Apuntes sobre la historia del marcapaso cardíaco artificial

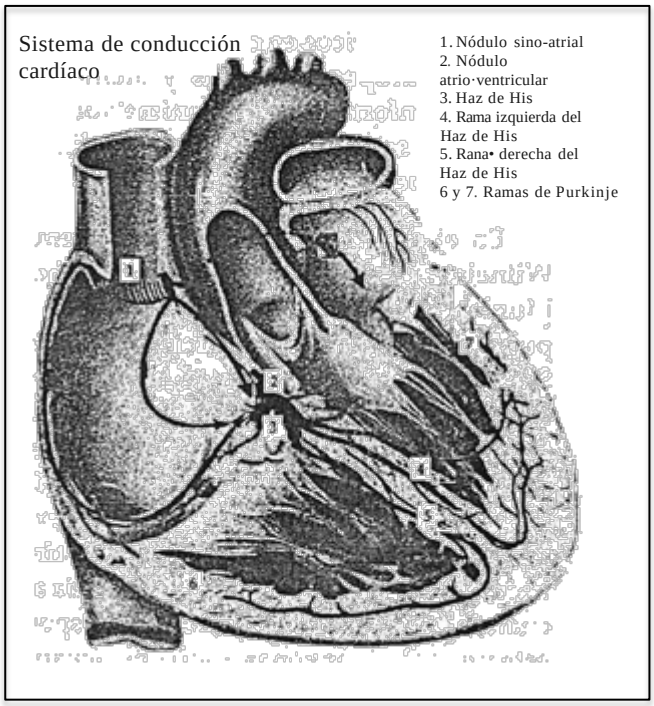
*Donato Salas-Segura**

El corazón posee su propio sistema de genera ción y conducción de impulsos eléctricos que le permite, no solo mantener una adecuada frecuen cia de latidos, sino que además deja que estos latidos o contracciones se efectúen con sincronía entre las diferentes cámaras cardiacas o sea, entre los atrios (antes llamadas aurículas) y los ventrícu los1.

En condiciones normales, el estímulo eléctrico cardiaco inicial se genera en una pequeña estruc tura situada en el atrio derecho (ver figura) llama da nódulo sino-atrial, desde allí el impulso se extiende a ambos atrios provocando su contrac ción y alcanzando al nódulo atrio-ventricular que será estimulado por él a generar un nuevo estímu lo eléctrico dirigido hacia los ventrículos, a través del Haz de His y sus dos ramas, derecha e izquier da, hasta alcanzar un sistema de conducción más fino -ilamado fibras de Purkinje- el cual permite que finalmente alcance las fibras musculares miocárdicas ventriculares y se complete la con tracción cardiaca o sístole.

Los marcapasos cardiacos artificiales son pe queños dispositivos electrónicos que por medio de estímulos eléctricos regular, *l* actividad contráctil de corazones que por alguna razón laten a una frecuencia peligrosamente baja. Se estima que se han implantado hasta la fecha unos dos millones de marcapasos a personas de tcxio el mundo.

Médico cirujano, residente en el H os¡i tal Calé.:rón Guardia.
La propiedad del corazón para generu una fw:uencia propia se conoce como cronotropismo. La p:cJpiedad para conducir el estímulo eléctrico auto-generado ·llama d:omotropismo.



Tomado con modificaciones de: Lossnitzer K., Pfennisdorf G., Bnuer H. „Mioc< :rdio. Vasos s.anguíneos. Calcio'".

Durante el siglo 18, el creciente interés por la electricidad y sus potenciales aplicaciones en *los* diferentes campos de la actividad humana, pronto llevaron a realizar experimentos en animales para estudiar los diferentes efectos que ella tenía e los tejidos orgánicos. Los entonces relevantes e intere santes resultados que de dichos experimentos se obtuvieron -básicament e contracciones muscula res•controladas- pronto llevaron a la idea de esti mular el músculo cardiaco y, eventualmente, lo grar la reanimación de animales muertos. En el año de 1774, Giovanni Aldini', un físico italiano cate-

drático de la universidad de Bolonia e inventor de un eficiente extintor de incendios, logró reanimar a un niño que había caído por una escalera por medio de estímulos eléctricos en el tórax. Algunos entusiastas médicos ingleses de la época, como John Fothergill, quien también estudió la difteria y la respiración artificial, presentaron varias comunicaciones a la Real Sociedad Humana de Londres en las que sugerían aplicar estímulos elécfHtos a: humanos para lograr su reanimación en muy variadas situaciones (John Hunter, el celebérrimo cirujano iniciador de la investigación de trasplantes, recomendó su uso en ahogados).

En 1802, Nysten demostró en el cadáver recién ejecutado de un reo cómo los efectos de la estimulación eléct¡;ica il.:r.ti(ió8.ldel corazón se per-. dían paulatinamente[2]. Cerca de sesenta años des-· pués, Walshe primero y Duchenne (conocido médico francés que dio su nombre a una enfermedad muscular congénita) después, sugirieron emplear estímulos eléctricos en casos de paro cardiaco. Dos médicos europeos, Altahus y Steiner, en forma separada, informarían de reanimaciones eléctricas exitosas en sendos casos de paro cardiaco (en 1864 y 1871 respectivamente).

En el año de 1882, el médico alemán Hugo Wilhelm von Ziemsenn, director del hospital de Munich y profesor de la universidad de Erlanger, publicó el caso de una paciente suya, Catarina Serafín, de 42 años, a quien, como consecuencia de la resección de un tumor benigno de la pared torácica, se le podía ver el corazón latiendo bajo una delgada capa de piel lo que permitía realizar observaciones directas e interesantes experimentos. Von Ziemsenn descubrió que un estimulo eléctrico rítmico sólo imponía su frecuencia al corazón cuando era mayor que la frecuencia espontánea de este y que algunas zonas eran conspícuamente más sensibles al estímulo que otras. Unos años después se descubriría que estas zonas sensibles o excitables correspondían a regiones cardíacas en las que se localizaba parte del aparato de conducción cardíaca normal.

Diecisiete años después de la publicación de los experimentos de von Ziemsenn, Prevost y Pattelli demostraron que la estimulación eléctrica era capaz de producir trastornos en el ritmo cardiaco (arritmias) que a menudo eran suprimidos con la aplicación de otra descarga eléctrica.

En 1903, el holandés Willen Einthoven presentó a la comunidad científica un ingenio de 275 Kg. de peso al cual describió como un galvanómetro con una cuerda metálica y que se constituyó en el primer electrocardiógrafo. Este invento le valió el premio Nobel de 1924 y se constituyó en uno de los avances más importantes en la cardiología.

Con el electrocardiógrafo, que para 1928 ya se construía de tan sólo 14 Kg. de peso, el estudio de la actividad eléctrica normal y anormal del corazón podía realizarse con sólo colocar los electrodos sobre la piel. El camino para el desarrollo del marcapaso fue allanado notablemente gracias a ello.

Tiempo más tarde, dos hombres por separado, Robinovitch y MacWilliam, estudiaron los efectos de las arritmias sobre el corazón y el sistema cardiovascular en general. Como resultado de sus trabajos, Robinovitch, en 1909, construyó el primer dispositivo eléctrico portátil para reanimación cardiaca, y MacWilliam, que publicó tesoneramente sus experiencias entre finales del siglo XIX y la Primera Guerra Mundial, se convirtió en el primer científico en describir los efectos que las arritmias producían sobre el sistema cardiovascular.

La labor de todos estos hombres no produjo mayor efecto sobre la comunidad médica, quizás por el hecho de que, a principio de siglo, el mayor interés científico se centró en las técnicas de reanimación cardiaca no eléctricas, como el masaje cardiaco y la aplicación de fármacos endovenosos. Sin embargo, la investigación de los efectos de la estimulación eléctrica sobre el corazón continuó en forma constante aunque inconexa entre los diferentes involucrados en dicha tarea. Un europeo, Marmostein, en 1927 estimuló el atrio derecho y los ventrículos de perros a través de electrodos transvenosos, tal como se hace hoy día en humanos, pero sin que su trabajo se conociera en otras latitudes.

En 1932, Albert Hyrnan probablemente diseñó y fabricó el primer electroestimulador del corazón y le dio el nombre por el que lo conocemos ahora: marcapaso cardiaco artificial. El marcapaso de Hyman utilizaba una aguja transtorácica para alcanzar el atrio derecho del corazón, empleaba un magneto y literalmente debía dársele cuerda cada seis minutos para mantenerlo funcionando. Este dispositivo fue utilizado con éxito en animales y

2 Nysten observó que la capacidad para estimular el corazón se iba perdiendo en el siguiente orden: primero en el ventrículo izquierdo, después el atrio izquierdo y por último, en el atrio derecho.

humanos, lo que no evitó que su inventor fuera criticado, y hasta demandado, por su utilización.

Un par de físicos australianos, Marc Lidwill y Edgar Booth, también desarrollaron un marca paso artificial, en la misma época que Hyman, sin embargo, su invento no tuvo mayor trascendencia.

En el año de 1952, el problema de la utilizar.ión de técnicas invasivas fue solucionado cuando Zoll desarrolló el primer marcapaso transcutáneo.

En 1958, el 8 de octubre para ser exactos, el cirujano cardiaco sueco Ake Senning del Hospital Karolinska implantó el primer marca paso de batería recargable. Diseñado por el ingeniero Rune Elmqvist de la firma Elema Schenander, fue colocado al paciente de 43 años, Ame Laarson, quien aún sobrevive luego de veintiséis reemplazos.

Al inicio de los años 60, Parsonnet en Estados Unidos y Largergen en Suecia, desarrollaron, cada uno por su cuenta, la técnica de implantación transvenosa que utilizamos hasta hoy. Dos años más tarde, Lemberg introdujo el primermarcapaso capaz de activarse solamente cuando la actividad cardiaca falla o cae por debajo de parámetros preestablecidos. Estos tipos de marca paso son conocidos como marca pasos de demanda en contra posición a los marca pasos anteriores o de frecuencia fija.

En los años setentas se modificó la punta del electrodo del marca paso que se coloca dentro de la cavidad cardiaca, de tal modo que esta se fijara mejor en el tejido. Así mismo, en 1973,las baterías de mercurio-zinc, grandes, altamente contaminantes y de vida útil muy corta (cerca de 2 años)[3], fueron sustituidas por baterías de litio-yodo, las cuales tienen una vida útil mayor (de Sa 10 años) y son mucho más pequeñas . Es interesante acotar que se trató de encontrar otras fuentes de energía para hacer funcionar los marca pasos o para recargar las baterías sin necesidad de reintervenir al paciente. Un grupo de investigadores del Newark Beth Israel Hospital utilizó cristales piezoeléctricos para aprovechar las pulsaciones de la aorta como fuente de energía, después intentaron desarrollar un dispositivo similar a un reloj de cuerda -fabricado por la compañía relojera Bdova- que aprovecharía los movimientos del diafragma para recargarse, pero que resultó impráctico, pues aumentaba demasiado el trabajo de este músculo.

De no haber sido por la batería de litio, probablemente los generadores nucleares termoeléctricos de plutonio 238 se hubieran constituido en la fuente de energía estándar para los marcapasos. Su funcionamiento básico era aprovechar las partículas de radiación alfa emitidas por la fuente de plutonio para calentar un termo-pila que se encargaba de convertir este calor en electricidad.

Hacia mediados de esta época se introdujeron los marcapasos programables, los cuales pueden ser ajustados o reprogramados usando señales de radiofrecuencia y sin necesidad de r intervenir al paciente para realizar los ajustes necesarios en los parámetros. Otro avance importante fue el cambio de los estuches de la fuente de marcapaso de resina de epóxido con cubierta de silicón por estuches de titanio, los cuales cubren los circuitos y la batería aislándolos de posibles fuentes de interferencia electromagnética (como los microondas y los teléfonos celulares).

El último avance notorio fue el desarrollo de los marca pasos de doble cámara, capaces de sensar y activar independiente pero sincronizadamente al atrio y al ventrículo del corazón.

En los años ochentas se logró desarrollar marcapasos que respondan a la necesidad de aumentar o disminuir la frecuencia cardiaca de acuerdo con los requerimientos de ejercicio del paciente.

Actualmente los marcapasos operan con microcomputadoras, son más pequeños y livianos, y responden mejor a los cambios en la actividad delcorazón. Se puede evaluar su funCionamiento y cambiar su programación con tan sólo colocar un sensor transcutáneo sobre ellos; son capaces de guardar en su memoria registros de eventos cardiovasculares e incluso pueden advertir cuándo debe ser cambiada su batería o cuándo es inminente que va a agotarse y, de ser necesario, cambiar a una modalidad que ahorre energía mientras se realiza el recambio de la batería.

REFERENCIAS

1) Rodríguez RO, Montiel J, Pascual TR . "Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en Marca pasos". *Revista Española de Cardiología.* 2000;:53(7): 947-966.

3 Las baterías de mercurio-zinc fuero.desarnlladas durante la lI Guerra Mundial. Aunque, segú::", su fab:icante, la vida media de cada batería eré! de 5 años, :Ocierto ora que la acumulación de hidrógeno v la penetracin de h"1idos corporales en su interior acortaban a menos e la mic1d su vida útil.

2) Lowe J, German L. "Marcapasos cardiacos". En: Sabiston D, editor. *Tratado de Patología Quirúrgica Volumen II.* Décimo tercera edición. México: Interamericana, 1988.

3) Mitrani R, Myerbug R, Castellanos A. "Cardiac Pacernakers". In: Alexander W, Schlant R, Fuster V, editors. *Hurst's The Heart.* Ninth dition. USA: McGr w -Hill, 1998.

4) Jeffrey K, Parsonnet V. "Cardiac Pacing, 1960-1985.A quarter century of medical and industrial innova tion" . Circula tion 1998; 97:1978-1991.

5) Zoll PM. "Noninvasive ternporary cardiac pacing". *Journal ofElectrophysiology* 1987;1:156.

6) Lossnitzer K, Pfennisdorf G, Brauer H. "Miocardio.Vasos sanguíneos.Calcio". Ludwigshafen: Knol AG, 1983.