

## MARCAPASOS

### 1.- INTRODUCCIÓN

#### 1.1.- FISIOLÓGÍA CARDIACA

#### 1.2.- CONDUCCIÓN ELÉCTRICA EN EL CORAZÓN

### 2.-MARCAPASOS

#### 2.1.- APLICACIONES

#### 2.2.- CLASES

#### 2.3.- DESCRIPCIÓN

#### 2.4.- RIESGO

## 1.-INTRODUCCIÓN

### 1.1.-FISIOLOGÍA CARDIACA



**Fig.1- Corazón**

El corazón es un músculo de tamaño similar al del puño, alojado en un una especie de estuche denominado pericardio. El pericardio ayuda a mantener al corazón en su posición y a protegerlo. El pericardio y el corazón están separados por una capa fluida de lubricante que permite que el corazón bombee libremente dentro del pecho. El corazón consiste de tres capas musculares, el endocardio, el miocardio y el epicardio. El miocardio forma aproximadamente el 75% del tejido cardíaco. El pericardio es una delgada capa que recubre el miocardio. La tercera capa, conocida como endocardio, se ubica entre el miocardio y el interior del corazón. El corazón funciona como una bomba doble que hace circular la sangre hacia el circuito pulmonar para el intercambio gaseoso y hacia el resto del cuerpo para llevar oxígeno y nutrientes, y recoger los desechos del metabolismo. El corazón está separado por una delgada pared muscular llamada septum, la cual lo divide en dos mitades. A su vez, cada mitad está separada en dos cámaras limitadas por válvulas. Las cámaras superiores se llaman aurículas y representan las entradas del corazón. Las cámaras inferiores, los ventrículos, son las salidas del corazón. Las válvulas que separan las cámaras superiores e inferiores se denominan válvulas auriculoventriculares. La válvula que separa la aurícula derecha del ventrículo derecho se llama válvula tricúspide, mientras que la válvula que separa la aurícula izquierda del ventrículo izquierdo recibe el nombre de válvula mitral. Otro grupo de válvulas controla el flujo sanguíneo de cada ventrículo a las arterias principales. La válvula que separa el ventrículo derecho de la arteria pulmonar (la arteria que lleva sangre hacia los pulmones) se llama válvula pulmonar. La válvula aórtica es la que separa el ventrículo izquierdo de la aorta, la arteria principal que lleva sangre a los órganos y tejidos del cuerpo.

## 1.2.- CONDUCCIÓN ELÉCTRICA DEL CORAZÓN

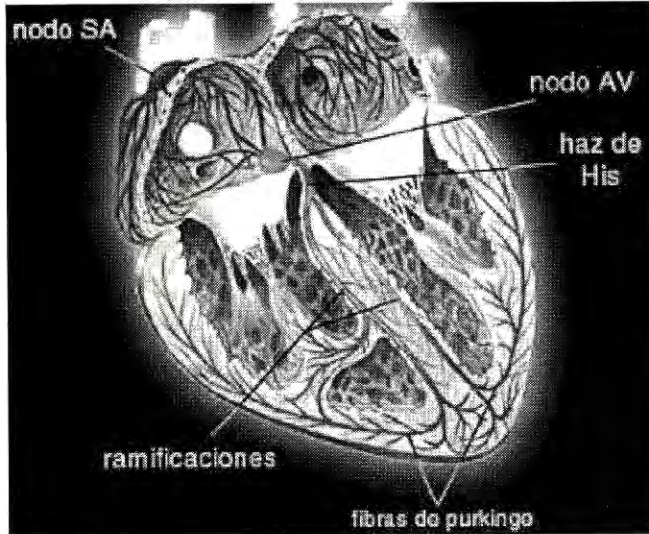


Fig.2- Esquema de la estructura del corazón

El complicado sistema de conducción eléctrica del corazón comienza en la aurícula derecha, más precisamente en una estructura de tejido muscular modificado conocida como nodo senoauricular (o nodo sinusal). El nodo SA, ubicado en la pared posterior de la aurícula derecha es el marcapasos natural del corazón. Sus células especializadas disparan, al auto-excitarse, un impulso eléctrico que se esparce por las aurículas a

través del haz de Bachman, de manera que ambas aurículas se contraen al mismo tiempo. La contracción de las aurículas impulsa la sangre hacia los ventrículos a través de las respectivas válvulas. El impulso que comenzó en el nodo SA viaja hacia otra estructura de tejido muscular especializado ubicada en la base de los ventrículos: el nodo aurículoventricular. Este nodo actúa como una línea de retardo que enlentece la propagación del potencial de acción. Esto permite que toda la sangre de las aurículas sea vaciada hacia los ventrículos antes de su contracción.

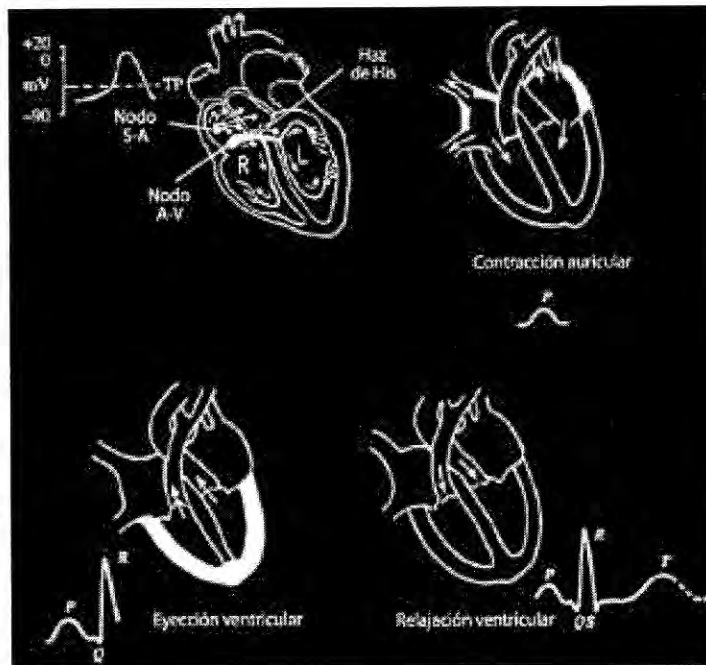


Fig.3- Secuencia del corazón

Luego, el potencial de acción llega hasta el haz de His y de ahí a las fibras de Purkinje. Estas fibras conductoras del potencial de acción están distribuidas en dos secciones: una envía al músculo del ventrículo derecho y la otra el músculo del ventrículo izquierdo. El potencial de acción se propaga a través de las fibras de Purkinje a gran velocidad, aproximadamente a 2 m/s. Esto causa que los ventrículos se contraigan rápido y súbitamente, bombeando la sangre, a través de las respectivas válvulas, al exterior del corazón. La contracción de los ventrículos se conoce como sístole, mientras que su relajación se denomina diástole.

La conducción eléctrica del corazón, que comienza en el nodo SA y llega hasta los ventrículos, produce una señal eléctrica que puede medirse desde la superficie corporal de una persona. La gráfica temporal de las tensiones inducidas por estos fenómenos eléctricos se conoce como electrocardiograma (ECG). La figura 3 es un gráfico del corazón y sus grandes vasos, junto con la génesis del ECG. El ECG consiste de dos partes: la actividad eléctrica de la aurícula y la de los ventrículos. Ambas componentes tienen un período de excitación y otro de recuperación. Como se ha dicho anteriormente, dentro de la aurícula derecha se encuentra el nodo senoauricular, cuyas células poseen un potencial transmembrana que decrece (se acerca a 0 milivolts) espontáneamente hasta alcanzar el potencial umbral (TP), produciéndose la auto-excitación). El potencial de acción del nodo SA estimula el músculo auricular adyacente, excitándolo completamente y dando origen al primer evento del ciclo cardíaco, la onda P. La excitación auricular se propaga hacia el nodo AV y sigue por el haz de His y las fibras de Purkinje hasta llegar al miocardio. La propagación de la excitación a través de los ventrículos da origen al complejo QRS, que equivale a la contracción ventricular. Mientras tanto, durante la onda QRS, la aurícula se recupera, apareciendo la onda T<sub>p</sub>, aunque esta onda no se observa normalmente en el ECG porque está solapada por la onda QRS de mucha mayor amplitud.

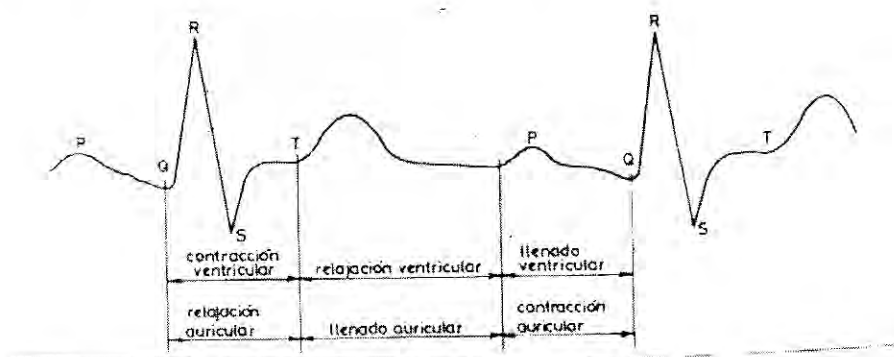


Fig.4- Señal del corazón

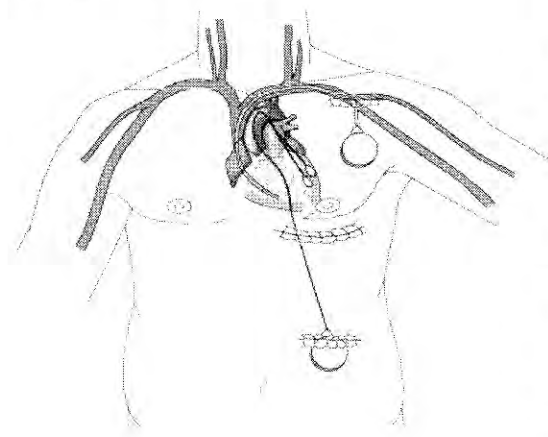
La onda T (repolarización del músculo cardíaco) que aparece luego, identifica la relajación de los ventrículos. De lo anterior, puede verse que el ECG es solo una señal temporal. No hay información dinámica en su amplitud. No obstante, analizando la secuencia P-QRS-T es posible determinar si los procesos de contracción y relajación ocurren normalmente.

## 2.-MARCAPASOS

### Marcapasos Natural

El marcapasos fisiológico natural, llamado nodo seno auricular, es un temporizador eléctrico que controla la frecuencia de contracciones musculares del corazón, permitiendo que el mismo bombeo de sangre para abastecer el amplio rango de demanda encontrado en la vida diaria, desde cuando corremos para alcanzar un colectivo hasta cuando dormimos. El corazón de cada persona se acelera o enlentece bajo diferentes condiciones y pueden, en algunas condiciones, aparecer aleteos o la pérdida de un latido. Estas palpitaciones son casi siempre transitorias y sin importancia. Sin embargo, algunas veces el sistema eléctrico del corazón funciona mal y se producen serios desórdenes en su ritmo de latido. Estas arritmias cardíacas pueden debilitar la funcionalidad del sistema circulatorio y aún ser peligrosas para la vida de la persona que las posee. No obstante, la disponibilidad actual de marcapasos artificiales y el reciente advenimiento de los desfibriladores implantables han revolucionado su tratamiento.

### Marcapasos artificial



El marcapasos artificial es un aparato capaz de generar, en el corazón, impulsos eléctricos de forma rítmica y a una frecuencia suficiente para mantener un gasto cardíaco adecuado. En la actualidad, la electroestimulación artificial se ha transformado en un método de tratamiento de las alteraciones bradicárdicas del ritmo, de muy pocos riesgos y ampliamente estandarizado.

Es un aparato electrónico que produce unos impulsos eléctricos, estinados a estimular el músculo cardíaco. El número de impulsos por minuto que se producen es lo que se llama frecuencia. El mecanismo se alimenta de la energía eléctrica de una o varias pilas. Estos impulsos eléctricos se conducen hasta el músculo del corazón por medio de un cable (o electrodo), de modo que el marcapasos mismo (o generador de impulsos) está colocado a poca profundidad por debajo de la piel o fuera del cuerpo (marcapasos externo), mientras que el electrodo penetra mucho más profundamente dentro del organismo, hasta el mismo corazón.

## 2.1.-APLICACIONES

Los importantes avances técnicos a que están sometidos estos aparatos, y la consecuente ampliación de sus posibilidades, determinan que sus aplicaciones estén aumentando continuamente.

Los dispositivos electrónicos implantables se han desarrollado para tratar tanto enlentecimientos en la frecuencia cardíaca (bradicardias) como excesivas aceleraciones en la misma (taquicardias). Tales desórdenes en el ritmo cardíaco se producen a causa de problemas en la producción o en la transmisión de los impulsos eléctricos dentro del corazón.

La tecnología de los marcapasos ha evolucionado inmensamente en las últimas tres décadas. Cada fase del desarrollo se ha asociado con mejoras clínicas. Cada etapa del progreso condujo a dispositivos más pequeños y fiables, con mayor programabilidad. La longevidad de los marcapasos ha sido aumentada con mejores diseños y nuevos desarrollos en la tecnología de las baterías. Los primeros dispositivos utilizaban "pacing" asincrónico, el cual tuvo un efecto significativo en la reducción de mortalidad debida al bloqueo cardíaco completo inducido quirúrgicamente. Los marcapasos ventriculares a demanda solucionaron el problema del pacing asincrónico competitivo con el marcapasos natural, resultando en una mejora hemodinámica; pero, como en las otras mejoras, aparecía el fenómeno de taquicardia mediada por el marcapasos.

## 2.2.-CLASES

A.- Según los avances que incorporan:

Convencional: Provoca estimulación ventricular y asincrónica. El latido que induce no se beneficia de la contracción auricular y, además, no es capaz de inhibirse aún en presencia de una actividad normal del propio corazón del paciente.

Sincrónico: Está capacitado para "leer" la actividad del corazón del paciente. Se inhibe ante la presencia de latidos normales. Evita el riesgo de arritmias provocadas por una inoportuna intervención del marcapasos. (de demanda).

Secuencial: Puede estimular sincrónicamente aurícula y ventrículo. Provoca la estimulación de la aurícula y varios milisegundos después la del ventrículo..

Fisiológico: Incrementa la frecuencia cardiaca cuando detecta actividad muscular.

Con dispositivo antiarritmia: Capaces de reconocer una taquiarritmia e iniciar la estimulación adecuada para controlarla.

B.- Según su duración:

Definitivo: Se prevé que dicho trastorno no es reversible. Deben tener una vida superior a diez años, aunque es necesario un control regular de las pilas y otros posibles fallos.

Transitorio: Se prevé que el trastorno del ritmo que aconsejó su colocación es reversible.

Nos vamos a centrar en la estimulación temporal.

La estimulación cardíaca temporal tiene por objetivo el sostenimiento artificial del ritmo cardíaco del paciente hasta que se subsane el problema, bien por la desaparición de la causa que lo produjo, o bien por la colocación de un marcapasos permanente. Se trata de una técnica profiláctica en algunas situaciones de alto riesgo, o terapéutica cuando ya se ha producido un compromiso hemodinámico grave como consecuencia de una bradiarritmia.

La estimulación temporal puede llevarse a cabo de diferentes formas:

- *Transvenosa*: así denominada porque se emplea una vía venosa para la introducción de un electrodo hasta el ventrículo o aurícula derecha (endocavitaria). Es la más utilizada cuando se presupone que la estimulación temporal será necesaria durante un período de tiempo prolongado, por su sencillez y su escasa molestia para el paciente ya que se emplean habitualmente bajas energías (de 1 a 5 mA). (MP tipo externo)

- *Transcutánea*: se realiza la estimulación cardíaca mediante dos electrodos externos, aplicados sobre la piel de la cara anterior y posterior del tórax del paciente. Está especialmente indicado en caso de extrema urgencia; tiene el inconveniente de que la estimulación es dolorosa por producir estímulos de 10 a 50 mA, por lo que generalmente precisa sedación. (MP tipo externo)

- *Otras*: las demás vías de estimulación temporal solamente se emplean en situaciones especiales; la vía epicárdica empleada para la estimulación en el postoperatorio de cirugía cardíaca; la intracoronaria en ciertas situaciones como la angioplastia coronaria y la transesofágica si se pretende realizar una estimulación auricular de breve duración. (MP tipo externo)

C.- Según su colocación: Hacemos la distinción entre implantables o externos. Los marcapasos externos se pueden dividir en dos clases:

- Marcapasos invasivos: los cuales están conectados directamente al corazón dirigido a través de la piel, a menudo pasan a lo largo de una vena. En estos dispositivos que tienen conexiones intracardiacas, la exigencia de seguridad eléctrica en estos tipos de marcapasos externos son mucho más elevados que para los tipos no invasivos.
- Marcapasos no invasivos: Está conectado al paciente mediante dos electrodos situados sobre el tórax. Aunque en la actualidad está muy perfeccionado, precisa de una gran corriente para lograr la estimulación cardíaca, lo que provoca espasmos de los músculos cercanos con la consiguiente molestia para el enfermo consciente. Por lo traumatizante y lo inseguro está indicado sólo en situaciones de urgencia y mientras se prepara la colocación de uno interno. La colocación es muy simple. Dos electrodos recubiertos de pasta conductora se fijan con esparadrapo; también se pueden situar los dos en el hemitórax izquierdo (uno en el pecho y otro en la espalda). Perciben la actividad del corazón mediante unos electrodos normales de ECG. Generalmente es menos efectivo y menos versátil que los tipos invasivos o implantables.

Como resumen, recordar que hay dos grandes familias de marcapasos, los implantables y los externos. Los marcapasos externos se utilizan para estimular temporalmente a los pacientes antes de implantable, así como estimular temporalmente durante otros procesos médicos, por ejemplo en una operación a corazón abierto.

Los marcapasos difieren en las varias formas en que mantienen y vigilan la actividad cardíaca en diferentes circunstancias. El modelo más simple estimula el ventrículo independientemente de la actividad cardíaca: otros detectan la actividad ventricular y estimulan el ventrículo como y cuando es necesario; otros, más complejos, detectan la actividad espontánea del corazón y estimulan adecuadamente la aurícula y/o el ventrículo. algunos marcapasos trabajan con frecuencias, amplitudes y duración de impulsos preajustados. Otros pueden tener varios valores para sus parámetros.

### 2.3.-DESCRIPCIÓN

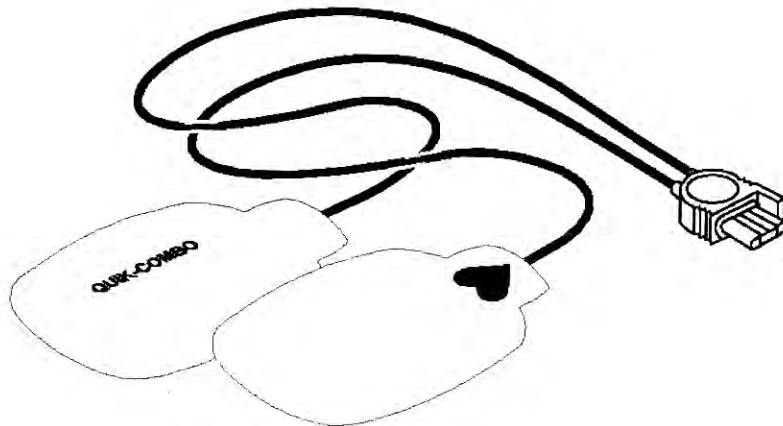
Como se ha comentado anteriormente un marcapasos es un aparato electrónico, que envía estímulos eléctricos repetidos al corazón, para controlar su ritmo y frecuencia. Inicia y conserva la frecuencia cardíaca cuando sus homónimos naturales cardíacos no funcionan.

Un marcapasos consta de dos partes:

1. Electrodo (también llamados alambres o cables), que transmite los impulsos artificiales al corazón.

La estimulación eléctrica mediante marcapasos puede ser temporal o permanente. El empleo de una u otra modalidad va a depender de si el origen del trastorno que ocasionó su utilización es reversible o permanente. Por otra parte, debido a la rapidez con que se

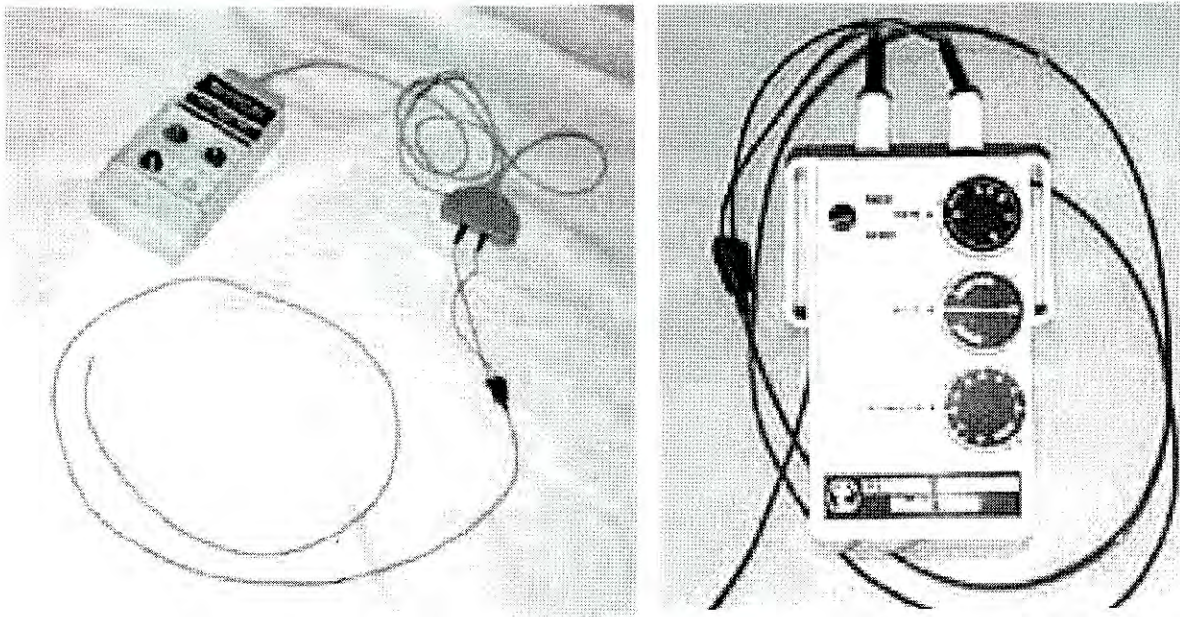
puede instaurar la estimulación temporal y la gravedad de algunas situaciones en las que se emplea esta terapéutica con una elevada morbimortalidad, no resulta infrecuente el empleo de la estimulación temporal como puente para la estimulación permanente.



**Fig.6- Electrodo Livepack12**

2.- Un generador de impulsos. En él se encuentran las baterías y el circuito electrónico. Aunque varían de un modelo a otro, básicamente son muy parecidos y constan generalmente:

- Mando regulador de la intensidad de salida. Una vez colocado el marcapasos se comienza a elevar la intensidad hasta que aparece en el monitor de registro cardíaco la espícula originada por el marcapasos seguida por un QRS ancho, propio de una estimulación ventricular. La intensidad necesaria para que se desencadene este complejo se denomina Umbral de Excitación. Generalmente, cuando un marcapasos interno está bien situado, el umbral de excitación es inferior a 1 mA. Seguidamente elevaremos la intensidad hasta el doble del umbral, para garantizar que en ningún caso será suficiente. No es conveniente subirla más del doble porque corremos el riesgo de dañar la pared cardíaca.
- Mando regulador de la frecuencia. Con él determinamos la cadencia con que el marcapasos estimulará al corazón. Si éste mantiene un ritmo aceptable situaremos el mando sobre las cincuenta sístoles por minuto, para que no interfiera en la actividad cardíaca pero sí esté preparado para tomar el relevo si ésta falla. Si el paciente no es capaz de mantener una frecuencia suficiente se la subiremos nosotros artificialmente hasta donde consigamos mantener un gasto cardíaco adecuado.



**Fig.7.- Marcapasos externos: generador de impulsos v electrocateter.**

A este respecto es conveniente saber que, al no estimularse más que ventrículo (salvo en los secuenciales), el volumen de eyección se ve reducido en un 20% como consecuencia de la falta de aporte auricular. El incremento más significativo del gasto se produce con frecuencias de 80-90 impulsos/min. pero esto eleva el consumo miocárdico de oxígeno, por lo que, por regla general, no se deben sobrepasar frecuencias de 70-80 impulsos/min.

- Interruptor on/off. Tiene, para la posición en on, una patilla que impide que se desconecte accidentalmente.

- Indicador analógico. Nos informa si el estímulo recogido en el corazón proviene del enfermo o si ha sido emitido por el marcapasos.

- Mando regulador de la sincronización. Con él determinamos el grado de sensibilidad que tendrá el marcapasos para captar los estímulos procedentes del corazón, e inhibirse o no. Su posición natural es con sensibilidad alta (lo que se denomina "a demanda").

## 2.4.-RIESGO

- Arritmias del tipo de fibrilación ventricular por la estimulación del marcapasos al comienzo de la repolarización ventricular (onda T). Este problema está prácticamente subyugado tras la aparición de los marcapasos sincrónicos.

- Arritmias durante la colocación Trombosis

- Infección

- Lesión ventricular. En relación con una excesiva intensidad de corriente y/o un largo tiempo colocado

- Cambios de posición del electrodo. Lo que puede causar un cese en la estimulación cardíaca

- Deterioro de los componentes. Agotamiento de la batería, defectos en el sistema de inhibición (compite, por tanto, con el paciente), etc.

## RESUMEN

Cuando la estimulación autónoma del corazón comienza a alterarse seriamente, nos vemos obligados a intervenir para evitar cuadros graves de desequilibrios modinámicos; e incluso una parada cardíaca.

Para ello disponemos de un instrumento muy válido, a veces el único, que es el marcapasos artificial. Con él conseguimos generar, en el corazón, impulsos rítmicos capaces de mantener un gasto cardíaco adecuado.

La tecnología ha permitido diseñar aparatos muy sofisticados que actúan como verdaderos robots inteligentes capaces de discriminar sus respuestas según los estímulos recibidos. A pesar de ello precisan de un personal especializado que supervise su correcto funcionamiento.

En la electroestimulación cardíaca, la Enfermería juega un papel primordial ya que, además de colaborar en la colocación del marcapasos, debe vigilar y controlar una adecuada estimulación-respuesta.

*Xavier Pardell*