

Einthoven. El hombre y su invento

Alexis Lama T.

Einthoven: the man and his invention

Einthoven, a Dutch physician, was awarded the Nobel Prize for Physiology or Medicine for his discovery of the mechanism of the electrocardiogram. He was born on May 21, 1860, in Semarang, on the island of Java. In 1878 entered the University of Utrecht in the Netherlands, as a medical student, where he also became a keen sportsman. In 1885, he was appointed Professor of Physiology at the University of Leiden, where he began to work using first a capillary electrometer. Later, Einthoven invented a new galvanometer to generate electrocardiograms using a fine quartz string coated in silver and published his findings in 1901 and 1903. Einthoven is remembered by most of his colleagues and clinical peers as a very modest person who was hospitable and honest. He died at the age of sixty seven (Rev Méd Chile 2004; 132: 260-4).

(Key Words: *Einthoven; Electrocardiography; History of medicine, 20th Cent)*

Recibido el 28 de julio, 2003. Aceptado en versión corregida el 17 de noviembre, 2003.
Servicio de Salud Concepción

El electrocardiógrafo, que permitió registrar la actividad eléctrica del corazón, se puede considerar uno de los adelantos más importantes en la historia de la cardiología. Einthoven fue su inventor. Pocos conocen el esfuerzo que esto le requirió y muy pocos conocen sus aspectos biográficos¹⁻⁵.

Willem Einthoven (Premio Nobel de Fisiología y Medicina, 1924), 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 descendía de españoles judíos que emigraron de España a Holanda en tiempos de la Inquisición, a fines del siglo XV. Su nacimiento en esta apartada región se debió a que su padre, el holandés Jacob Einthoven, originario de Groningen, servía como médico en el ejército colonial de su país. Willem

fue el tercero de seis hijos que tuvo su segundo matrimonio, con Louise MMC de Vogel, hija del Director de Finanzas holandés de esa región. Cuando murió el padre de Willem, éste tenía apenas seis años, y a los diez, la familia regresó a Holanda, fijando su residencia en Utrech, ciudad en la cual Willem cursaría sus estudios primarios y secundarios.

En 1879, ingresó como estudiante de medicina a la Universidad de Utrech, contratado por el ejército, que le financió los estudios con el compromiso de servir como médico militar en las colonias, al término de los mismos. Allí, destacó como estudiante y también como deportista, especialmente en remo y esgrima. De hecho, fue fundador de la Unión Estudiantil de Remo de Utrech y de la Sociedad Olímpica de Gimnasia y Esgrima. Como presidente de esta última, organizó los primeros torneos deportivos universitarios en Holanda, en los que su notoria participación le valió una nombradía tanto en el medio universitario como nacional.

Motivado por las investigaciones de su profesor de anatomía, Koster, acerca de la mecánica

Correspondencia a: Dr. Alexis Lama T. O'Higgins 940, oficina 311, Concepción, Chile. Fono/Fax: 310968. E mail: lamatoro@yahoo.es

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 doctoral *«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.

Ese mismo año, el apetecido puesto 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 nominó a Einthoven en su reemplazo, asumiendo 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, (Figura 1) con la cual tuvo tres hijas y un hijo. Este último llegó a ser ingeniero, y como tal, se convirtió en un valioso colaborador de su padre. Su hija menor, Johanna, nacida en 1897, fue también médico.

Con los ingresos provenientes de su actividad académica alcanzó cierta holgura económica, y pudo pagar la fianza de 6.000 florines al ejército, liberándose del compromiso de ejercer en las colonias holandesas y poder así dedicarse a sus investigaciones.

Dirigido por Einthoven, el laboratorio de fisiología de la Universidad de Leiden, consiguió los instrumentos adecuados y alcanzó un prestigio cada vez mayor, convirtiéndose en un sitio obligado de visita para todo cardiólogo y electrofisiólogo que llegara a Europa. Es interesante señalar que 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 la misma 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. En aquellos tiempos, el mejor aparato de registro para tal finalidad era el electrómetro capilar de Lippman, 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 apocromático 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, con el gran inconveniente de tener una inercia exagerada, que lo hacía muy lento, además de no permitir el registro de potenciales de alta frecuencia. Con gran paciencia y laboriosidad, 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



Figura 1. Willem Einthoven y su esposa en 1924. De pie, su hermana.

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, regresando a Holanda a continuar sus investigaciones con aumentado entusiasmo. Sin embargo, la inercia de este instrumento y el tiempo que había que gastar para la corrección matemática de las curvas, tornaban cada vez más evidente la necesidad de una nueva solución técnica. Así, Einthoven se dedicó al estudio del galvanómetro de bobina de Desprez y d'Arsonval, 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. Una solución semejante había sido preconizada por el ingeniero francés Clement Ader, en 1897, con motivo de sus investigaciones en el campo de la aeronáutica. Es por esto que algunos autores atribuyen la paternidad de la creación del galvanómetro de cuerda a Ader, considerando a Einthoven como un continuador que perfeccionó el dispositivo inicial. Sin embargo, de Waar, colaborador de Einthoven y más tarde médico general, señaló que Einthoven desconocía el trabajo de Ader cuando elaboró su propia solución. En todo este complicado trabajo, Einthoven, que era torpe con sus manos, fue ayudado por su asistente de laboratorio Van de Woerd, quién 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 electro tecnología en universidades francesas y publicado en 1893. Probablemente ésta fue la fecha que se consideró cuando, para conmemorar el primer centenario de la invención del electrocardiógrafo, en 1993, el gobierno de Holanda hizo un artístico sello postal en honor de Einthoven.

Consecuencia de todo este trabajo, en 1901 Einthoven publicó su pionero 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 tuvo muy poca difusión, pasando 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 dicho artículo, el autor comienza analizando las similitudes y diferencias de los trazados obtenidos con los dos aparatos (Figura 2). Luego, enumera las ventajas del galvanómetro de cuerda sobre el electrómetro capilar. El trabajo menciona las convenciones adoptadas por él y usadas hasta la actualidad, introduciendo la nomenclatura de P, QRS, S y T a las deflexiones registradas. No usó A, B, C y D para diferenciar sus ondas corregidas matemáticamente de las obtenidas previamente con el electrómetro capilar de Lippman, y su elección probablemente estuvo influida por Descartes quién, en 1637, para nominar los puntos sucesivos de una curva, reemplazó los números por letras. Usar letras de la mitad del alfabeto le permitiría agregar otras antes de la P o después de la T, como efectivamente sucedió más tarde con la identificación de la onda U. Sin embargo, ha llamado la atención una publicación de Einthoven que muestra un trazado con las letras A, B, P, R y T, no resultando fácil

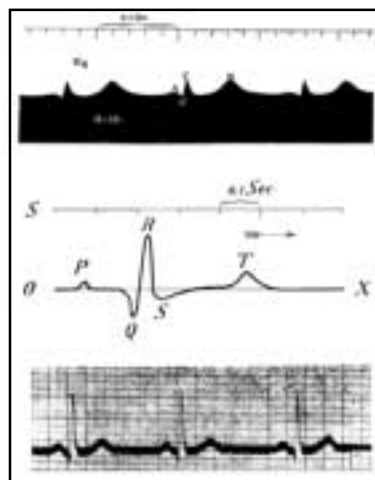


Figura 2. Evolución del ECG desde el electrómetro: El registro superior se obtuvo usando el electrómetro capilar, el del medio corresponde a una curva corregida, y el registro inferior se obtuvo usando el galvanómetro de cuerda de Einthoven.

explicar esta mezcla. Al parecer, la respuesta está en retrospectiva, al analizar los trazados de Einthoven conservados en el Museo de Boerhaave, en Leyden, en los que es posible observar que están solo designados como A, B y C todos los complejos QRS en trazados que muestran aberrancia de conducción, bloqueos de rama o extrasístoles⁶.

Fue natural que el nuevo método de investigación fuese aplicado de inmediato al estudio de las enfermedades. Los problemas de orden práctico no eran fáciles de resolver. El primer electrocardiograma de cuerda de Einthoven poseía características que no permitían su transporte al hospital. El peso era de poco más de 270 kilos, ocupaba dos piezas, requería al menos 5 personas y la complejidad de la asistencia técnica impedía su ubicación en el laboratorio de fisiología. Por otra parte, el desplazamiento de los pacientes del hospital era difícil, y para muchos, imposible. Por sugerencia de Bosscha, se intentó conseguir, con el apoyo económico de la Sociedad de Ciencias de Holanda, una conexión a través de hilos conductores entre el hospital de la universidad y el laboratorio de fisiología, separados a una distancia de 1,5 km. Con su seriedad habitual, Einthoven analizó los pormenores de la empresa, para lo cual fueron utilizados los cables subterráneos de la red telefónica de Leiden. Y así fue posible obtener numerosos registros, llamados telecardiogramas. Los pacientes eran examinados en el hospital, con sus extremidades inmersas en baldes con una solución conductora, y el registro era hecho en el laboratorio. El costo anual que impuso la compañía de teléfono local por el uso del cable lo absorbió el laboratorio de Einthoven y el Departamento de Medicina de la Universidad. Sin embargo, la envidia de Nolen, jefe de dicho Departamento, al ver que Einthoven se llevaba todos los créditos de la nueva técnica, lo indujo a rehusar pagar la mitad, lo que creó una insuperable situación para la continuidad de los telecardiogramas. El artículo que describe los primeros resultados de esta tentativa, se publicó originalmente en francés en el año 1906, en una revista de primera línea, lo que aumentó mucho el interés por los trabajos de Einthoven. En 1908, Einthoven, publicó *«Consideraciones adicionales sobre el electrocardiograma»*, tal vez uno de los más extensos de sus artículos, dividido en cinco capítulos, abarcando estudios en ratas, y en humanos. Relató contar ya con casi 5.000 electrocardiogramas. Definió que la onda P representa exclusivamente la

actividad auricular y la onda Q, parte del complejo ventricular. Resulta interesante recordar que la abreviación inicial del electrocardiograma era EKG, del alemán, pero posteriormente y después de la segunda guerra mundial, los aires de patriotismo norteamericano imperantes, la cambiaron a ECG.

El éxito obtenido por Einthoven hizo que rápidamente las compañías manufactureras se interesaron por producir versiones comerciales del aparato, y así la Cambridge Scientific Instrument Co., fundada en 1881 por el hijo menor de Charles Darwin, Horace Darwin, produjera los primeros aparatos. En 1908 se vendió el primer aparato comercial. Posteriormente se trabajaría en la mejoría de los electrodos, reduciéndose el tamaño de los cilindros originales de Einthoven de soluciones de electrolitos, que se mantuvieron hasta 1930 (Figura 3). En esa fecha, la Cambridge Instruments Company de Nueva York introdujo los electrodos de placa, hechos de plata alemana. El electrodo de succión para las precordiales fue introducido por Rudolph Burger en 1932, y modificado a su forma actual por Welsh.

Einthoven había realizado también estudios fonocardiográficos con el electrómetro capilar, y en 1904 reinició estas investigaciones con el galvanómetro de cuerda, al cual le unió un micrófono especial. Producto de estos estudios, en 1907, junto a Wieringa y Snijders, describió el tercer ruido



Figura 3. Se observa un paciente en el hospital universitario mientras se le registra un cardiograma; las manos están inmersas en una solución concentrada de cloruro de sodio.

cardíaco, procurando interpretar su origen. En los años siguientes continuó perfeccionando su galvanómetro de cuerda, mejorando su sensibilidad mediante la obtención de cuerdas cada vez más finas. Al mismo tiempo seguía activamente las investigaciones en el campo de las aplicaciones clínicas del ECG y en la investigación teórica sobre la distribución de los potenciales y las influencias que ejercen los movimientos respiratorios y los cambios de la posición corporal sobre el ECG. Estos trabajos le llevaron a la concepción de un eje eléctrico cardíaco, y al llamado esquema del triángulo equilátero. Estas concepciones las publicó en 1913, junto a sus asistentes G Fahr y A de Waart, en su trabajo «*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*». Allí, con gráficos simultáneos de ECG y neumograma, ilustró la influencia de la respiración sobre el ECG. También estudió la influencia de los cambios de posición y 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. El esquema del triángulo equilátero fue, de todas las contribuciones de Einthoven, la que despertó los más vivos debates y las posiciones más dispares, desde los que lo reconocían como un valioso aporte hasta los que negaban cualquier valor científico. Su último perfeccionamiento del aparato, conseguido gracias a la colaboración de su hijo, fue la creación del galvanómetro de cuerda de vacío, con lo que elevó al máximo la sensibilidad del instrumento. En sus últimos trabajos, Einthoven discutió las modificacio-

nes del vector cardíaco, la dirección y magnitud, durante el ciclo cardíaco, integrándose en la línea del pensamiento que daría origen a la moderna vectocardiografía.

Aparte de su labor como investigador, Einthoven fue un profesor destacado, siendo 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, mientras se encontraba viajando con su esposa por los EEUU, por su descubrimiento del mecanismo del ECG, recibéndolo en diciembre de 1925, en Estocolmo. Cuando recibió los 40.000 dólares del premio, buscó a su antiguo asistente Van de Woerd para compartir con él este premio, descubriendo que ya había muerto. Sin embargo, había dos hermanas que aún vivían y lo hacían en estado de pobreza. Viajó entonces en tren hacia donde ellas se encontraban y les cedió la mitad del premio. Este gesto representa lo que Einthoven sentía por los servicios de su asistente, que fueron de gran importancia en ayudarlo a desarrollar el galvanómetro de cuerda, y también muestra su integridad y honestidad. Cuando la reina de Holanda, supo lo del premio, le ofreció construir un nuevo laboratorio, pero Einthoven prefirió que le dieran el dinero para más personal y sustento para sus investigaciones, lo que se hizo.

La vida de esta magnífica persona se extinguió, después de un largo sufrimiento, el 28 de septiembre de 1927, cuando tenía 67 años de edad. Sus restos yacen en Groene Kerkje de Oegstgeest, junto a su esposa e hijo.

REFERENCIAS

1. ACIERNO L. *The History of Cardiology*. Ediciones Roche 1994; 518-32.
2. MACIEL R. Willem Einthoven de um comeco árduo ao premio Nobel. Disponible en <http://publicacoes.cardiol.br/caminhos/015/default.asp>
3. ERSHLER I. Willem Einthoven. The man. *Arch Intern Med* 1988; 148: 453-5.
4. DE MICHELI A. El centenario del electrocardiograma de Einthoven. Parte I. *Arch Inst Cardiol Mex* 2001; 71: 160-6.
5. WILLEM EINTHOVEN. Disponible en <http://chem.ch.huji.ac.il/~eugeniik/history/einthoven.html>
6. HURST JW. Naming of the waves in the ECG, with a brief account of their genesis. *Circulation* 1998; 98: 1937-42.

Addendum: Un equipo de electrocardiografía portátil actual pesa 1.200 gramos aproximadamente, mide 26 cm de largo por 18 cm de ancho y por 6 cm de alto, y tiene un costo aproximado de un millón de pesos. Han aparecido últimamente otros más livianos y pequeños, para ser conectados a un computador.