

PRÓCERES DE LA CARDIOLOGÍA

EINTHOVEN, EL PADRE DE LA ELECTROCARDIOGRAFÍA

Dr. Mario Roca Álvarez
Médico Cardiólogo Ecocardiografista
Hospital N° 1 Caja Nacional de Salud
Profesor Contratado de Cardiología – UMSA
Pas presidente Soc. Paceaña de Cardiología

Estimados alumnos, hoy les ofrezco la biografía de Willem Einthoven, inventor del electrocardiógrafo, instrumento indispensable actualmente en el diagnóstico cardiológico, en especial de las arritmias cardíacas y que se considera uno de los adelantos más importantes de la cardiología.



Willem Einthoven nació el 21 de mayo de 1860 en la ciudad de Semarang, en la isla de Java, hoy en día perteneciente a Indonesia, pero en aquella época era parte de las Indias Orientales holandesas, en el seno de una familia descendiente de judíos sefarditas, que huyeron a Holanda a fines del siglo XV, escapando de la Inquisición española. Su padre, Jacob Einthoven, era médico del ejército colonial holandés, y se encontraba sirviendo en Java en ese entonces. Al morir su padre, Willem contaba con 6 años apenas, su madre Louise MMC de Vogel, intentó mantener a la familia, compuesta por otros 5 hermanos, pero las condiciones se hicieron duras para ella y cuatro años después decidió volver con sus hijos a Holanda, fijando su residencia en la ciudad de Utrech, donde Willem cursaría sus estudios en la escuela primaria y secundaria.

Sintiendo la vocación médica, probablemente por el recuerdo de su padre, entró a la Facultad de Medicina de la Universidad de Utrech, aquí viene otro punto que habla a favor de la influencia de la profesión paterna, pues consiguió que sus estudios sean financiados por el ejército, a cambio que al graduarse serviría como médico en las colonias, como su padre. En esta universidad destacó rápidamente por su excelencia académica, teniendo como profesores a eminencias como el físico Buys Ballot, el anatomista W. Koster y el fisiólogo y oftalmólogo Franz Cornelius Donders. También descolló como deportista, especialmente en remo y esgrima, fue fundador y luego presidente de la Unión Estudiantil de Remo de Utrech y de la Sociedad Olímpica de Gimnasia y Esgrima organizando los primeros torneos deportivos universitarios en Holanda, en los que tuvo una destacada participación, haciéndose famoso tanto en el medio universitario como nacional.

A raíz de su práctica deportiva, sufrió una lesión articular, motivando esto que se dedicara al estudio de la mecánica articular, influido también por las investigaciones de Koster, realizando un trabajo denominado *“Algunas observaciones sobre el mecanismo de la articulación del*

codo”, el cual fue publicado en una revista de divulgación científica y presentado en la Real Academia de Medicina de su país, siendo acogida con éxito. El 4 de julio de 1885, y dirigido por Donders, presentó su tesis “*Estereoscopia por diferencia de colores*”, la cual fue defendida brillantemente y que posteriormente se publicó en revistas alemanas y francesas.

A poco de graduarse, quedó vacante el puesto de profesor de Fisiología de la prestigiosa Universidad de Leyden, debido al fallecimiento del titular A. Heynsius, y Einthoven pudo ocupar este puesto, gracias a la influencia de su profesor Donders, que ocuparía hasta el final de su carrera. Este puesto además de darle una buena reputación, le dio solvencia económica, así al poco tiempo se casó con su prima hermana Frederique Jeanne Louise de Vogel, formando una familia compuesta por tres hijas y un hijo (que fue ingeniero, mientras que su hija menor, Johanna, estudio medicina) y también pudo pagar su deuda con el ejército, que ascendía a 6.000 florines, así que no tuvo que marchar a las colonias.

El laboratorio de fisiología de la universidad de Leyden, bajo la dirección de Einthoven, adquirió nuevo equipamiento y comenzó a trabajar principalmente en fisiología respiratoria, realizando estudios sobre la presión de los gases en la cavidad pleural, la presión intratorácica, la musculatura bronquial, su papel y el del nervio vago en las crisis de asma, etc. Pero pronto un nuevo campo acapararía su atención en exclusiva, la investigación de los fenómenos eléctricos del corazón.

En este aspecto, ya hubieron varios trabajos de precursores como Rudolf von Koelliker y Heinrich Müller, quienes en 1856 descubrieron que el corazón generaba electricidad, mientras que Alexander Muirhead en el St. Bartholomew's Hospital de Londres realizó el primer registro eléctrico en el ser humano en 1869. En 1872, el fisiólogo y físico francés Gabriel Lippmann, trabajando en el laboratorio de Kirchoff en Heidelberg, inventó el electrómetro capilar que permitía observarlas variaciones de los potenciales eléctricos y que le valió el Premio Nobel de Física en 1908; este instrumento era un delgado tubo de vidrio terminado por una extremidad capilar muy fina, llena con una capa de mercurio y encima una capa de ácido sulfúrico diluido, de ambas capas salían electrodos que registraban las variaciones de potencial eléctrico que se producían entre ellos, modificando la tensión superficial, lo que movía el menisco de separación entre ambas capas, esta zona estaba iluminada, y la imagen del menisco era aumentada por medio de un lente apocromático y proyectada sobre una hendidura vertical, detrás de la cual se deslizaba una placa fotográfica a una velocidad constante de 25 mm/seg; sin embargo este instrumento tenía una inercia exagerada por la fricción en el tubo, que lo hacía muy lento, además de no permitir el registro de potenciales de alta frecuencia.

Pero trabajando con este electrómetro, el fisiólogo francés Etienne-Jules Marey en 1876 registró la actividad eléctrica del corazón de un batracio, dando nacimiento a la famosa “cápsula de Marey”. En 1887, el fisiólogo británico Augusto Waller en el St Mary's Medical School de Londres, usando el electrómetro de Lippmann, obtuvo un registro de la actividad eléctrica cardíaca, dándole el nombre de “*electrogramas*” y lo presentó en el Congreso Internacional de Fisiología realizado en Londres; en 1917 exhibió en la Physiological Society of London un informe preliminar de sus primeros 2000 registros; empero Waller no creía que su método tuviera futuro del método, así declaró en 1911: “*Yo no imagino que la electrocardiografía tenga un uso extensivo en los hospitales. Creo que tendrá un ocasional uso para registrar alguna rara anomalía cardíaca*”. Debemos mencionar que en 1897 Waller obtuvo dos ondas registradas de

la actividad ventricular, por lo cual las denominó V_1 y V_2 , posteriormente obtuvo un registro auricular, al que lo llamó onda *A*.

Ocurrió que en 1887, Einthoven estuvo presente en el Congreso de Fisiología, entonces pudo observar la presentación de Waller, y allí su interés se dirigió a la investigación de los fenómenos eléctricos del corazón; de vuelta a Holanda empezó a trabajar con el electrómetro capilar; así en 1895 pudo obtener dos ondas del miocardio ventricular, a las que denominó *A* y *B*, luego con modificaciones realizadas en el instrumento, pudo registrar la actividad auricular, denominándola, para no repetir la *A*, onda *P*. Hay estudios que sugieren que utilizó el nombre de onda *P*, influenciado por los trabajos de Renato Descartes, quién en sus trabajos sobre las leyes de refracción designaba como “*P*” al pico de las ondas que estudiaba y a las siguientes ondas como *Q*, *R* y así sucesivamente. Otros insinúan que eligió al azar letras del medio del alfabeto.

Con una modificación del electrómetro de Lippmann, obtuvo 4 deflexiones, denominándolas nuevamente como *A*, *B*, *C* y *D*, donde *A* era la despolarización auricular, *B* y *C* la ventricular y *D* la repolarización ventricular. Pero las limitaciones de este instrumento, le impulsaron a desarrollar una fórmula matemática que corrigiera la inercia del tubo, con lo cual pudo delimitar mejor las ondas, encontrando una nueva onda detrás de la “*C*”, así realizó una ilustración para comparar ambos trazos, donde siguió usando *ABCD* al denominar las ondas del trazo inicial, y *P*, *Q*, *R*, *S* y *T* las del nuevo trazo. De todas maneras las limitaciones del electrómetro le impulsó a buscar otras soluciones; así probó el galvanómetro de Desprez y d'Arsonval, pero lo encontró poco sensible.

Finalmente entre 1900 y 1901, y con ayuda de su asistente de laboratorio Van de Woerd, diseñó su propio galvanómetro mucho más sensible, consistente en una bobina con un hilo recubierto de plata extendido entre dos soportes y sometido al campo electromagnético de un electroimán, denominado por eso “galvanómetro de cuerda”. Cabe mencionar que un instrumento similar fue diseñado, paralelamente al trabajo de Einthoven, por el ingeniero Clement Adler, pero usado en la investigación aeronáutica, por ello muchos consideran a este último como el inventor del galvanómetro de cuerda, pero su colaborador, y luego médico general, de Waar indicó que Einthoven desconocía completamente los trabajos de Adler cuando diseñó su galvanómetro.

En 1901 Einthoven publicó un opúsculo titulado “Un nuevo galvanómetro”, incluido en un libro en homenaje a Johannes Bosscha, su profesor en Leyden, y que se reimprimió en una revista holandesa, editada en francés; empero ambas publicaciones pasaron inadvertidas. En 1903 redactó un nuevo trabajo “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; este artículo hizo que su trabajo tuviera una vasta repercusión mundial, lo que explica que muchas veces se considere este año como el punto de partida del ECG. En este estudio mostró los resultados obtenidos con los dos tipos de galvanómetros y se refiere a las ventajas que ofrece el galvanómetro de cuerda; además mantiene la nominación de las ondas como “*PQRST*” que siguen utilizándose en la actualidad y que posteriormente sería reconocido como acertado, ya que permitía añadir nuevas ondas que luego se describirían, como la onda *U*, identificada por el mismo Einthoven unos años después.

Rápidamente, el galvanómetro de Einthoven se usó para el estudio de las enfermedades cardíacas, pero sus desventajas eran el gran espacio que ocupaba (el equivalente a 2

habitaciones), su peso (250 kg) y que necesitaba ser manejado por 5 operadores, todo lo cual hacía difícil su traslado fuera del laboratorio, además muchos pacientes no podían ser llevados al laboratorio; esto fue solucionado gracias a la colaboración de Bosscha y la Sociedad de Ciencias de Holanda, aprovechando los cables subterráneos de telefonía de Leyden, unieron los 1,5 Km que separaban el laboratorio de Fisiología con el Hospital de la Universidad. De esta manera se pudieron realizar estudios en pacientes, los cuales eran dispuestos sentados, con sus manos y su pierna izquierda sumergidos en baldes llenos de una sustancia conductora (Figura 1), mientras se registraba el trazo en el laboratorio, obteniéndose así los llamados *telecardiogramas*. Aquí ya Einthoven denominó a las tres derivaciones usadas como derivación I, II y III, que se mantienen en la actualidad.

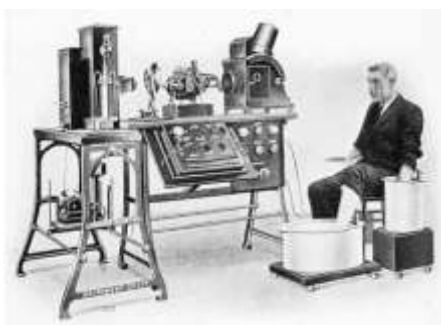


Figura 1. Galvanómetro de Einthoven

Estos trazos tenían su costo, ya que la compañía telefónica imponía una tasa anual por el uso del cable, pero este era cubierto a medias por el Laboratorio y el Departamento de Medicina de la Universidad, sin embargo siempre hay espíritus pequeños que se dejan llevar por la envidia, así sucedió con el jefe de este departamento, quién vio que Einthoven se llevaba todo el crédito, y se negó a seguir pagando su parte,

aduciendo su costo, con el riesgo de tener que suspender los estudios; felizmente nuestro protagonista pudo sortear exitosamente este obstáculo, ya que pudo sufragar el precio con las publicaciones que hizo.

Precisamente, en 1906 publicó *“El telecardiograma”*, que apareció en los Archivos Internacionales de Fisiología, en lengua francesa. En 1908 publicó *“Consideraciones adicionales sobre el electrocardiograma”*, extenso artículo dividido en 5 capítulos, donde daba a conocer sus estudios en ratas y humanos, indicando que había realizado cinco mil electrocardiogramas, menciona además que la onda P refleja la actividad auricular y la onda Q es parte del complejo ventricular.

Pronto las empresas se interesaron en el galvanómetro de cuerda, así la Cambridge Scientific Instrument Co., fundada por el hijo de Charles Darwin, Horace, produjo en 1908 el primer equipo electrocardiográfico. A partir de ese momento se realizaron continuas innovaciones, así en 1930 la Cambridge Instruments Company de Nueva York cambió los baldes para las extremidades por electrodos de placa, fabricados con plata alemana; en 1932 Rudolph Burger creó el electrodo de succión para las derivaciones precordiales, modificado por Welsh a su forma actual; Frank Wilson en 1934 describió la terminal central, en 1935 agregó las 6 derivaciones precordiales y en 1942 Emanuel Goldberger incorporó las derivaciones unipolares, completándose así el registro del electrocardiograma como lo conocemos en la actualidad.

Einthoven continuó con sus investigaciones creando los fundamentos de la teoría y la práctica de la electrocardiografía, así describió alteraciones patológicas de las ondas, el eje eléctrico y el triángulo equilátero que hoy lleva su nombre; este último fue dado a conocer en un artículo que escribió junto con G. Fahr y A de Waart, titulado *“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”*, publicado en la revista *“Archivo para la fisiología completa de los seres humanos y animales”* en lengua alemana. En este trabajo

ilustró, con gráficos simultáneos de ECG y neumografía, la influencia de la respiración sobre el ECG, la influencia de los cambios de posición, los efectos del esfuerzo, y terminó con un apéndice en que hizo una discusión trigonométrica sobre la dirección y tamaño de las proyecciones del eje eléctrico sobre los lados del triángulo equilátero.

Posteriormente, con la ayuda de su hijo ingeniero, construyó el galvanómetro de cuerda al vacío, incrementando notoriamente su sensibilidad. También estudió las modificaciones del vector cardíaco, la dirección y magnitud durante el ciclo cardíaco, origen ya de la vectocardiografía. Einthoven había realizado también estudios fonocardiográficos con el electrómetro capilar, en 1904 reinició estas investigaciones con el galvanómetro de cuerda, al cual le unió un micrófono especial. Como resultado de estos estudios, en 1907, junto a Wieringa y Snijders, describió el tercer ruido cardíaco. Incluso en 1908 realizó el primer electrocardiograma de esfuerzo, registrado luego de hacer subir corriendo las escaleras a un hombre sano, encontrando un incremento de la frecuencia cardíaca.

Aparte de su labor investigadora, fue un destacado docente universitario, habiendo escrito numerosos compendios para las prácticas. En 1905 fue nombrado Rector Magnífico de la Universidad de Leyden; también fue miembro de la Academia Real de Ciencias de su Holanda. En octubre de 1924 se le concedió el Premio Nobel de Medicina, mientras viajaba con su esposa por los Estados Unidos, lo recibió en Estocolmo en diciembre de 1925. Siempre leal con los que le habían colaborado, quiso compartir el dinero del premio, que ascendía al equivalente a 40.000 dólares, con su asistente Van de Woerd, pero éste ya había muerto, sin embargo tenía dos hermanas, que vivían modestamente, enterado de lo cual viajó donde residían y les entregó la mitad del premio. 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 y apoyar sus investigaciones.

Después de una larga y dolorosa enfermedad, Willem Einthoven falleció el 28 de septiembre de 1927, a los 67 años de edad. Sus restos yacen en Groene Kerkje de Oegstgeest, junto a su esposa e hijo.

Así terminó la vida terrenal de este gran científico, pero sus hallazgos siguen iluminando el camino de todos aquellos que elegimos la cardiología como nuestra pasión, y el electrocardiograma es hoy en día nuestro auxiliar más valioso al momento de pesquisar y decidir la conducta a adoptar en cada paciente que vemos día a día en los hospitales de nuestro país y del mundo.

REFERENCIAS:

1. Hurst JW. Naming of the waves in the ECG, with a brief account of their genesis. *Circulation* 1998; 98: 1937-42.
2. Lama TA. Einthoven, el hombre y su invento. *Rev Méd Chile* 2004; 132: 260-4.
3. Acevedo P. Einthoven y el electrocardiograma. *Rev Hosp Ital Bs As* 2009; 29(1):42-4.

4. Mautner B, editor. Breve historia de la cardiología. En Mautner B. Cardiología, basada en la evidencia y la experiencia de la Fundación Favaloro, Buenos Aires, Grupo Guía S.A. 2003:713.
5. Garófalo FB. Historia de la cardiología de Rosario. Rosario (Argentina): Caride JC, Butteri MC editores; 2004. Capítulo 2, Nacimiento de la cardiología como especialidad.
6. Urquidi UM. Historia de la cardiología. Archivos bolivianos de la historia de la medicina. 2002; 8(1):49-54.