el funcionamiento del marcapasos que nos permiten supervisar su correcto funcionamiento e identificar posibles alteraciones y las causas que las pueden producir.[12]

Umbral de estimulación del marcapasos

El umbral de estimulación del marcapasos es la mínima energía necesaria para activar eléctricamente el corazón. La mayoría de los fabricantes aconsejan utilizar umbrales de estimulación que no superen los 2,5 V y los 0,5 ms. En caso de que sean necesarios voltajes superiores para una buena activación del corazón es aconsejable recolocar el electrodo. El umbral de estimulación se modifica tras la implantación del electrodo debido a la inflamación producida, incrementando durante la primera semana y estabilizándose posteriormente pasados 2-3 meses. Por este motivo es importante realizar un control pasado este tiempo y valorar su correcto funcionamiento.

Impedancia

La impedancia es la resistencia al flujo a través del electrodo. Debe determinarse tras la implantación ya que, debido a la inflamación, pasados unos días disminuye y posteriormente se estabiliza. Su valor óptimo se sitúa entre 250-1000 ohms. Mediante un control de la impedancia y el umbral de estimulación podemos identificar las siguientes alteraciones: rotura del electrodo (impedancia > 1200 ohms y umbral de estimulación alto), rotura del aislante del electrodo (impedancia < 250 ohms y umbral de estimulación normal o bajo), dislocación del electrodo (impedancia normal y umbral de estimulación alto).

Detección o sensado

La sensibilidad de un marcapasos consiste en la capacidad de identificar ritmos propios del corazón que permitan activar o desactivar al marcapasos.

6. TÉCNICAS DE IMPLANTACIÓN

Marcapasos temporal

Los marcapasos temporales pueden implantarse vía percutánea, epicárdica o vía esofágica. No obstante, la vía percutánea, a través de las venas yugular o femoral, son las más comunes. Este marcapasos

temporal debe ser implantado en pacientes que necesiten una rápida estabilización, pacientes con riesgo de desarrollar complicaciones severas durante la anestesia o en pacientes con arritmias transitorias como causa de los signos clínicos.[16] También se puede utilizar el marcapasos temporal externo que estimula de forma transcutánea a partir de unos parches que se colocan a ambos lados del tórax. Esta estimulación debe realizarse siempre en pacientes anestesiados ya que en animales conscientes generan bastante malestar cada vez que se produce una estimulación. Una vez implantado el marcapasos permanente, el temporal debe ser desconectado con el fin de evitar interferencias con el marcapasos definitivo. En animales en los que no es posible la implantación de un marcapasos temporal, se puede utilizar de forma alternativa una infusión de isoproterenol (0,01 mcg/Kg/min) con el fin de aumentar la frecuencia cardíaca y evitar problemas en caso de que fallen los ritmos de escape ventricular que mantienen la frecuencia cardíaca en estos animales (Figura 8).



FIGURA 8. Marcapasos temporal.

Marcapasos endocárdicos (implantación endocavitaria)

Los marcapasos endocárdicos con electrodos endovenosos son el método de implantación de elección en medicina humana y en veterinaria. A pesar de ser un método menos invasivo y con un tiempo de recuperación menor, tienen mayor riesgo de dislocación y requiere obligatoriamente de la utilización de fluoroscopia para su implantación, la cual se puede realizar a través de cualquiera de las dos yugulares, siendo preferible la derecha ya que ciertos animales tienen persistencia de la vena cava craneal izquierda y esta malformación congénita suele dificultar el acceso a la zona del ápex cardíaco. Aunque en algunos animales se puede realizar utilizando anestesia local, es preferible la anestesia general ya que disminuye el riesgo de dislocación y mejora la asepsia durante la intervención.[7,10,17]

Técnica de implantación: Inicialmente se coloca al animal en decúbito lateral derecho o izquierdo y se rasura toda la zona del cuello con el fin de obtener un mejor campo quirúrgico. Tras realizar una pequeña incisión en la piel sobre la zona de la vena yugular, se realiza una minuciosa disección hasta localizar la vena. Se disecciona el vaso, se coloca un torniquete para poder ligar la vena yugular cranealmente, y a continuación se realiza una venotomía caudalmente a la ligadura. A través de esta incisión se introduce el electrodo, y mediante un estilete o guía, se avanza guiados por la fluoroscopia, hasta situarlo en el ventrículo derecho lo más cercano al diafragma. A continuación, se fija en el endocardio de forma activa o pasiva y se conecta al generador para confirmar el correcto funcionamiento (Figura 9).[12] Una de las complicaciones más frecuentes consiste en colocar el electrodo demasiado profundo en el ventrículo derecho o incluso demasiado cerca del tracto de salida del ventrículo derecho incrementando el riesgo de una dislocación hacia la arteria pulmonar.[18]

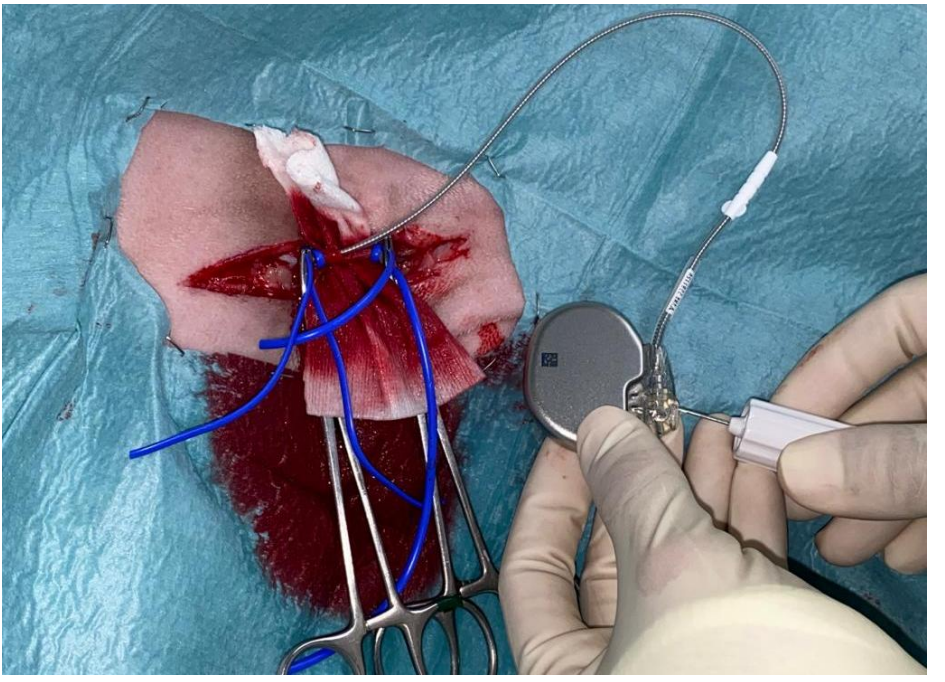


FIGURA 9. Fijación del electrodo al generador para confirmar que el electrodo está perfectamente implantado.

Mediante el programador de telemetría se determina el umbral de estimulación, el cual debe ser inferior a 1V y 0,5 msg, con una de-

tección mínima de 5mV y una impedancia entre 250-1000 ohms, para considerar óptima su localización.

Una vez fijado el electrodo se debe ubicar el generador. Para ello se crea un bolsillo subcutáneo a nivel interescapular en la zona de cuello o en el lateral del tórax según el tamaño del paciente y la longitud del electrodo. Generalmente se suele poder colocar en la zona interescapular, y para ello es necesario crear una tunelización subcutánea para hacer llegar el electrodo hasta el generador y realizar la conexión. Algunos marcapasos permiten colocar más de un electrodo (modelos bicamerales). En veterinaria lo más habitual es colocar solamente un electrodo en el ventrículo derecho, por lo que en caso de tratarse de un marcapasos bicameral se debe conectar un tapón que anule la conexión del generador que no se va a utilizar. Finalmente se cierra el bolsillo de forma habitual, intentando que quede el menor espacio posible entre la pila y el subcutáneo con el fin de evitar la formación de seromas. En pacientes de menor tamaño el generador puede ser demasiado grande como para colocarlo en el cuello o a nivel interescapular. En estos casos se puede realizar una tunelización del electrodo realizando el bolsillo subcutáneo a nivel abdominal (Figura 10). En este tipo de pacientes la capa muscular es muy delgada y existe riesgo de que se produzca una fistulización del generador a través de la piel, por lo que se debe realizar un vendaje con el fin de proteger la batería durante al menos un mes.

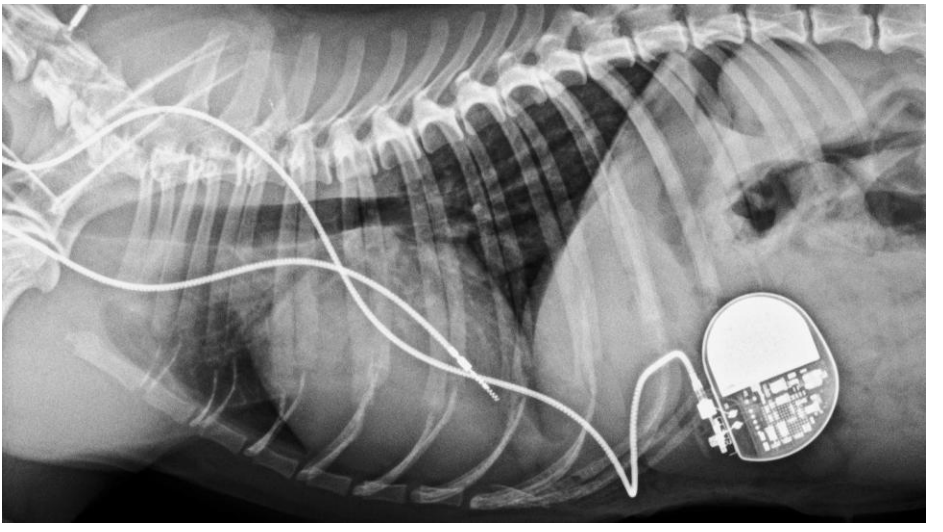


FIGURA 10. Radiografía lateral de tórax. Detalle de la ubicación del generador en la cavidad abdominal.

Marcapasos epicárdicos

La implantación de un marcapasos epicárdico requiere de una intervención quirúrgica con el fin de exponer el corazón y fijar el electrodo directamente en el pericardio (Figuras 11-12). Actualmente se prefiere la implantación endovenosa excepto en animales que requieran una toracotomía por cualquier otra razón, en casos de dislocación repetida del electrodo, y en caso de no disponer de un equipo de fluoroscopia para la implantación endocavitaria. Esta técnica tiene la ventaja de ofrecer una mayor seguridad en la colocación del electrodo, disminuye el riesgo de desplazamiento y permite una mayor fijación de este, aunque supone una intervención más agresiva con un riesgo anestésico y de recuperación mayor. Para la implantación de marcapasos epicárdicos se puede realizar un abordaje mediante toracotomía lateral, esternotomía o vía transdiafragmática.[19]

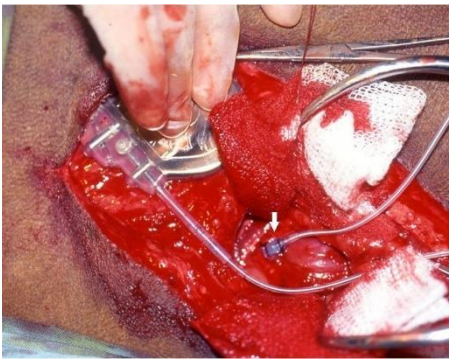


FIGURA 11. Detalle de la cirugía de implantación de un marcapasos con electrodo epicárdico (flecha).

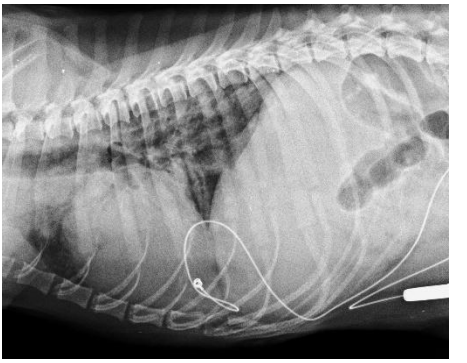


FIGURA 12. Radiografía lateral de un paciente con un marcapasos con electrodo epicárdico.

Técnicas de implantación: Mediante una toracotomía lateral izquierda o derecha a nivel del 5º espacio intercostal se visualiza el corazón y se realiza una pericardiectomía para exponer la superficie epicárdica ventricular. La implantación del marcapasos debe realizarse en el ventrículo izquierdo o derecho, cerca del ápex, evitando al máximo la vascularización. La fijación del marcapasos es activa, ya sea mediante suturas que se hacen directamente sobre el miocardio o bien mediante el sistema de implantación activa “screw-in” que permite la fijación del electrodo realizando dos giros y medio en dirección a las agujas del reloj. Una vez fijado el electrodo se debe crear un túnel subcutáneo a través del cual se pasa el electrodo hasta llegar a la última costilla don-

de se crea un bolsillo con la musculatura para colocar el generador y realizar la conexión.

Si el abordaje se hace mediante esternotomía, se debe realizar una incisión desde aproximadamente la sexta esternebra hasta la zona umbilical. Tras visualizar el corazón, el procedimiento de implantación es el mismo. Una vez colocado el electrodo, se realiza una incisión en el diafragma a través de la cual se introduce el electrodo hasta situarlo en la cavidad abdominal donde se conecta al generador. Éste puede dejarse libre en la cavidad abdominal o bien fijarse en un bolsillo subcutáneo en la pared abdominal.

Finalmente, la técnica transdiafragmática se realiza mediante una incisión desde el ombligo hasta el xifoides. A continuación, se realiza una incisión en la parte muscular del diafragma para visualizar el corazón. Tras hacer una pericardiectomía y retraer el corazón hacia la cavidad abdominal, se implanta el electrodo del mismo modo que se ha descrito previamente. Es importante dejar una parte de electrodo sobrante en cavidad torácica con el fin de evitar la tensión antes de cerrar el diafragma y conectar el electrodo al generador situado en la cavidad abdominal, libre o en un bolsillo en la pared abdominal.[20]

7. CUIDADOS POSTOPERATORIOS

Los pacientes deben quedarse hospitalizados al menos durante 24-48h con el fin de controlar la evolución y disminuir la actividad. Se debe administrar antibioterapia sistémica durante 7-10 días. Especialmente en pacientes nerviosos se recomienda administrar algún fármaco sedante y confinarlo en jaulas con el fin de disminuir el riesgo de dislocación del electrodo. El protocolo de seguimiento consiste en realizar radiografías, electrocardiograma y telemetría tras la implantación, radiografía y electrocardiograma a las 24 horas con el fin de identificar modificaciones, evaluar el umbral de estimulación (telemetría) a la semana de la implantación, radiografía y electrocardiograma a los 10-14 días coincidiendo con la retirada de los puntos de la piel, radiografía, electrocardiograma y telemetría a los 3 meses, y radiografía, electrocardiograma y telemetría cada 1 o 2 años en función de la evolución.

En ocasiones no existe la posibilidad de realizar un estudio completo de la función del marcapasos mediante telemetría con la frecuencia deseada por lo que se puede monitorizar el correcto funcionamiento del marcapasos mediante en el registro electrocardiográfico, en el cual

se debe valorar la frecuencia cardíaca (debe ser constante y correspondiente a la programada), la morfología de las ondas (debe mostrar la espícula generada por el marcapasos, la cual será mayor o menor según sea unipolar o bipolar), y la existencia de captura (que detrás de cada espícula del marcapasos exista un complejo QRS).

8. COMPLICACIONES

Las posibles complicaciones que pueden surgir tras la implantación del marcapasos pueden ser consecuencia de una técnica incorrecta, de alteraciones en el electrodo o el bolsillo donde se coloca la batería, de una función eléctrica o mecánica incorrecta del marcapasos, o de la propia enfermedad del paciente.[7,17,21]

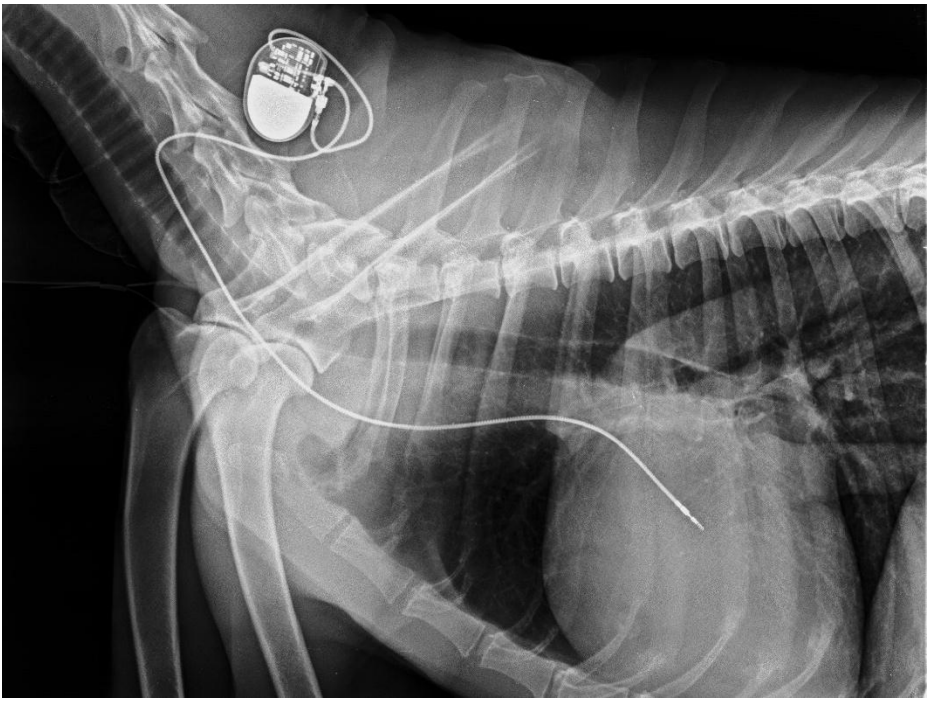


Figura 13. Radiografía lateral de tórax. Detalle de la dislocación del electrodo endocavitario.

Dislocación del electrodo

La dislocación del electrodo es una de las complicaciones más frecuentes en los marcapasos endocavitarios (Figura 13). Suele ocurrir durante los primeros días o semanas tras la cirugía. Las causas de dislo-

cación pueden ser una fijación inapropiada, excesivo movimiento del cuello, de la batería, o excesiva tensión del electrodo. Se debe sospechar ante la recurrencia de los síntomas y una pérdida completa o intermitente de la actividad del marcapasos. Una macrodislocación se puede detectar mediante radiografía o fluoroscopia, mientras que una microdislocación se confirma con telemetría mostrando un incremento en el umbral de estimulación con voltajes altos e impedancias normales.[7,11,12,22]

Pérdida de captura

La falta de captura se define como la incapacidad, por parte del marcapasos de provocar una despolarización ventricular. Esto puede manifestarse en el electrocardiograma mediante la aparición de espículas no asociadas a los complejos QRS o bien sin la aparición de dichas espículas. Una pérdida de captura puede ser consecuencia de una batería agotada, un fallo en el circuito interno del marcapasos, una rotura del electrodo o del aislante, falta de conexión entre la batería y el electrodo, un exceso de detección, falta de contacto de la batería y el tejido muscular en marcapasos unipolares, una dislocación del electrodo, una perforación miocárdica o una mala colocación del marcapasos. Esta pérdida de captura también puede ser consecuencia de un "exit block" (bloqueo de salida) debido a una excesiva fibrosis miocárdica alrededor del electrodo. Esto puede evitarse o tratarse mediante la utilización de corticosteroides. Es importante conocer la causa de la pérdida de captura e intentar solucionar el problema, si es posible, aunque en ocasiones es necesario cambiar el marcapasos. En ocasiones modificando la programación del marcapasos incrementando el voltaje y el tiempo de pulsación se puede solucionar temporalmente el problema, aunque la sustitución del marcapasos será necesaria.

Detección inadecuada

Debido a un exceso de detección del estímulo cardíaco puede producirse una pérdida de captura sin la aparición de la espícula del marcapasos. Esto puede provocar una interpretación de las ondas P y T como latidos propios del corazón y por consiguiente se inhibe el marcapasos. Esto debe solucionarse reprogramando el marcapasos a una detección menor. Por otro lado, una detección demasiado baja puede dar lugar a la formación de complejos de fusión o pseudofusión. Los complejos de fusión se producen cuando existe una estimulación simul-

tánea del corazón por estímulos propios y por el marcapasos, mientras que la pseudofusión se produce por sobreposición de la espícula del marcapasos y el complejo QRS debido a una estimulación cardíaca durante el periodo refractario.

Batería

Mediante el testado del marcapasos es posible determinar el tiempo de vida que le queda a la batería, pero en caso de que esta lectura no sea posible, se puede controlar valorando la frecuencia cardíaca del paciente ya que disminuciones de un 10% en la frecuencia cardíaca sugieren un tiempo de vida corto y sería aconsejable sustituirla con el fin de evitar problemas.

Fallo cardíaco congestivo

Algunos animales desarrollan un fallo cardíaco congestivo tras la implantación del marcapasos. Esto puede ser debido a la existencia de una cardiomiopatía asociada por lo que es importante realizar un estudio completo de la función miocárdica antes de la cirugía. Es complicado valorar si el bloqueo es consecuencia de una cardiomiopatía incipiente o bien la bradicardia puede provocar a largo plazo un daño irreversible del miocardio.

Síndrome del marcapasos

El síndrome del marcapasos es una complicación que provoca la aparición de un fallo cardíaco congestivo como consecuencia de una falta de coordinación entre la contracción auricular y la ventricular. El tratamiento para los animales que desarrollen este síndrome idealmente sería implantar un marcapasos dual para que la contracción ventricular siempre se produzca con las válvulas aurículo-ventriculares cerradas.

Arritmias

La implantación del marcapasos puede inducir a la formación de arritmias que suelen aparecer durante el postoperatorio, aunque también pueden ser consecuencia de una enfermedad cardíaca asociada.

Infecciones

Las infecciones son poco frecuentes y pueden prevenirse y tratarse mediante una antibioterapia adecuada durante varios días. En ca-

sos complicados puede ser necesario cambiar el sistema (electrodo, batería o ambos), colocar drenajes y/o realizar cultivos y lavados con el antibiótico indicado en cada caso.[12]

Seroma y necrosis de la piel

La formación de seroma en el bolsillo donde colocamos la batería es una complicación común. Esto puede ser debido a una inadecuada hemostasis, excesivo daño durante la disección, bolsillos excesivamente grandes o cierre inadecuado del bolsillo. Para evitar la formación de seromas es útil aplicar presión sobre la batería mediante un vendaje durante los días posteriores a la intervención.[12]

Perforación miocárdica

La perforación cardiaca tras la implantación de un marcapasos es una complicación inusual cuya incidencia en veterinaria es del 2%. Normalmente sucede durante la implantación siendo muy raro que aparezca transcurridas las primeras 24 horas tras la cirugía. Puede producirse debido a la utilización crónica de esteroides, por utilizar un marcapasos temporal, electrodos demasiado largos, electrodos de fijación activa, o si las paredes ventriculares son delgadas.[23]

Granuloma

Aunque su incidencia es muy baja, si se utilizan electrodos epicárdicos también se pueden formar granulomas en el lugar de implantación.

9. CONCLUSIÓN

Los marcapasos constituyen una opción terapéutica normalmente imprescindible en la mayoría de pacientes con bradiarritmias severas sintomáticas que no responden a tratamiento farmacológico. Aunque se trata de un dispositivo cuyo coste es relativamente elevado y que solamente se implanta en hospitales de referencia, desde hace más de 30 años son una opción fácilmente disponible en la clínica de pequeños animales que permite mejorar la calidad de vida de nuestros pacientes solucionando definitivamente los signos clínicos asociados a su arritmia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Elmqvist R. Senning A. An implantable pacemaker for the heart. Proceedings of the Second International Conference of Medical Electronic Engineers. Iliffe, London; 1959.

[2] Glen D, Nelson MD. A brief history of cardiac pacing, Texas Heart Institute Journal; 1993; 20(1); 12-18.

[3] Buchanan JW, Dear MG, Pyle RL. Medical and pacemaker therapy of complete heart block and congestive heart failure in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1968; 152:1099-109.

[4] Fox PR, Moise NS, Woodfield JA, Darke PG. Techniques and complications of pacemaker implantation in four cats. *J Am Vet Med Assoc* 1991; 199: 1742–1753.

[5] Kittleson MD, Kienle RD. Interventional Antiarrhythmic therapy. Small animal cardiovascular medicine, Mosby, 1.988; 525-539.

[6] Darke P, McAreavey D, Been M. Transvenous cardiac pacing in 19 dogs and one cat, *Journal of Small Animal Practice*, 1989, 30; 491-499.

[7] Oyama MA, Sisson DD, Lehmkuhl LB. Practices and outcome of artificial cardiac pacing in 154 dogs, *J Vet Intern Med*; 2001; 15:229.

[8] Darke P: Update: Transvenous Cardiac Pacing. En: Bonagura K: Kirk's current veterinary therapy XI Small Animal Practice, W.B.Saunders Company, 1.992; 708-713.

[9] Moise NS. Pacemaker Therapy, En: Fox P, Sisson D, Moise NS. Textbook of canine and feline cardiology, W.B. Saunders Company, 1.999; 400-425.

[10] Petrie J-P. Permanent transvenous cardiac pacing, *Clin Tech Small Anim Pract* 20:164, 2005.

[11] Phibbs B, Marriott HJ. Complications of permanent transvenous pacing, *N Engl J Med*; 1985; 312:1428.

[12] Estrada A. Chapter 249: Cardiac pacing. En: Ettinger SJ, Feldman EC, Cote E. Textbook of Veterinary Internal Medicine 8th Edition; 2016; Elsevier; 2937-1951.

[13] Bulmer BJ, Oyama MA, Lamont LA, Sisson DD. Implantation of a single-lead atrioventricular synchronous (VDD) pacemaker in a dog with naturally occurring 3rd-degree atrioventricular block, *J Vet Intern Med*; 2002; 16:197.

[14] Bulmer BJ. VDD pacing in dogs: When, why and how to perform single-lead atrial synchronous, ventricular inhibited (VDD) pacing. *J Vet Cardiol*; 2006; 8: 25-39.

[15] Lichtenberger J, Scollan KF, Bulmer BJ, Sisson DD. Long-term outcome of physiologic VDD pacing versus non-physiologic VVI pacing in dogs with high-grade atrioventricular block. *J Vet Cardiol*; 2015; 17: 42-53.

[16] DeFrancesco T, Hansen BD, Atkins CE, Sidley JA, Keene BW. Noninvasive transthoracic temporary cardiac pacing in dogs, *J Vet Intern Med*; 2003, 17; 663-667.

[17] Wess G, Thomas WP, Berger DM, Kittleson MD. Applications, complications, and outcomes of transvenous pacemaker implantation in 105 dogs (1997-2002). *J Vet Intern Med*; 2006; 20: 877-84.

[18] Estrada AH, Maisenbacher HW III, Proŝek R, Schold J, Powell M, VanGilder JM. Evaluation of pacing site in dogs with naturally occurring complete heart block, *J Vet Cardiol*; 2009; 11:79.

[19] Orton EC. Epicardial pacemaker implantation in small animals. *J Vet Cardiol*; 2019 Apr: 22: 65-71.

[20] Fox, P.R., Matthiesen, D.T., Purse, D., Brown, N.0. Ventral abdominal transdiaphragmatic approach for implantation of cardiac pacemakers in the dog. *J Am Vet Med Assoc*; 1986; 189, 1303-1308.

[21] Bonagura JD, Helphrey ML, Muir WW. Complications associated with permanent pacemaker implantation in the dog, *J Am Vet Med Assoc*; 1983, 182 (2); 149-155.

[22] Morales JL, Nava S, Márquez MF, González J, Gómez-Flores J, Colín L, Martínez-Ríos MA, Iturralde P. Idiopathic lead migration. Concept and variants of an uncommon cause of cardiac implantable electronic device dysfuncion. *J Am Coll Cardiol Clin Electrophysiol* 2017; 3(11): 1321-29

[23] García-Guasch L, Borges CS, Sousa P, Manubens Grau J. Identification and management of a subacute right ventricular perforation by an active-fixation permanent pacemaker lead in a dog. *J Vet Cardiol*; 2019; 22: 113-120.