

Tema de Actualidad

Duración y Confiabilidad de los Marcapasos implantables, Nuevas Fuentes de Energía

Dr. RUBEN A. POSSE

Jefe del Servicio de Cardiología Hospital Nacional Prof. Dr. M. Castex

Dos son las características fundamentales de toda prótesis a implantar cualquiera sea su destino. Ellas son, aparte de su compatibilidad biológica, la confiabilidad y longevidad o duración de las mismas. En el caso de los marcapasos cardíacos que se implantan en forma definitiva estas dos condiciones involucran a todos los integrantes de los mismos, que para su mejor análisis serán divididos en: 1. Fuente de energía; 2. Circuito electrónico; y 3. Conductor-electrodos. Los dos primeros constituyen el denominado generador del marcapaso y son una unidad sellada.

Desde las primeras implantaciones realizadas por toracotomía amplia usando electrodos epimiocárdicos (años 1962 a 1965 inclusive), la longevidad del sistema marcapaso dependía fundamentalmente de los conductores electrodos, ya que éstos en un tiempo más o menos variable, pero habitualmente corto, solían fracturarse en la base de la planchuela de plástico que apoyaba en el miocardio.

Al cambiar la vía transtorácica (en 1966) por la transvenosa y el uso de catéter electrodos con una duración prolongada, la longevidad de los marcapasos estaba signada por la duración de la fuente de energía o alimentación de los mismos. En los últimos años un tercer factor viene a intervenir en la longevidad y confiabilidad de los marcapasos y es el circuito electrónico. El circuito electrónico convencional, (discreto), es reemplazado por un circuito híbrido en film espeso y recientemente por circuitos totalmente integrados, denominados monolíticos, que permiten una disminución notable de

los elementos que lo integran para realizar una misma función (aproximadamente 24 componentes electrónicos en lugar de 100 para un circuito discreto o híbrido). El perfeccionamiento de los circuitos electrónicos aumentó la duración de las fuentes de energía al disminuir el drenaje de corriente eléctrica producida por los mismos. El diseño de electrodos de pequeña superficie, disminuyendo la misma de 24-48 mm² a 10-12 mm² y en algunos modelos a 8 mm², permitió también amenguar el desgaste de las baterías.

Estos pequeños electrodos producen una alta densidad de corriente en su superficie permitiendo una buena estimulación. Investigaciones posteriores demostraron que a igual superficie de los electrodos, la densidad de corriente es mayor cuando mayor es la curvatura del electrodo y así nacieron los electrodos a bolita (balltip).

Todos estos progresos tecnológicos y otros no enunciados anteriormente, como ser: la disminución del ancho del pulso, programación de la frecuencia, intensidad y duración del estímulo, etc. permitieron mejorar la longevidad de los marcapasos alimentados por baterías alcalinas convencionales de Zinc-Oxido de Mercurio desarrolladas por S. Rubén, al disminuir por distintos mecanismos el desgaste de energía (Mal'ory RM-1. Leclanché MR-81. General Electric, etc.).

Estas baterías de Zinc-Oxido de Mercurio fueron ampliamente utilizadas desde su introducción en 1959 por todos los fabricantes de marcapasos y tienen de acuerdo a cálculos teóricos una duración máxima de cinco años y una limitada densidad de energía en rela-

ción al volumen, característica que impide disminuir el volumen del generador.

Otras desventajas de las pilas de Zinc-Oxido de Mercurio son: el agotamiento brusco e inesperado, la liberación de gases (hidrógeno) que no permite el cerrado hermético del generador, estar construidas con metales como el Zinc-Mercurio y electrolitos líquidos de hidróxido de sodio o potasio, que permiten la corrosión por ser altamente reactivos y necesitar de un separador entre ánodo y cátodo, y por ser el electrolito líquido, que puede perforarse produciendo cortocircuito interno.

La confiabilidad y longevidad de las fuentes de energía son evaluados mediante extensas pruebas de rendimiento. Hay dos categorías de pruebas, una denominada de vida acelerada y otra de vida real, o tiempo real. Estas últimas se efectúan a temperatura corporal y con un drenaje de corriente común a los marcapasos actuales (10 a 30 microamperios).

La introducción de las baterías de níquel-cadmio recargables, perfeccionadas por el Departamento de Física de la Universidad de John Hopkins, y las fuentes de energía isotópicas (Plutonio 238), representaron un avance significativo en la búsqueda de una fuente de alimentación de larga duración. Actualmente tenemos pacientes con estos marcapasos implantados hace más de cuatro años en correcto funcionamiento. Sin embargo la primera fuente necesita una recarga semanal y las isotópicas tienen problemas por los controles legales establecidos en casi todos los países por ser un elemento radioactivo.

La utilización de las baterías de litio desde 1973, representó una verdadera revolución desplazando en forma progresiva en los últimos años a las convencionales de Zinc-Mercurio, hasta el punto que en algunos centros europeos y en los Estados Unidos de América todos los marcapasos implantados en 1977 fueron con fuente de energía de litio y de excepción los de plutonio. Más de veinte fabricantes de todo el mundo utilizan en la actualidad esta fuente de alimentación para sus marcapasos.

¿Cuáles son las ventajas que explican este uso masivo? Se enumerarán algunas: 1. El volumen total de las baterías permanece constante durante su descarga, no produciéndose tumefacción o ruptura de las mis-

mas; 2. No se desprenden elementos volátiles o corrosivos por las reacciones químicas; 3. La batería puede ser cerrada herméticamente; 4. La hermeticidad impide la entrada de humedad; 5. Tienen una adecuada densidad de energía (relación energía-volumen), permitiendo un tamaño y peso menor del generador; 6. En las baterías de estado sólido de litio no se requiere un separador especial, ya que el yoduro de litio cristalizado actúa como tal; 7. La longevidad y confiabilidad es mucho mayor que el de las baterías convencionales, dependiendo su duración de las características intrínsecas de construcción de cada pila de litio y si son de estado sólido o de litio orgánico.

En las baterías de litio de estado sólido no hay electrolito líquido y la conclusión iónica se hace a través de un sólido cristalino de yoduro de litio. Hay numerosas baterías que usan este principio pero ciertas diferencias en su construcción pueden incidir en su rendimiento futuro y que por ello es necesario conocer. Las baterías "WG" (Wilson Greatbatch) tiene varios modelos, de uno o dos ánodos, siendo la más experimentada la 702E, está constituida por un doble ánodo de litio metálico, el cátodo es de yoduro de parylene y el electrolito de yoduro de litio cristalino, está encapsulada herméticamente en acero inoxidable, el voltaje es de 2.8 V y la capacidad de 3.5 Ah. La WG 742 son dos pilas en serie de 2.8 V con un total de 5.6 V que hace innecesario el uso de un duplicador de voltaje. El objetivo inicial de estas baterías era una duración de seis años, su duración real ya ha superado los 5 años y la predicción en pruebas de vida acelerada es de 13-14 años.

Otras baterías WGL utilizadas en la actualidad son los modelos 752 y 755 que tienen características de descarga distintas. La longevidad de la primera a 90 p.p.m. y una carga de 500 ohms, es de 6 años y de la segunda en las mismas condiciones de trabajo es de 8 años con una duración teórica probable de 15 años, asemejándose así a la 702 E.

La batería Mallory LSA-900-6, está constituida por 21 elementos que se agrupan en 7 conjuntos unidos en paralelo. Cada conjunto lo forman tres pilas unidas en serie. El ánodo de cada pila es de litio metálico pero el cátodo es de yoduro de plomo, siendo el electrolito similar a los anteriores de yoduro de litio cristalino. La capacidad nominal es

de 875 mA/hora y el potencial de 5.7 Voltios (cada célula tiene 1.9 V).

Catalyst Research Corporation (CRC), es una de las mayores fábricas de baterías de litio, siendo los inventores de las pilas de estado sólido. El comienzo de las investigaciones en CRC sobre yoduro de litio se iniciaron en 1967 y ya eran fabricantes de baterías térmicas desde 1948. Bajo su licencia se fabricaron las baterías comercializadas con el nombre WG o WGL de la serie 700 (702 A. B. C. E. P. etc.). Desde 1974, CRC entrega un nuevo tipo de batería denominada "Lithiode", con características eléctricas y mecánicas diferentes respecto a la serie anterior. Constituye la serie 800 en permanente desarrollo y evolución en sus diversos modelos (801/23 ó 35; 802/23 ó 35; 808 A29; 810/23; 810A/16, etc.), las últimas de forma redondeada o rectangular y con diferentes capacidades en A-hs., según su altura y espesor. Desde 1974 CRC ha entregado más de 100.000 baterías de litio de esta serie, a más de una docena de fabricantes de marcapasos en todo el mundo. La batería "Lithiode" (Li-I2) de la serie 800, tiene cambios fundamentales respecto a la serie 700 y las WG, por cuanto el ánodo es externo y el material despolarizante es interno (poli-2-vinylpyridina y iodo-P2PVI₂), con lo que se impide la acción corrosiva de este último material sobre el acero inoxidable. El electrolito es yoduro de litio cristalino, el continente acero inoxidable y el cierre totalmente hermético. La capacidad de las baterías más usadas en los marcapasos actuales en plaza es de 4.3 A/hs para la 802/35 y de 2 A/hs para la 802/23, con una densidad de energía de 0.53 Watt-hora/cm³ y un peso de 54 gramos para la primera y de 0.41 Watt-hora/cm³ con un peso de 34 gramos para la segunda. Las baterías de litio contienen muchos materiales higroscópicos por lo que deben ser manufacturadas en ambientes con muy bajo grado de humedad (dry room).

Las baterías de litio orgánico se caracterizan por tener electrolito líquido de litio y entre ellas se encuentran la pila SAFT 210 y recientemente la 220 de muy difundido uso; la GTE AA y la WGL de bromuro de sodio. La pila SAFT 210 está constituida por un ánodo de litio metálico, el cátodo es de cromato de plata (CrO₄Ag), y el electrolito es de perclorato de litio disuelto en carbonato de propileno, el continente es de acero inoxidable, el cierre totalmente hermético, de forma redondeada (tipo botón), de muy poco peso (9 gramos) y de 21 mm de diámetro por 9 mm de altura. Es una batería de poca resistencia interna y mayor estabilidad química. La capacidad nominal es de 0.6 A-hs y una tensión de 3.2 voltios. El pequeño tamaño de esta batería junto con su probada eficiencia ha hecho posible construir marcapasos de alrededor de 50 gramos y de duración prolongada.

La introducción de las baterías de litio como fuente de energía para los marcapasos cardíacos ha constituido un real progreso en la marcha hacia la prótesis ideal. A cinco años de su introducción en el campo clínico ha desplazado en forma terminante a las pilas de mercurio de zinc y en gran porcentaje a las isotópicas y recargables de cadmio-níquel. Esto ha sido factible por su alta confiabilidad y prolongada duración que permite hacer los cambios de generador en forma más espaciada. Por otro lado, la particular características de estas baterías de disminuir su energía en forma progresiva o escalonada, posibilita diagnosticar en forma sencilla y accesible el agotamiento del generador por la disminución de la frecuencia cardíaca a un nivel crítico que permite programar su sustitución con un margen considerable de seguridad en cuanto a la energía que todavía queda en las baterías.

Dr. Rubén A. Posse