

Einthoven y el electrocardiograma

Pablo César Acevedo

“Si en un momento dado se conocen solo dos de las derivaciones, la tercera puede ser determinada matemáticamente”...

Einthoven

Willem Einthoven nació el 21 de mayo de 1860 en la ciudad de Semarang, capital de la provincia de Java Central, en la isla de Java, que pertenecía a las Indias Orientales Holandesas y que actualmente corresponde a Indonesia. Su familia descendería de españoles judíos que emigraron de España a Holanda en tiempos de la Inquisición, a fines del siglo XV.

Su padre, Jacob Einthoven, originario de Groninga, era médico del ejército colonial. Willem fue el tercero de seis hijos que tuvo su segundo matrimonio, con Louise MMC de Vogel. Cuando murió su padre, Willem tenía apenas seis años. A los diez, la familia regresó a Holanda y fijó su residencia en Utrecht, ciudad en la cual Willem cursaría sus estudios primarios y secundarios.

En 1879 ingresó como estudiante de medicina en la Universidad de Utrecht, contratado por el ejército, que le financió los estudios con el compromiso de servir como médico militar en las colonias al finalizarlos. Allí, se destacó como estudiante y también como deportista, especialmente en remo y esgrima. De hecho, fue fundador de la Unión Estudiantil de Remo de Utrecht y de la Sociedad Olímpica de Gimnasia y Esgrima. Despierto y muy observador, se sintió motivado por las investigaciones de su profesor de anatomía, Koster, acerca de la mecánica articular y también, tal vez porque él mismo tuvo una fractura articular en su práctica deportiva, el primer trabajo de Einthoven fue “Algunas observaciones sobre el mecanismo de la articulación del codo”, presentado con éxito en la Real Academia de Medicina y publicado en una revista de su país. Posteriormente y bajo la decisiva influencia de otro de sus maestros, el internacionalmente famoso oftalmólogo Frans Cornelis Donders, Einthoven realizó su tesis de doctorado *Estereoscopia por diferencia de colores*, presentada brillantemente en la Facultad de Medicina el 4 de julio de 1885 y luego publicada en revistas médicas en alemán y francés (*Stéréoscopie dépendant d'une différence de couleur*).



Willem Einthoven

Ese mismo año, el cargo de profesor de Fisiología en la Universidad de Leiden –la más antigua de las universidades holandesas, fundada en 1575– quedó vacante por el fallecimiento de su titular, A Heynsius. Con la influencia de su maestro Donders, el Consejo universitario nombró a Einthoven en su reemplazo, quien asumió en febrero de 1886, cuando tenía 26 años. Einthoven permanecería en Leiden durante toda su vida profesional.

Dos meses después, Willem se casó con su prima hermana Frederique Jeanne Louise de Vogel; tuvieron tres hijas y un hijo. Este último fue ingeniero, detalle importante porque colaboró con su padre.

Con el tiempo y bajo la dirección de Einthoven, el Laboratorio de fisiología de la Universidad de Leiden fue mejorando en equipamiento y también en prestigio, y se convirtió en un sitio obligado de visita para todo cardiólogo y electrofisiólogo que llegara a Europa. Las primeras investigaciones de Einthoven en este laboratorio –de las 127 que publicaría– estuvieron ligadas a los fenómenos respiratorios, tales como la presión intratorácica, la presión de los gases en la cavidad pleural, la musculatura bronquial y el papel de esta y del nervio vago en la crisis del asma. Sin embargo, no tardó en dirigir su atención a lo que sería la pasión de su vida, la electrofisiología cardíaca. Continuando los trabajos de Souderson y Page, de Waller, Mackenzie, Keith y Flack, así como de Lippman, intentó obtener trazados curvos electrocardiográficos uniformes mediante una técnica perfeccionada. En aquellos tiempos, el mejor aparato de registro para tal finalidad era el electrómetro capilar, concebido por Gabriel Lippman y dado a conocer por él en 1875. Este instrumento era un delgado tubo de vidrio terminado por una extremidad capilar muy fina, parcialmente lleno de mercurio, sobre el cual reposaba una capa de ácido sulfúrico diluido. Los electrodos se unían al ácido sulfúrico y al mercurio, respectivamente, y las variaciones de potenciales eléctricos que se establecían entre ellos modificaban la tensión superficial y hacían que el menisco de separación entre el mercurio y el ácido sulfúrico se desplazara por encima o por debajo del tubo capilar. La zona de separación de los dos líquidos era iluminada, y la imagen del menisco era aumentada por medio de un lente apocro-

El presente artículo es un extracto de la tesis de doctorado de Pablo César Acevedo, “El electrocardiograma de Einthoven”, presentada en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina, el 15 de mayo de 2011.

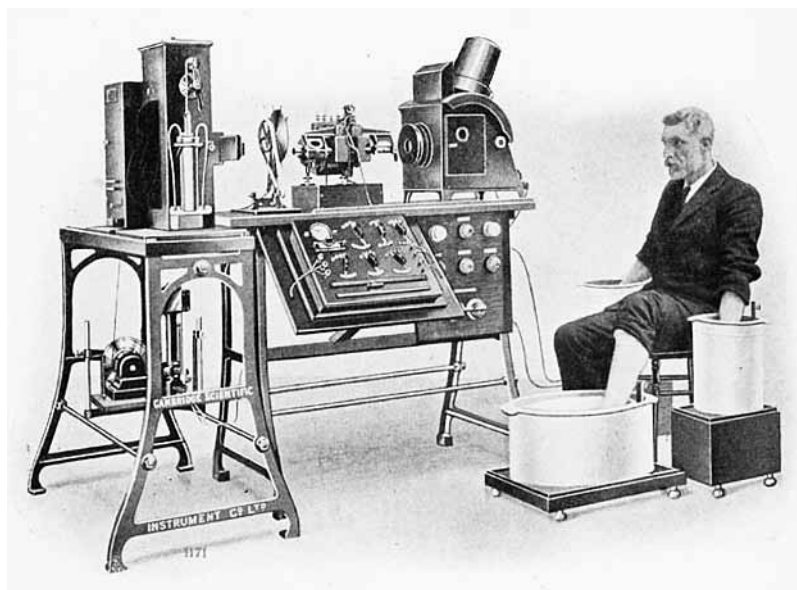
mático y proyectada sobre una hendidura vertical, detrás de la cual se deslizaba una placa fotográfica a una velocidad constante. Este instrumento tenía la ventaja de ser aperiódico, pero el gran inconveniente de tener una inercia exagerada, que lo hacía muy lento, además de no permitir el registro de potenciales de alta frecuencia. Einthoven elaboró un método para corregir matemáticamente la distorsión inherente al proceso. El electrómetro capilar fue el instrumento principal de sus pesquisas durante cerca de una docena de años. Con él también había realizado investigaciones electrofisiológicas el precursor de Einthoven, Augustus Desire Waller, fisiólogo francés establecido en Edimburgo y luego en la Universidad de Londres. Probablemente, Muirhead habría registrado el primer electrocardiograma (ECG) humano, entre 1869 y 1870, pero Waller lo hizo por primera vez en un ambiente clínico fisiológico y fue el primero en publicar sus hallazgos. Waller llamó inicialmente a los trazos “electrogramas” e hizo la presentación pública de su técnica en 1889. Einthoven asistió a esta presentación y regresó a Holanda para continuar sus investigaciones con creciente entusiasmo. Insatisfecho de los registros obtenidos con el electrómetro capilar, utilizó inicialmente el galvanómetro de d’Arsonval, que halló poco sensible. Diseñó y construyó, por ende, su propio galvanómetro de cuerda, transformando la media espiral de la bobina en un hilo único cubierto de plata, extendido entre dos soportes y sometido al campo electromagnético de un electroimán (Fig. 1). Debe mencionarse que, cuando él comenzó a trabajar en su electrocardiógrafo (1900), ignoraba probablemente la existencia de un aparato semejante construido en 1897 por el ingeniero francés Clement Ader en el campo de la aeronáutica; de Waar, colaborador

de Einthoven y más tarde médico general, señaló que Einthoven desconocía el trabajo de Ader cuando elaboró su propia solución. De todos modos, el aparato de Ader tenía una sensibilidad muy baja y no hubiera podido emplearse nunca para la electrocardiografía clínica.

En este complicado trabajo, Einthoven fue ayudado por su asistente de laboratorio Van de Woerd, quien fabricó muchos de los intrincados elementos del nuevo galvanómetro. El galvanómetro de cuerda había tenido su precursor en el oscilógrafo, diseñado para uso práctico por Eugene Blondel, profesor de electrotecnología en universidades francesas y presentado en 1893.

En 1901, el maestro de Leiden publicó su artículo “Un nuevo galvanómetro”, incluido en un libro jubilar en homenaje a Johannes Bosscha, su profesor en Leiden, y que se publicó en una revista holandesa, editada en francés. Sin embargo, esta publicación pasó prácticamente inadvertida. Fue en 1903 cuando, bajo el título de “El registro galvanométrico del electrocardiograma humano, con una revisión del electrómetro capilar en Fisiología”, publicado en alemán en una prestigiosa revista de la época y traducido al francés al año siguiente, que su trabajo tuvo una vasta repercusión mundial, lo que explica que muchas veces se considere este año como el punto de partida del invento. En este trabajo ofrece los resultados obtenidos con los dos tipos de galvanómetros y se refiere a las ventajas que ofrece el galvanómetro de cuerda. Menciona las convenciones adoptadas por él y que siguen utilizándose en la actualidad. Debe mencionarse que el propio Einthoven había propuesto, en 1895, las letras PQRST para denominar las deflexiones de los trazos por él obtenidos con un electrómetro capilar perfeccionado. Mantuvo tal denominación en los trazos que

Figura 1. Galvanómetro de cuerda de Einthoven.



registró más tarde con el galvanómetro de cuerda. El uso de las letras de la mitad del alfabeto le permitiría agregar otras en el futuro, como sucedió con la onda U.

En un principio el electrocardiograma se conoció con las letras EKG (del alemán), que el dominio anglo ha acabado convirtiendo en ECG. No hizo falta mucho tiempo para que se buscara su utilidad clínica. Sin embargo, el aparato era incómodo, su peso superaba los 250 kg, ocupaba mucho espacio y eran necesarias varias personas para manejarlo. Con la ayuda de la Sociedad de Ciencias de Holanda y aprovechando los cables subterráneos de la red telefónica de Leiden, se estableció una conexión de 1.5 kilómetros entre el Laboratorio de Fisiología y el Hospital de la Universidad. Así fue posible obtener numerosos registros, llamados telecardiogramas. Los pacientes ponían sus extremidades en pozales con una solución conductora y eran examinados, mientras el registro tenía lugar en el Laboratorio. Las derivaciones que utilizó Einthoven eran: I derivación: de brazo derecho a brazo izquierdo; II derivación: de brazo derecho a pierna izquierda; III derivación: de brazo izquierdo a pierna izquierda.

Einthoven describió alteraciones patológicas de la forma del electrocardiograma; utilizó también el galvanómetro de cuerda para la fonocardiografía. Creó los verdaderos fundamentos para la teoría y la práctica de la electrocardiografía. Sus trabajos lo llevaron a concebir un eje eléc-

trico cardíaco y el llamado esquema del triángulo equilátero, que dio a conocer en un artículo que publicó con G. Fahr y A. de Waart, "Sobre la dirección y el valor manifiesto de las variaciones de potencial del corazón humano y sobre la influencia de la posición del corazón en la forma del electrocardiograma". Con gráficos simultáneos de ECG y neumograma ilustró la influencia de la respiración sobre el electrocardiograma.

Sus técnicas se introdujeron en todas las clínicas europeas a partir de la Primera Guerra Mundial, aunque hasta los años treinta del siglo pasado no de forma regular.

Einthoven continuó interesándose en las modificaciones del vector cardíaco, la dirección y magnitud durante el ciclo cardíaco, origen ya de la moderna vectocardiografía.

Aparte de su labor como investigador, Einthoven fue un profesor destacado, autor de varios compendios para ejercicios prácticos. Entre 1905 y 1906 fue elevado a la categoría de Rector Magnífico de la Universidad de Leiden. Fue miembro de la Academia Real de Ciencias de su país. En octubre de 1924 se le concedió el Premio Nobel de Fisiología y Medicina, por su descubrimiento del mecanismo del ECG; lo recibió en diciembre de 1925, en Estocolmo. Con motivo del Premio, la Reina de Holanda le ofreció construir un nuevo laboratorio, pero él prefirió que se dedicara el dinero para contratar personal.

BIBLIOGRAFÍA

- de Micheli A. El centenario del electrocardiograma de Einthoven. Parte I. Arch Cardiol Mex. 2001;71(2):160-6.
- Ershler I. Willem Einthoven--the man. The string galvanometerelectrocardiograph. Arch Intern Med. 1988;148(2):453-5.
- Fresquet JL. Willem Einthoven: 1860-1927 [Internet]. 2006 sept. [Citado 03/04/07]. Disponible en: <http://www.historiadelamedicina.org/einthoven.html>
- Kyle RA, Shampo MA. Willem Einthoven. JAMA. 1977;237(19):2108.
- Lama A. Einthoven: el hombre y su invento. Rev Med Chil. 2004;132(2):260-4.
- Willem Einthoven. The Nobel Prize in physiology or medicine 1924. [Internet]. [Estocolmo]: The Nobel Foundation; 1924. [Citado 11/11/07]. Disponible en: http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1924/einthoven-bio.html