

Marcapasos en Fisioterapia

M.^a L. Basanta Alario. *Profesora Asociada. Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Valencia*

C. Igual Camacho. *Profesor Titular. Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Valencia*

J. V. Torrella Francés. *Profesor Asociado. Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Valencia*

A. Basanta Gómez. *Profesor Titular. Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Valencia*

J. T. Real Collado. *Doctor en Medicina. Hospital Clínico Universitario de Valencia*

RESUMEN

Se realiza una revisión de la electrónica básica de los marcapasos y de su funcionamiento para comprender las posibles interferencias que pueden afectarles por efecto de las radiaciones electromagnéticas externas, así como las observadas en distintas actuaciones en Medicina y considerando especialmente las no ionizantes utilizadas en Fisioterapia que puedan afectar tanto al paciente como al fisioterapeuta, portadores de marcapasos.

Se precisan algunas recomendaciones para evitar los riesgos mencionados.

Palabras clave: Marcapasos, Fisioterapia, interferencia, inhibición, activación, disparo.

ABSTRACT

A revision is made on pacemaker basic electronic and its functioning in order to understand the interferences by external electromagnetic radiations as observed in Medical actuaciones and specially the non-ionising radiations as used in Physiotherapy, that may affect not only patients but also the physiotherapist pacemaker-depending.

Some recommendations are settle to avoid the danger.

Key words: Pacemaker, Physiotherapy, interference, inhibition, activation, trigger.

INTRODUCCIÓN

El término marcapasos se emplea para designar a los dispositivos que provocan descargas eléctricas rítmicas utilizadas con el fin de estimular la contracción cardíaca en aquellos sujetos que padecen alteraciones del ritmo cardíaco.

La literatura médica ha destacado el problema que supone la suspensión de la estimulación de un marcapasos debido a la recepción de estímulos del ambiente, como

señales de radiofrecuencia, emisiones de radar o microondas. Otras posibles fuentes de interferencias son la proximidad a transmisores de radar de alta potencia, centrales eléctricas y estaciones radiotransmisoras, capaces de generar campos electromagnéticos lo suficientemente intensos.

En especial, las interferencias electromagnéticas del entorno pueden tener efectos indeseados sobre la estimulación, pudiendo dar lugar a inhibición del generador e incluso a una programación indebida o no deseada.

da del mismo, lo que ha de tenerse especialmente en cuenta en Fisioterapia.

Repasaremos brevemente la electrónica básica de los marcapasos, su funcionamiento y posibles interferencias, pasando a continuación a revisar las interferencias que pueden ocurrir durante diversas actuaciones médicas, para centrarnos posteriormente en la problemática de los marcapasos en Fisioterapia, tanto en lo referente al paciente como al fisioterapeuta, portadores de marcapasos.

ELECTRÓNICA BÁSICA DE LOS MARCAPASOS

Un marcapasos se puede considerar como un sistema compuesto por cuatro partes:

1. Fuente de energía (una batería de litio o un generador de energía nuclear).
2. Circuito electrónico (que modifica la energía proveniente de la fuente para proporcionar los impulsos de salida con la frecuencia, amplitud y duración convenientes).
3. Envoltura o continente del generador de impulsos (que protege de los líquidos hísticos tanto la fuente de energía como el circuito).
4. Electrodo del marcapasos (que son la vía final común de estimulación y/o sensibilidad entre el generador de pulsos y el corazón).

Funcionamiento del marcapasos

Percepción («sensing»)

La mayor parte de los marcapasos funcionan hoy en día «a demanda». El amplificador de percepción detecta la actividad cardíaca

espontánea, lo que producirá habitualmente uno de los dos fenómenos siguientes:

a) *Inhibición (I)*. Hay una despolarización cardíaca intrínseca de manera que no es necesario que se produzca una descarga eléctrica.

b) *Disparo (T, de trigger)*. Existe un evento cardíaco subyacente de manera que se puede producir una descarga eléctrica.

Polaridad

El sistema *marcapasos* puede ser de diseño unipolar o bipolar y ambos tipos son de utilización habitual. En el modo de operación unipolar se usa el electrodo activo como cátodo y la envoltura metálica del marcapasos como ánodo. En el sistema bipolar se usa una sonda de dos electrodos, que habitualmente utiliza la punta como cátodo con un electrodo anillado como ánodo. El sistema bipolar ofrece claras ventajas en lo concerniente al ruido electromagnético, ya que la distancia del bipolo es mucho menor. La longitud del bipolo unipolar será de casi 60 cm, pero el área de su superficie puede ser comparativamente enorme, puesto que incluye toda la funda metálica del marcapasos.

Circuitos

Muchos marcapasos incorporan hoy en día circuitos sofisticados que gobiernan el correcto funcionamiento del marcapasos. El funcionamiento del marcapasos puede ser modificado para acomodarse a las cambiantes necesidades fisiológicas del paciente, y esto tiene lugar usando un programador externo, que es propio de cada fabricante y

que incluso puede ser de diseño específico. La comunicación entre el marcapasos y el programador externo se realiza generalmente mediante la transmisión transcutánea de señales magnéticas o de radiofrecuencia codificadas. Los códigos de identificación se utilizan para asegurar que resulte muy improbable una programación accidental a causa de una interferencia.

Modos de imán

Todos los marcapasos incorporan algún sistema para evitar cualquier inhibición y producir la activación de la descarga eléctrica. La mayor parte hacen esto simplemente con un conmutador magnético en junquillo, que aísla el circuito sensor y devuelve al marcapasos al funcionamiento en frecuencia fija. La aplicación de un magneto se realiza como seguimiento rutinario del marcapasos en los hospitales y es parte del procedimiento habitual de control.

Modos de reversión de ruido

Los circuitos sensores de los marcapasos tienen respuestas de frecuencia que están ajustadas a las señales cardíacas. Un electrocardiograma puede tener componentes de hasta 1 KHz, pero, en la práctica, la respuesta de frecuencia es en general menor. Al margen del rango, y ciertamente por encima de 1 KHz, cualquier señal detectada por el marcapasos será interpretada como ruido. Así pues, el marcapasos se coloca en un modo de funcionamiento «seguro» hasta que el ruido se calme, de manera que generalmente es una estimulación de frecuencia fija, independiente del ritmo cardíaco subyacente.

Código de las cinco letras

Con el fin de unificar internacionalmente la denominación de los modos de estimulación, se desarrolló un código compuesto por cinco letras (North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group).

La primera posición del código designa la cámara estimulada (V = ventrículo, A = aurícula, D = ambas cámaras y O = ninguna); la segunda designa la cámara cuya actividad se detecta; la tercera el modo de respuesta frente a la actividad intrínseca (I = inhibido, T = provocado o «trigger», D = ambas, inhibido en la aurícula y provocado en el ventrículo, O = ninguno); la cuarta corresponde a la programabilidad (O = no programable, P = programable de uno a tres parámetros, M = multiprogramable —más de tres parámetros son programables—, C = telemetría y R = de frecuencia autovariable), y por último, la quinta posición indica si el generador está dotado de funciones antitaquicardia (O = ninguna, P = estimulación antitaquicardia, S = choque, D = ambos). Dicho código y su significado se exponen en la tabla 1.

Interferencias

1) Las interferencias externas pueden producir dos clases de efectos sobre el funcionamiento del marcapasos: los que producen un funcionamiento erróneo y los que tienen efectos fatales.

2) El funcionamiento erróneo puede ser producido por una radiación electromagnética o por campos eléctricos o magnéticos. Pueden traducirse, dependiendo del modo de funcionamiento normal, en:

a) Inhibición del marcapasos (percepción falsa).

TABLA 1. Código de las 5 letras. Modos de estimulación

<i>Dónde estimula Letra I</i>	<i>Dónde detecta Letra II</i>	<i>Para qué detecta Letra III</i>	<i>Programabilidad Letra IV</i>	<i>Antitaquicardia Letra V</i>
O = Ninguna	O = Ninguna	O = Nada	O = No programable	O = No
A = Aurícula	A = Aurícula	T = Síncrono	P = Programable	P = Estimulación
V = Ventrículo	V = Ventrículo	I = Inhibido	M = Multiprogramable	S = Choque
D = Ambas	D = Ambas	D = Ambas	C = Telemétrico	D = Ambos
			R = Frecuencia auto- regulable	

S = A o V

b) Activación del marcapasos (disparo espúreo).

c) Modo de reversión de ruido.

En todos los casos el funcionamiento normal del marcapasos se restablecerá cuando se suprima la fuente de interferencias.

3. Pueden producirse efectos fatales a consecuencia de daños físicos por golpes con objetos o aparatos sobre el marcapasos o por radiaciones electromagnéticas, como las producidas por la terapéutica ionizante, la terapia ultrasónica, la diatermia, etc., especialmente si consideramos que todos estos efectos son acumulativos.

Las mejoras en el diseño de los marcapasos han reducido la sensibilidad a los campos electromagnéticos. El fallo en los marcapasos de demanda depende de la intensidad del campo y de la frecuencia en la repetición del impulso. En general, la susceptibilidad del marcapasos tiende a decrecer a medida que la frecuencia de repetición del impulso aumenta. En baja frecuencia (menos de 10) los pulsos detectados simulan señales cardíacas y los marcapasos de demanda pueden ser inhibidos. A frecuencias altas (mayores de 10) los pulsos detec-

tados semejan ruido y el marcapasos revierte a un modo de frecuencia fija.

En general, hay que tener en cuenta que los marcapasos con derivaciones unipolares, a causa del «efecto antena» creado por la separación del cátodo unipolar en el corazón y la derivación indiferente o ánodo en el generador de pulsos, se vuelven más vulnerables a interferencias externas por detección de emisiones de radiofrecuencia.

Los sistemas de marcapasos bipolares son menos susceptibles de sufrir interferencias electromagnéticas por su mayor especificidad en la percepción o «sensing».

El diseño de los actuales generadores reduce los posibles efectos que algunas interferencias electromagnéticas pudieran tener sobre la estimulación. Así, hay modelos que incorporan filtros específicos y otros que ante una interferencia pasan a estimular de modo asincrónico una frecuencia predeterminada.

INTERFERENCIAS EN ACTUACIONES EN MEDICINA

1. La utilización del electrocauterio en la proximidad del generador o de la sonda

electrodo puede dar origen a la inhibición o al aumento de la energía liberada a través de los mismos, por lo que su uso debe llevarse a cabo con el paciente monitorizado, en períodos cortos y con la placa de «tierra» lo más alejada posible de la zona de implantación del generador.

2. La resonancia nuclear magnética también produce efecto sobre los generadores, ya que se trata de objetos metálicos, y puede dar lugar a cambios en la programación, alteración del generador o movilización del generador de su zona de implantación. En algunos modelos se han descrito episodios de estimulación rápida.

3. Con respecto al efecto de la litotricia sobre los marcapasos, parece adecuado programarlos temporalmente en modo VVI tanto los VVIR como los DDD, mantener monitorizados a los pacientes durante el procedimiento y disponer de un marcapasos externo transcutáneo en caso de tratarse de pacientes marcapasos-dependiente.

4. Las radiaciones ionizantes (cobalto y aceleradores lineales) pueden dañar los circuitos tipo CMOS que hoy día utilizan gran número de marcapasos, y al ser su efecto acumulativo, este riesgo es más elevado cuanto mayor sea la exposición, pudiendo llegar a producir efectos fatales.

utilizado, se recomienda realizar una monitorización cardíaca simultánea por personal cualificado y realizar además una prueba completa de función del marcapasos después de la exposición.

La diatermia por radiofrecuencia y las emisiones de radar o microondas pueden causar fácilmente una inhibición del marcapasos e incluso se sabe que pueden destruir la integridad del *software* dentro del marcapasos. Por ello, la diatermia no debe ser utilizada en pacientes con marcapasos, y si es imprescindible, es obligatorio monitorizar al paciente y aplicarla lejos del generador. Si se usa diatermia unipolar, la placa indiferente debe colocarse lejos del pecho (por ejemplo, en el muslo). Se dispondrá de monitorización cardíaca y no se aplicará la diatermia en la zona próxima de la envoltura metálica del marcapasos. Deben realizarse pruebas completas de funcionamiento del marcapasos una vez acabado el tratamiento.

Se precisa una valoración individualizada para los fisioterapeutas portadores de marcapasos (según modalidad), aconsejándose, siempre que sea posible, el alejamiento de las fuentes (onda corta, radar, etc.) y considerándose que la zona «segura» para el trabajo del fisioterapeuta es la que se encuentra alejada más de un metro del aparato en funcionamiento.

PROBLEMÁTICA DE LOS MARCAPASOS EN FISIOTERAPIA

A causa del peligro de calentamiento localizado, la diatermia por onda corta y por microondas no debiera usarse en un paciente portador de un marcapasos.

La terapia ultrasónica, como la usaba en Fisioterapia, debe ser evitada a menos que sea necesaria. Si este procedimiento ha de ser

CONCLUSIONES

Con el fin de evitar interferencias sobre los marcapasos, se recomiendan las siguientes medidas cuando el paciente sea portador de marcapasos:

1. El fisioterapeuta recabará informe del facultativo especialista acerca de la compatibilidad con la terapia física a utilizar.

2. Los ultrasonidos se aplicarán con precaución, manteniendo la vigilancia permanente del paciente durante todo el proceso.

3. Se evitará la aplicación de diatermia por radar o por microondas.

De otro lado, cuando el usuario del marcapasos sea el propio fisioterapeuta, éste tomará las siguientes precauciones para su propio beneficio:

1. Seleccionar las patologías susceptibles de tratamiento fisioterapéutico sobre las que deba intervenir, sopesando la proporción riesgo-beneficio en cada caso concreto.

2. Permanecer alejado más de un metro de los aparatos en funcionamiento (US, radar, microondas, etc.).

3. Preparar y utilizar dispositivos a distancia para la conexión y desconexión de estos aparatos.

BIBLIOGRAFÍA

Eagle, Haber, De Sanctis, Austen. La práctica de la cardiología. 2.^a ed. Panamericana. Madrid, 1991.

Iñiguez A. Tratado de terapéutica cardiológica, 3 tomos. ELA. Madrid, 1995.

Irnich W, De Bakker JMT, Bisping, H-J. Electromagnetic interference and implantable pacemakers. *Pace* 1978; 1: 52-61.

Moseley, H. Non-ionising radiation. Bristol: J.W. Arrow Smith, 1988.

Sinnaeve A, Williams R, Strootbandt R. Inhibition of on demand pacemakers by magnetic waving *Pace* 1982; 5: 878-890.

The First World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Florida. Abstract Book, 1992.

The Hospital Physicists' Association Protection. Practical aspects of non-ionising radiation protection. J. Law. Londres, 1982.

WHO. Nonionising radiation protection, 2.^a ed. Copenhagen. WHO Regional Office for Europe, 1989.