

# EL NACIMIENTO DE LA ELECTROCARDIOGRAFÍA LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA DEL CORAZÓN HUMANO

**Siglos XIX - XX**

## INTRODUCCIÓN: LA ELECTRICIDAD ANIMAL

### **LUIGI (ALOYSIO) GALVANI** (1738-1798)

- Profesor de anatomía de la famosa Universidad de Bolonia. Tres grandes luminarias: Malpighi, Valsava, Morgagni.
- Se inicia el estudio del fenómeno de la electricidad animal.
- El modelo experimental: la preparación neuromuscular de la rana (1786).
- La teoría de Galvani: “Los tejidos de los animales poseen una electricidad propia”.
- La pila o batería de Volta. El fenómeno de la electroestimulación.
- Carlo Matteucci: el estudio de la conducción eléctrica en el sistema neuromuscular.

El estudio de la denominada “electricidad animal”, es decir, de aquellos fenómenos eléctricos que son evidenciables en los animales, se inicia hacia los finales del siglo XVIII, por el médico italiano Luigi o Aloysio Galvani, quien ocupaba el cargo de Profesor de Anatomía de la Universidad de Bolonia. Se refiere que Galvani comenzó a mostrar interés en el fenómeno de la electricidad animal a partir de la observación hecha en su domicilio, junto con su esposa Lucía, de espasmos que ocurrían, en apariencia en forma espontánea, en las patas de ranas durante el proceso de la preparación culinaria, cuando se

las suspendía mediante ganchos de hierro (1786) o de cobre (1791), en un carril de hierro.

Luego realizó una observación en forma accidental, de una gran importancia en el laboratorio. Efectivamente, colocó una rana disecada en la mesa del laboratorio cerca de una máquina eléctrica. El asistente de Galvani tocó con un instrumento los nervios de la preparación de la pierna de la rana, hecho que determinaba una contracción vigorosa de los músculos.

Galvani observó que la contracción solo se producía cuando la máquina eléctrica emitía descargas eléctricas. Complementaría sus experiencias con el estudio de las contracciones producidas en los músculos de la rana por la aplicación de un arco metálico hecho con dos metales diferentes.

### **La Universidad de Bolonia**

La Facultad de Medicina de Bolonia, donde Galvani era Profesor, se había ganado para esa época, una merecida reputación, como un centro de reconocida excelencia destinado a los estudios de medicina, desde su fundación, la cual había tenido lugar en el año 1088.

Una de las figuras, verdadera luminaria de este centro, había sido Marcello Malpighi (1628-1694), el fundador de la embriología, el fisiólogo y anatomista, quien además había alcanzado justa celebridad por el descubrimiento que había realizado de la circulación capilar.

Otros eximios contribuyentes también a la merecida fama que había alcanzado la Universidad de Bolonia fueron Antonio María Valsava (1666-1723) quien fuera el sucesor de Malpighi en la Cátedra de Anatomía y realizó contribuciones notables en el campo de la fisiología (la maniobra de Valsava) y había profundizado en el conocimiento de la anatomía y la fisiología del oído, y Giovanni Battista Morgagni (1682-1771) considerado como el “Padre de la Anatomía Patológica”.

Esta había sido la generación que había precedido a Luigi Galvani en Bolonia, quien había nacido en esa ciudad y había obtenido el título de Doctor en 1762. Las observaciones de Galvani, utilizando como modelo experimental la preparación neuro-muscular de la rana en el año 1786 en Bolonia, constituyeron un paso fundamental hacia el descubrimiento de las propiedades electrofisiológicas de los tejidos y al desarrollo de la noción de que los animales tenían una electricidad propia de los tejidos (Teoría de Galvani).

Su tratado fue publicado con el nombre de *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, en Bolonia en el año 1791<sup>(1)</sup>. Galvani suministró la base experimental para que el ilustre físico italiano Alessandro Comte Volta (1745-1827) quien ya había descrito el electroscopio de condensación, pudiera desarrollar, ocho años más tarde, un dispositivo en el cual mediante la colocación de una lámina de cobre y de una lámina de zinc en un recipiente, separadas por un medio conductor, este dispositivo se convertía en un generador de electricidad y que la corriente continua así producida podía provocar la contracción y la tetanización del sistema neuromuscular al cual se aplicaba. Volta, en esta forma, había inventado la famosa pila o batería que lleva su nombre y también había descubierto el fenómeno fisiológico de la electroestimulación.

En 1842, Carlo Matteucci (1811-1868), médico y fisiólogo italiano, contribuyó en forma importante en el campo de la investigación sobre la conducción eléctrica. La experiencia crucial la

llevó a cabo al colocar el cabo central seccionado del nervio ciático correspondiente a una pata de la rana, en los músculos de la pata del lado opuesto. Al estimular el nervio ciático del lado intacto, ambos músculos se contrajeron, aun cuando solo el lado normal había sido estimulado. Estas experiencias contribuyeron a ampliar el conocimiento de la influencia de la corriente eléctrica sobre los nervios y los músculos.

Las contribuciones de Matteucci fueron ampliamente divulgadas en la literatura científica de la época (1830-1850), en varios idiomas (italiano, francés e inglés). Su *Essai su les Phénomènes Electriques des Animaux* publicado en París en 1840<sup>(2)</sup> fue ampliamente conocido y suministró el punto de partida para las investigaciones fundamentales del eminente fisiólogo alemán, Du Bois Reymond.

### EMIL DU BOIS REYMOND (1818-1896)

- El gran pionero de la electrofisiología.
- La corriente de reposo, el potencial de acción: la variación negativa.
- La ley de la estimulación.

Du Bois había nacido en la ciudad de Berlín en el seno de una familia de ascendencia Huguenote, en donde asistió a la Escuela Primaria y al Colegio de Francia. Después de una estancia en Suiza en su adolescencia, vuelve a la Alemania nativa, inscribiéndose en la Universidad de Berlín para cursar sus estudios de medicina, en donde obtiene su grado y pasa a ocupar la posición de Asistente del Profesor Johannes Müller (1801-1858), el anatomista, embriólogo y fisiólogo alemán. A la muerte de Müller, acaecida en 1858, Du Bois Reymond, pasa a ocupar la Cátedra de Fisiología, en donde va a contribuir en forma significativa al avance de la ciencia y a darle un inmenso prestigio a la Facultad de Medicina de la Universidad de Berlín. Empieza basándose en los conocimientos sobre la electrofisiología, derivados de los aportes

clásicos de Galvani, Volta y Matteucci, pero va a realizar contribuciones e interpretaciones completamente originales. Du Bois estudia la contracción muscular en la preparación neuromuscular de la rana. Confirma la Teoría de Galvani de que los animales tienen una actividad eléctrica peculiar e inherente a ellos mismos, que se llama “Electricidad animal” y demuestra la gran afinidad que posee el tejido nervioso por esta fuerza. Dentro de sus contribuciones fundamentales, se encuentran: la demostración de que la contracción muscular se acompaña de alteraciones químicas y de que tanto los nervios como los músculos experimentan alteraciones en sus propiedades electromotrices durante la actividad fisiológica. Mostró que el músculo tetanizado produce una reacción ácida, mientras que el músculo en reposo es alcalino.

A Du Bois se le debe el descubrimiento y la explicación de las “Corrientes de Reposo”, las cuales disminuyen con la contracción muscular, y designa como la “fluctuación negativa” al potencial de acción.

Du Bois Reymond no era un vitalista, su pensamiento estaba orientado a someter al proceso de análisis a las “fuerzas vitales” y a encontrar sus componentes físicos y químicos. Su tarea la centró en el estudio del nervio *in vivo* y del músculo y en particular de las manifestaciones eléctricas. De acuerdo con su punto de vista, el filamento de un nervio es una hilera de moléculas electromotrices dipolares, positivas en el medio y negativas en sus dos extremos; entre la superficie longitudinal y el extremo transversal existe una corriente, corriente de reposo, la cual experimentaba una disminución (variación negativa) durante la excitación del nervio o del músculo.

La variación negativa de las corrientes del músculo y del nervio, fue descubierta por Du Bois Reymond en 1843 (*Thierische Elektrizität, vol I, p. 425*)<sup>(3)</sup>. En la actualidad se le denomina frecuentemente como “corriente de acción”. Otro de los aportes de Du Bois, fue la formulación de la denominada Ley de la Estimulación de Du Bois Reymond, que establece que la estimulación

efectiva con una corriente constante, depende no de la intensidad sino de la rapidez de su variación o de las variaciones máximas en la unidad de tiempo. A Du Bois se le deben aportes significativos en el campo de la tecnología requerida para los estudios electrofisiológicos tales como el uso de electrodos impolarizables de inductores y estimuladores, pero sobre todo el mayor aporte fue la construcción de un galvanómetro, suficientemente sensible para revelar los fenómenos eléctricos en el nervio<sup>(4)</sup>.

A Du Bois Reymond se lo puede considerar con justeza como uno de los pioneros más destacados en el campo de la electrofisiología. Pero además alcanzó en su tiempo, una elevada posición en la jerarquía de la fisiología internacional y adquirió en las postrimerías de su vida, una inclinación por la filosofía, alcanzando una visión personal sobre la existencia, así como también contribuyó a fortalecer la teoría mecanicista de la biología, en oposición al concepto, para ese entonces prevalente del vitalismo.

Du Bois Reymond, ejerció una profunda influencia en el pensamiento científico alemán de la época y su raigambre Huguenote, aunado al dominio lingüístico de numerosos idiomas, cualidad que poseía en altísimo grado, le facilitó alcanzar una gran proyección dentro del ámbito científico internacional.

### **ALBERT VON KÖLLIKER** (1817-1905)

- Profesor de la Universidad de Würzburg.
- La contracción del músculo liso se acompaña de una corriente eléctrica.
- El corazón expuesto de la rana produce una corriente eléctrica que acompaña a cada latido cardíaco.

Fue un ilustre médico, investigador e histólogo de origen suizo, pero cuyas actividades académicas y científicas las desplegó principalmente en la Universidad de Würzburg en Alemania. Desde el

punto de vista del tema en desarrollo, Kölliker es el primero en aislar el músculo liso y en demostrar que la contracción del músculo produce una corriente eléctrica. En 1856 Albert von Kölliker y Müller descubren que el corazón expuesto de la rana, produce una corriente eléctrica que acompaña a cada latido cardíaco, y que la corriente de acción empezaba antes del comienzo de la contracción cardíaca. Entre otras grandes contribuciones de Kölliker, figuran las que realizó en el campo de la embriología comparada, en la histología, tales como la descripción de los corpúsculos de Pacchioni que se encuentran en la palma de las manos y en la planta de los pies; el origen de los espermatozoides en las células testiculares y su desarrollo, así como el origen de la sustancia intracelular del tejido conectivo. Kölliker fue una figura de grandes méritos en el campo de la investigación y tuvo un relevante desempeño académico.

## Los primeros registros de los potenciales eléctricos en el ser humano.

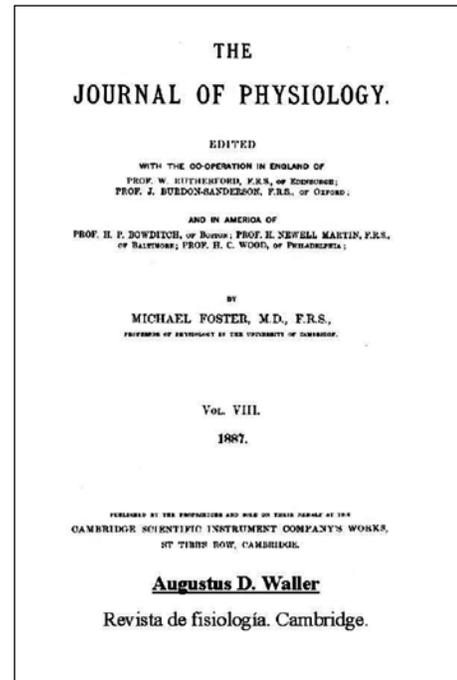
### El electrómetro capilar

Como se expuso anteriormente la “corriente de acción” del corazón expuesto de la rana había sido demostrado mediante el uso de instrumentos relativamente poco sensibles. Pero la introducción del “electrómetro capilar de Lippmann”, en el año 1872, constituyó un gran avance en este campo al lograr mayor velocidad y sensibilidad. Marey, en 1876, va a utilizarlo por primera vez para registrar la actividad eléctrica del corazón expuesto de la rana. En 1878 John Burdon – Sanderson y F.J.M. Page, acometen sus estudios electrofisiológicos en Inglaterra, incluyendo los relativos al corazón de la rana<sup>(6)</sup>. Es en esa época que A.D. Waller, empieza a trabajar en el Colegio Universitario de Londres, y domina esta técnica, la cual pasará a utilizar en el corazón expuesto del mamífero.

### Inicio de la era de la electrocardiografía (1887)

Es en este año crucial cuando se anuncia el descubrimiento hecho por A.D. Waller, fisiólogo londinense, de que en el ser humano

son evidenciables “cambios electromotrices” que acompañan al latido cardíaco, en un trabajo memorable publicado en el *Journal of Physiology*<sup>(7)</sup>.



## AUGUSTUS DÉsirÉ WALLER (1856-1922)

- A Waller se le debe el descubrimiento y el primer registro del electrocardiograma humano. El trazado obtenido por el electrómetro capilar carecía de fidelidad y no reflejaba con precisión los potenciales de acción del corazón por razones inherentes a este sistema de registro.
- El registro fue obtenido por primera vez en el año 1887, utilizando electrodos colocados a distancia, demostrando la factibilidad de realizar un registro del electrocardiograma en el corazón intacto.
- El rol histórico de Waller aparece apagado por el aporte de gran precisión hecho por Einthoven.

A este notable fisiólogo se lo considera como uno de los fundadores de la moderna electrocardiografía, había nacido en París. Era el hijo único de Augustus Volney Waller (1816-1870), quien había hecho importantes contribuciones a la fisiología, incluyendo la denominada con el epónimo clásico de “degeneración walleriana”. Esta degeneración de las fibras nerviosas se produce al separarlas por sección de sus células. Waller hijo, obtuvo su grado de médico en la Universidad de Aberdeen, Escocia en 1878.

Se inclinó desde el comienzo, como su padre, por el campo de la fisiología. Pasa un tiempo en Europa, donde trabaja con Ludwig, en Leipzig, y con Chauveau en Lyon, dominando con fluidez tanto el francés como el alemán. Después termina su formación de posgrado en el Departamento de Fisiología del Colegio Universitario de Londres, bajo la tutoría de Burdon Sanderson. Su primer cargo docente lo obtuvo como conferencista en fisiología en “La Escuela de Medicina y el Hospital Real” y después pasó a desempeñarse como “conferencista”, esta designación dependiente del Hospital St. Mary, adscrito a la Escuela de Medicina, cargo que desempeña durante dieciocho años y es donde va a realizar su obra fundamental en el campo de la electrocardiografía. En el año 1902, se traslada en calidad de Director al Laboratorio de Fisiología de la Universidad de Londres, el cual derivaba del antiguo Instituto Imperial. Había sido electo “Miembro de la Sociedad Real” en 1892, cuando contaba la edad de 35 años, la misma edad que tenía su padre al ser elegido.

Recibió el nombramiento de profesor en 1912 y fue objeto de numerosos honores y del reconocimiento de innumerables sociedades e instituciones de diversas partes del mundo.

### **La contribución de Waller a la electrocardiografía**

Su contribución crucial consistió en el descubrimiento de que habían fuerzas electromotrices, las cuales se originaban y estaban asociadas con el latido cardíaco y

que dichas fuerzas podían ser registradas en la superficie corporal, tanto de los animales intactos como del hombre, así como demostrar la posibilidad de su captación, mediante electrodos convenientemente ubicados en diferentes posiciones.

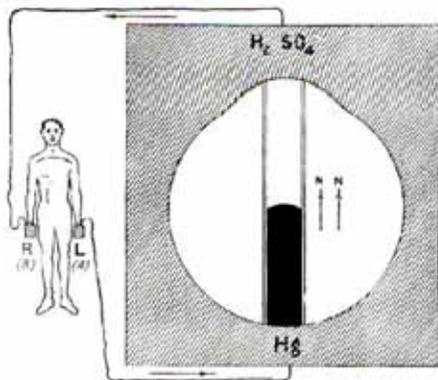
No hacía falta, de esa manera, la apertura del tórax en los animales de laboratorio y los electrodos se unían mediante conexiones con el electrómetro capilar. Estas conexiones serían denominadas derivaciones. Lo mismo resultaba valedero, aplicado al estudio del corazón humano.

La capacidad de creatividad científica de Waller lo condujo a plantearse la hipótesis de que el potencial de acción del corazón, podía propagarse a través del tórax y de que podía ser registrado por un instrumento de medición conveniente y también tuvo la habilidad técnica para realizarlo y demostrarlo. Así obtuvo el registro de las fluctuaciones regulares del menisco de mercurio del electrómetro capilar, el cual lo acoplaba al sujeto en estudio, mediante electrodos que consistían en jarros que contenían una solución salina, dentro de los cuales se sumergían las manos o los pies del sujeto o por medio de electrodos metálicos (una cucharita de plata) colocados en la boca.

También registró el movimiento del corazón, por medio de una palanca y pudo demostrar que los eventos eléctricos precedían temporalmente a los eventos mecánicos. También investigó las respuestas obtenidas mediante diferentes combinaciones de electrodos (manos, pies, boca, tórax) y pudo demostrar la naturaleza asimétrica del electrocardiograma. Aquellas derivaciones que registraban deflexiones de mayor magnitud, las denominó “favorables” (derivaciones I y II) mientras que la derivación III, Waller la encontró que “no era favorable”. Mediante este procedimiento Waller logró obtener por primera vez el registro fotográfico de la forma y de la magnitud del electrocardiograma, utilizando una placa fotosensible, la cual se movía a través del rayo de luz que proyectaba la sombra del menisco de mercurio en movimiento. La placa era transportada por un vagón de ferrocarril

de juguete que corría sobre sus rieles. Este dispositivo se encuentra guardado en el Museo de Ciencias de Londres.

1887: es el año de la primera demostración de acuerdo con lo señalado por Waller<sup>(8)</sup> la cual fue realizada en el Laboratorio del Hospital St. Mary de la Escuela de Medicina, en mayo de 1887, encontrándose presente en el público asistente, muchos fisiólogos, entre ellos el amigo de Waller, el Profesor Einthoven, de Leiden.



Augustus D. Waller

Figura 18.1. Electrómetro capilar de Lippmann: el paso de una corriente eléctrica por el aparato provoca un movimiento de la columna de mercurio en la dirección de esa corriente.

La primera demostración es descrita textualmente por Waller de la manera siguiente (Figura 18.1): “El disco de luz sobre la pantalla transparente en frente de usted es el campo de un microscopio iluminado por la parte posterior. La sombra capilar es la producida por un tubo capilar fino lleno hasta la mitad con mercurio y la otra mitad con ácido sulfúrico, es decir, un electrómetro capilar de Lippmann. Los envases de agua salina dentro de los cuales yo ahora introduzco mis dos manos, son conectados a los dos polos del electrómetro, el envase de la mano derecha es conectado al correspondiente al ácido sulfúrico y el de la mano izquierda al del mercurio. “Usted ve que el mercurio pulsa con un ritmo que es obviamente el de mi corazón”, y aquellos de ustedes que se encuentran cercanos a la pantalla son capaces de distinguir que con

cada latido cardíaco hay un doble movimiento de la columna de mercurio.

Estas pulsaciones que se observan en la columna capilar de mercurio, son ocasionadas por cambios eléctricos que ocurren acompañando a cada contracción del músculo cardíaco y no son en modo alguno el mero efecto mecánico del pulso arterial. La prueba más sencilla de esto se logra colocando uno de los electrodos (el de platino) en mi boca y sumergiendo, primero mi mano izquierda y luego mi mano derecha, dentro de la solución salina conectada con el otro polo del electrómetro. La pulsación es claramente visible, cuando se trata de que es la mano izquierda que está conectada, mientras que con la mano derecha es invisible. Cuando se conectan la boca y la mano izquierda a los dos polos del electrómetro, nosotros tenemos una “derivación favorable”; cuando se conecta la boca y la mano derecha obtenemos una “derivación no favorable”.

El eje de la corriente y el ecuador. En razón de la posición oblicua del corazón, su eje y por consiguiente el eje de cualquier corriente eléctrica resultante de la diferencia de potencial se establece entre la base y el ápex, en la dirección de una línea B–A (base–ápex). La línea de ausencia de corriente o de diferencia cero de potencial, está situada, entonces, en el ángulo recto, con relación al eje de la corriente BA, siguiendo la dirección de una línea OO que representa el ecuador entre los potenciales B y A. Esta línea ecuatorial divide el cuerpo lateralmente en dos partes asimétricas —una parte más pequeña que incluye la cabeza y la extremidad superior derecha, y una parte mayor que incluye el resto del cuerpo y las tres extremidades restantes—.

El trabajo inicial de Waller<sup>(7)</sup> fue seguido de una comunicación más extensa que apareció publicada en las *Philosophical Transactions of the Royal Society*<sup>(9)</sup>.

### Una presentación memorable en Berlín

En el año 1889 Waller recibió una invitación, cursada en su honor, a cargo de la “Sociedad Fisiológica de Berlín”, en cuya ocasión pudo

demostrar el electrocardiograma, utilizando animales (perro, caballo), mediante el empleo de derivaciones largas de registro y también los realizó en el ser humano, incluyendo al propio padre de la electrofisiología, Emil Du Bois Reymond.

Desafortunadamente para el progreso de la ciencia en este campo, Waller abandonó las investigaciones hasta el año 1909. Pero para ese momento, como se verá a continuación, la figura de Willem Einthoven había ocupado el escenario científico en este campo. El avance promovido inicialmente por la escuela inglesa de Electrocardiografía, pasaría luego a las manos de Sir Thomas Lewis (1881-1945).

### **WILLEM EINTHOVEN** (1860-1927)

- El padre de la electrocardiografía moderna.
- El desarrollo y la aplicación del galvanómetro de cuerda (1901).
- El registro del electrocardiograma humano (1903). La nomenclatura actual del electrocardiograma. El triángulo de Einthoven.
- Premio Nobel de Medicina de 1924.

Aun cuando el fisiólogo inglés Waller había echado las bases sobre las cuales se asentaría la disciplina electrocardiográfica, es al médico, fisiólogo y físico holandés, Willem Einthoven a quien se lo considera como el pionero y el padre de la electrocardiografía moderna.

Uno de los aportes fundamentales a la cardiología actual consistió en el conocimiento de que cada latido cardíaco, es decir el evento mecánico de la contracción cardíaca, se acompaña de cambios eléctricos. El paso fundamental en la evolución hacia el registro del potencial electromotriz del ser humano fue la aplicación hecha por Einthoven a comienzos del siglo XX en 1901, del galvanómetro a este campo. Este instrumento había sido inventado por Johannes B.C. Schweigger (1779-1857) de la Universidad

de La Halle con la finalidad de medir el potencial eléctrico del corazón.

Willem Einthoven, había nacido en mayo de 1860, en las Indias Orientales Holandesas en Semerang, Java, Indonesia, en donde su padre se encontraba ejerciendo la medicina. Después de la muerte del padre, la familia se trasladó a Holanda.

Einthoven cursó sus estudios de medicina en la Universidad de Utrecht entre los años de 1879 y 1885, en donde obtuvo el Diploma de Doctor en Ciencias Médicas en ese año. En el año 1886 fue llamado a desempeñar la Cátedra de Fisiología e Histología en la Universidad de Leyden, cargo que desempeñaría por cerca de cuarenta años, hasta su muerte.

### **Interés por la física y la fisiología**

Desde estudiante mostró una marcada inclinación por el estudio de la física y tan tempranamente como en el año 1886 publica su trabajo titulado “Sobre las energías específicas del nervio” y luego publica su tesis de grado en ese mismo año, sobre “La influencia de las diferencias de color en la producción de efectos estereoscópicos”.

Pero, sin lugar a dudas, su contribución principal fue el desarrollo y la aplicación del galvanómetro de cuerda al campo de la electrofisiología.

### **El galvanómetro de cuerda (1901)**

Einthoven inició sus estudios con el galvanómetro diseñado por el médico y fisiólogo francés Arsène d' Arsonval, después procedió a utilizar el galvanómetro de cuerda modificado, que consistió fundamentalmente en un “conductor móvil”, es decir, una cuerda estirada en una forma conveniente que consiste en un filamento de cuarzo cubierto de plata y colocado entre los polos de un electrómetro que crea un potente campo magnético. El movimiento del filamento puede ser observado y fotografiado por medio de una magnificación considerable y es similar a los movimientos del mercurio

contenido dentro del electrómetro capilar. Es posible regular la sensibilidad del galvanómetro muy precisamente, dentro de amplios márgenes, apretando o aflojando cuerda.

Establece, que las corrientes electromotivas producidas por la casi totalidad de los tejidos y de los órganos vivos (músculos, nervios, glándulas, órganos sensoriales) son muy débiles, por lo cual el galvanómetro debe estar dotado de una gran sensibilidad y además debe permitir una gran rapidez de excursión, de tal manera que los fenómenos electrofisiológicos puedan registrarse en forma adecuada<sup>(10)</sup>. En el año 1901 describe el galvanómetro modificado<sup>(11)</sup> de acuerdo con la invención de Schweigger.

### **El primer registro del electrocardiograma humano (1903)**

En el año 1903 publica el registro que obtuvo del electrocardiograma con la morfología que se volvería un hecho de conocimiento universal hasta el momento presente en los “Proceedings de la Real Academia de Amsterdam” y que aparece en forma completa en los “Archivos Pflüger” de fisiología<sup>(12)</sup> Einthoven señala textualmente en este trabajo: “hasta el momento actual, el electrocardiograma humano descubierto por Augustus D. Waller solamente podía ser registrado por medio del electrómetro capilar. La simple inspección de la curva inscrita por medio de este instrumento resultaba en una representación engañosa de las variaciones de potencial, las cuales, de hecho, tienen existencia real.

Si se desean obtener valores exactos de estas curvas, la forma de las mismas debe ser corregida de acuerdo con el calibre del tubo capilar usado y según el grado de magnificación y de la velocidad de la placa fotosensible. Por este método se puede llegar a la construcción de una nueva curva, el perfil de la cual representa las variaciones de potencial”.

“Yo he investigado un método por el cual la construcción de una nueva curva pudiera ser evitada y finalmente ofrecer un instrumento que primariamente podría satisfacer

los requerimientos para la inscripción del electrocardiograma en los seres humanos en aproximadamente sus correctas proporciones”.

Los grandes aportes de Einthoven pueden sumarse de la siguiente manera:

1. El desarrollo, perfeccionamiento y aplicación del galvanómetro, para el registro gráfico del electrocardiograma humano, con las magnitudes adecuadas.
2. La introducción de una nomenclatura uniforme así que preconizó el uso de las letras P, Q, R, S, T, que fue la descripción dada por Einthoven en 1903, y luego en 1912 estableció las tres derivaciones estándar, definidas como Derivación I: mano derecha y mano izquierda; Derivación II: mano derecha y pie izquierdo; y Derivación III: mano izquierda y pie izquierdo.

Establece que el efecto eléctrico observado en la Derivación II lo considera como compuesto de los efectos derivados en la Derivación I (transversa) y III (lateral izquierda). Einthoven expresa este punto de vista mediante la ecuación  $I + III = II$ .

3. El triángulo de Einthoven. Einthoven utiliza para representar las tres derivaciones a tres puntos R, L, F colocados en los tres ángulos de un plano vertical homogéneo, con la forma de un triángulo equilátero, el cual representa al cuerpo humano con el corazón en su centro. El triángulo de Einthoven pasó a constituir la base fundamental para la interpretación electrocardiográfica actual.
4. Obtiene y publica los electrocardiogramas, obtenidos en seis personas utilizando el galvanómetro de cuerda. Llama la atención sobre la constancia de la forma de la curva en un determinado individuo.
5. Einthoven señaló la importancia que tendría el electrocardiograma para el estudio de las arritmias e hizo además otras contribuciones sobre los usos fisiológicos del galvanómetro de cuerda, y de su empleo clínico para el registro de los ruidos cardíacos.

Einthoven recibió el reconocimiento inter-

nacional por su aporte fundamental a los estudios electrofisiológicos.

Fue designado como “miembro correspondiente extranjero de la Sociedad Real de Londres” y recibió el Premio Nobel de Medicina en el año 1924. Einthoven había hecho entrega a la cardiología de un método de estudio científico que ha constituido desde entonces uno de los pilares fundamentales para el diagnóstico y manejo de las enfermedades cardiovasculares.

Una contribución que según sus propias palabras, solo podría colocarse en segundo lugar, después del descubrimiento de Harvey de la circulación de la sangre y también podría agregarse al del descubrimiento de la digital por W. Whitering.

Después de Einthoven como se mencionó previamente, surge en Inglaterra la figura de Sir Thomas Lewis, quien logra aplicar el método en forma sistemática, para asentar las bases de la moderna electrocardiografía clínica.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) GALVANI L. De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius. Bologna, 1791.
- (2) MATTEUCCIC. Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux. París, 1840.
- (3) DU BOIS, Reymond B. Thierische Elecktricität. Vol. I, p. 425, Berlín, 1843.
- (4) DU BOIS, Reymond E. Investigation in Animal Electricity. 3 Vol., Berlín: G. Reimer, 1848-1884.
- (5) MAREY E.J. “Des variations electriques de muscles et du coeur, en particulier étudiés au moyen de l’electrometre de M. Lippmann”. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l’Academia des Sciences. 1876;82:975-977.
- (6) BURDON-SANDERSON J, PAGE F.J.M. On the Time Relations of the Excitatory Process in the Ventricle of the Heart of the Frog. Journal of Physiology. 1880;2: 385-397.
- (7) WALLER AD. A Demonstration on Man of Electromotive Changes Accompanying the Heart’s Beat. J Physiol. 1887;8:229-234.
- (8) WALLER AD. The Electrical Action of the Human Heart in 1887 and 1915. Br Med J. 1915;35-37.
- (9) WALLER AD. On the electromotive changes connected with the beat of the mammalian heart and of the human heart in particular. Philos Trans R Soc Lond. (Biol). 1889;180:169-194.
- (10) EINTHOVEN W. Uber die Form des Menschlichen Elektrokardiogramms. Pflügers Archiv Für die Gesamte Physiologie des Menschen un der Tiere. 1895;60:101-123.
- (11) EINTHOVEN W. Ein Neues Galvanometer Onderzoekingen. Physiol. Laborat. Leyden, 2, Reihe, Bud. 5, 1901.
- (12) EINTHOVEN W. Die Galvanometrische Registrirung des Menschlichen Elektrokardiogramm Zugleich eine Beurtheilung der Anwendung des Capillar-Electrometers in der Physiologie. Pflüger’s Arch. f. d. ges. Physiolog. 1903;99:472-480.

## SIR THOMAS LEWIS (1881-1945)

- El desarrollo de la electrocardiografía clínica y experimental.
- El proceso de activación del corazón.
- Las arritmias. La fibrilación auricular. El movimiento circular.
- “El corazón de soldado o síndrome de esfuerzo”.
- Las reacciones vasculares de la piel.

Thomas Lewis nació en Cardiff, Gales, en el año 1881, en el seno de una familia de clase media acomodada. Su padre era ingeniero de minas y propietario de una mina carbonífera.

Recibió su educación básica por medio de la contratación de tutores a domicilio debido a sus malas condiciones de salud. Después pasó a estudiar al Colegio Clifton hasta ingresar en el Colegio Cardiff para realizar sus estudios de medicina. Su entrenamiento clínico lo completó en el Colegio Universitario y en el Hospital de la Escuela de Medicina de Londres, graduándose en el año 1904 y obteniendo los títulos de M.B. y B.S. haciéndose acreedor a medalla y distinciones honoríficas. En 1906 es designado miembro del cuerpo médico del Hospital del Tórax Parque

Victoria de Londres.

En 1907 fue nominado miembro del Colegio Real de Médicos y en 1910 se le confiere el nombramiento de primer investigador *Beit Memorial*, lo cual le permitiría llevar a cabo muchas de sus investigaciones básicas, utilizando un modesto laboratorio anexo al Hospital Universitario. Su investigación estuvo siempre centrada sobre problemas de orden clínico. En 1913 pasa a ser médico consultante del Colegio Hospital Universitario, y a partir de 1916 es designado como primer investigador con tiempo a dedicación exclusiva. Recibió numerosos honores entre los cuales se cuentan el de Miembro de la Sociedad Real y el título de “Caballero” en 1921. Fue recipiendario de títulos honoríficos concedidos por numerosas Universidades Inglesas y del Canadá y se le distinguió con Premios y Galdardones, entre ellos el concedido por la Sociedad Real y el Colegio Real de Médicos. También fue un conferencista de prestigio internacional. A partir del año 1927 Lewis empezó a sufrir de enfermedad coronaria que terminaría por provocarle la muerte el 17 de marzo de 1945, encontrándose en su residencia de Rickmausworth, Inglaterra.

Fue una de las figuras más influyentes en el campo de la cardiología clínica, en la primera mitad del siglo XX. La influencia de sus contribuciones tuvo una honda repercusión en el desarrollo de la fisiología tanto en Europa como en América. En este Continente fueron numerosos sus discípulos de la talla de Arthur M. Master, Paul D. White y Frank Wilson.

### Contribuciones

Se pueden citar entre sus contribuciones más notables al campo cardiológico:

1. La introducción del galvanómetro de cuerda de Einthoven para el estudio de las arritmias cardíacas, y del proceso de activación del corazón<sup>(1)</sup>.
2. La verificación de la hipótesis de Keith y Flack, de que el nodo sino-auricular constituye el asiento del origen del impulso cardíaco (1910).

3. La realización de estudios fundamentales sobre la fibrilación auricular (1909): demuestra la gran frecuencia de este tipo de trastorno del ritmo en el ser humano, señala que el pulso totalmente irregular frecuentemente observado en la estenosis mitral es debido a la fibrilación de las aurículas, muestra las características ondas irregulares presentes en el electrocardiograma y señala la ausencia de la onda correspondiente a la contracción auricular normal que se observa en el pulso venoso yugular.

El artículo, que constituyó un clásico en la literatura de las arritmias, lo tituló “La fibrilación auricular: una condición clínica frecuente” apareció en el año 1909<sup>(2)</sup>. Entre 1920 y 1921 describe el mecanismo del movimiento circular de la onda de excitación alrededor de la boca de las grandes venas en casos de fibrilación y flutter auriculares.

4. El análisis del proceso de excitación. En el año 1911, Lewis publicó el libro que denominó “Mecanismo del latido cardíaco”, del cual surgió una segunda versión aumentada que se tituló “El mecanismo y el registro gráfico del latido cardíaco”<sup>(3)</sup>.

En el año 1915 ya había publicado<sup>(4)</sup> la metodología utilizada para estudiar la propagación de la onda de excitación en el corazón, mediante el empleo de una derivación unipolar. El electrodo explorador lo colocaba sobre la superficie epicárdica y lo apareaba con un electrodo distante. En esta forma podía recoger las variaciones locales de potencial y determinar la secuencia de la activación.

Las deflexiones captadas debajo del electrodo explorador eran denominadas “intrínsecas”, a diferencia de las deflexiones producidas por la activación del tejido miocárdico a distancia que fueron denominadas “extrínsecas”. La tasa de la propagación de la excitación la estimó ser de 1000 mm/seg en las aurículas, 3000-5000 mm/seg en el ventrículo.

En síntesis, Lewis describe el proceso de activación de la siguiente manera: la actividad primero se manifiesta en la región del nodo

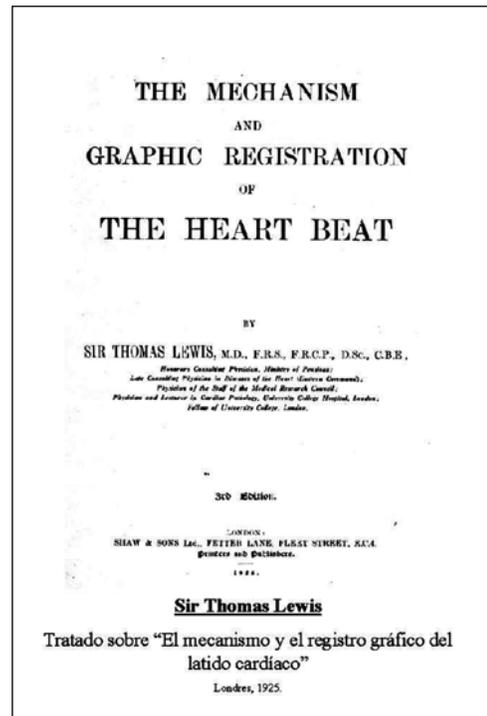
sino-auricular cerca de la cabeza de esa estructura. Desde el nodo se propaga en todas las direcciones. La onda de activación alcanza el nodo aurículo-ventricular en donde se retrasa y a continuación progresa por el fascículo hasta alcanzar los ventrículos. En la musculatura ventricular la conducción se hace más lenta, ya que su función de distribución es de menor importancia. La distribución rápida se logra por la arquitectura de los tejidos especiales. El fascículo principal se divide en dos ramas, derecha e izquierda, y luego se subdivide formando una arborización que constituye una red en la región subendocárdica. Este sistema especial de fibras está dotado del poder de conducción más elevado. La progresión final a través del músculo se produce por la penetración a través de todo su espesor por innumerables puntos.

5. Sobre el “corazón del soldado” o “síndrome de esfuerzo”. El denominado “corazón irritable o de soldado” había sido descrito por Da Costa J.M. (1871) como un síndrome integrado por disnea de esfuerzo, respiración suspirosa, palpitaciones, dolores precordiales sin características anginosas, debilidad, mareos, en ausencia aparente de lesión estructural del corazón. Durante la Primera Guerra Mundial, Lewis se dedicó al estudio del “Síndrome de Esfuerzo”<sup>(5)</sup> utilizando pruebas para evaluar la capacidad de trabajo y desarrolló criterios para el diagnóstico diferencial entre cardiopatía orgánica versus trastornos funcionales.
6. Sobre las reacciones vasculares de la piel humana provocadas por la lesión. Describe la denominada “triple respuesta” de la piel provocada por el golpe o la punción: la raya blanca, la raya roja con enrojecimiento irregular y la roncha, y señaló la similitud de la respuesta cutánea a la acción local de la histamina<sup>(6)</sup>.

## Obra

Fue fundador y editor de las revistas “Corazón” (*Heart*) (1909-1927) y “Ciencia

Clínica” (*Clinical Science*) aparecida después del año 1933. Publicó más de doscientos treinta artículos entre los cuales cerca de sesenta y tres se relacionaban con la electrocardiografía. Su obra más famosa apareció como ya se mencionó en 1911 bajo el título del “Mecanismo del latido cardíaco”, y posteriormente, en 1921 se publicó una versión ampliada con el nombre de “El mecanismo y el registro gráfico del latido cardíaco”. Además publicó numerosas monografías y libros de texto. Así, en 1917 publicó un artículo y luego una monografía titulada “El corazón de soldado y el síndrome de esfuerzo” y después en 1924 otro artículo y otra monografía con el nombre de “Los vasos sanguíneos de la piel humana y sus respuestas”.



Lewis inició una profunda y perdurable influencia en la cardiología universal, tanto en Europa como en América. La importancia de su contribución en el campo de la electrocardiografía es de tal magnitud que se puede considerar que el brillante investigador inglés Sir Thomas Lewis junto con el holandés William Einthoven y el norteamericano F.N. Wilson constituyeron los

tres pilares en donde se erigió el mundo de la electrocardiografía moderna.

### BIBLIOGRAFÍA

- (1) DRUPYAN.,GRANTRT: THOMASLEWIS, 1881-1945 R. Soc London Obituary Notices of Fellows 5: 178-202. 1945
- (2) LEWIS T. Auricular Fibrillation: a Common Clinical Condition. Brit Med. J. 2:1528. 1909
- (3) LEWIS T. The Mechanism and Graphic Registration of the Heart Beat. Second Edition. London: Shaw and Sons. 1920
- (4) LEWIS T., ROTHSCHILD MA. IV The Excitatory Process in the dog's Heart. Philos Trans. 206:181-226. 1915
- (5) LEWIS T. Report upon Soldiers Returned as Cases of Disordered Action of the Heart (D.A.H.) or Valvular Disease of the Heart (V.D.H.). Medical Research Committee, National Health Service. London: His Majesty's Stationery Office. Feb. 14. 1917
- (6) LEWIS T., GRANT RT. Vascular Reactions of the Skin to Injury. Heart 11:209-265. 1924