

***Willem Einthoven: El electrocardiograma y la “peligrosa”  
posibilidad de haber tomado otros rumbos***



**Willem Einthoven “el padre de la electrocardiología”**

**“Curiosidades históricas”**

**El estudio del pasado es esencial para ubicar a las personas en el tiempo; necesitamos saber de dónde venimos, para saber a dónde vamos. Conocer la historia es esencial para comprender la condición del ser humano, esto le permite construir, avanzar y si es necesario cambiar.**

**Por Andrés Ricardo Pérez-Riera MD PhD**

Laboratório de Metodologia de Pesquisa e Escrita Científica, do Centro Universitario Saúde ABC Santo André, São Paulo, Brazil. Electronic address: [riera@uol.com.br](mailto:riera@uol.com.br)

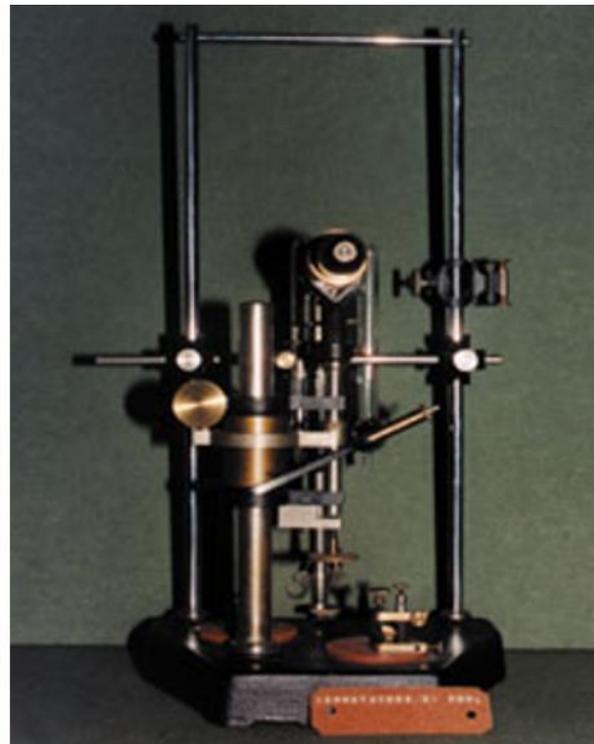
Por lo general, nuestro imaginario supone que Willem Einthoven comenzó como un joven investigador hasta inventar el electrocardiograma (ECG) y que tuvo el merecido reconocimiento al ser galardonado con el premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1924 por el descubrimiento del mecanismo del electrocardiograma ("**for the discovery of the mechanism of the electrocardiogram**"). Por el contrario, su trayectoria tuvo varios caminos precedentes muy diferentes. Es cierto que la fortuna le sonrió. Pero su diligencia e interés clínico más la libertad científica de la época en que le tocó vivir le permitieron la realización de su notable descubrimiento.

Es pertinente preguntarnos cómo sería hoy cardiología si Willem Einthoven no hubiera inventado el galvanómetro de cuerda para reemplazar el “rudimentario” electrómetro capilar criado por Gabriel Lippmann en 1873. (1) Figura 1

Figura 1



Gabriel Lippmann



Electrómetro capilar “Capillary electrometer”

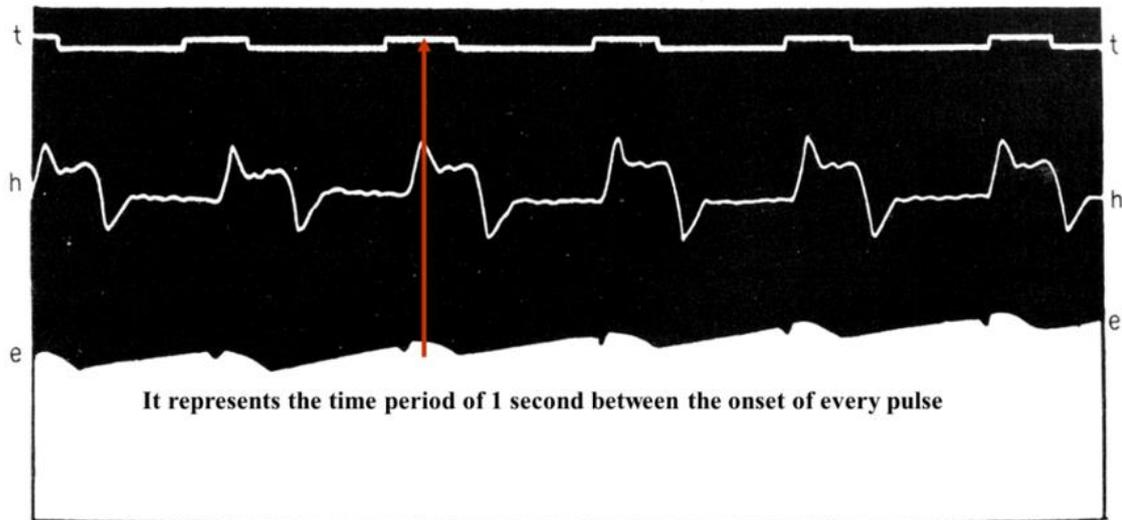
Este aparato posteriormente fue modificado aplicado en el corazón por August Waller.

Figura 2



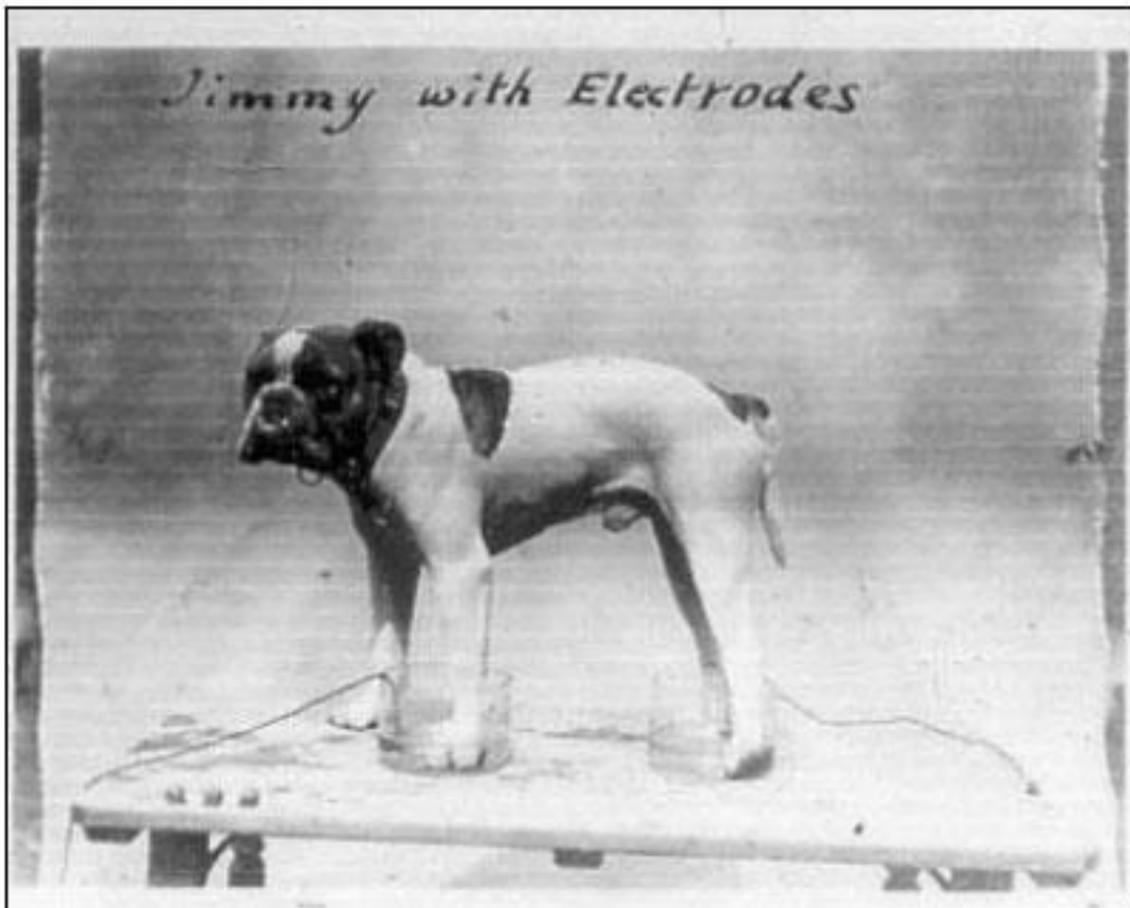
*Figura 2 Electrómetro modificado por Waller Una pequeña gota de mercurio ubicada dentro de un tubo capilar horizontal se movía bajo la influencia de un campo eléctrico aplicado por dos electrodos. El dispositivo contaba con una escala grabada en vidrio para proyección.*

El primer ECG realizado en un corazón humano fue registrado con el electrómetro capilar por él en mayo de 1887 en el Hospital St. Mary's de Londres. El trazado era muy pobre en detalles y mostraba apenas dos deflexiones principales distorsionadas. (2) Figura 3



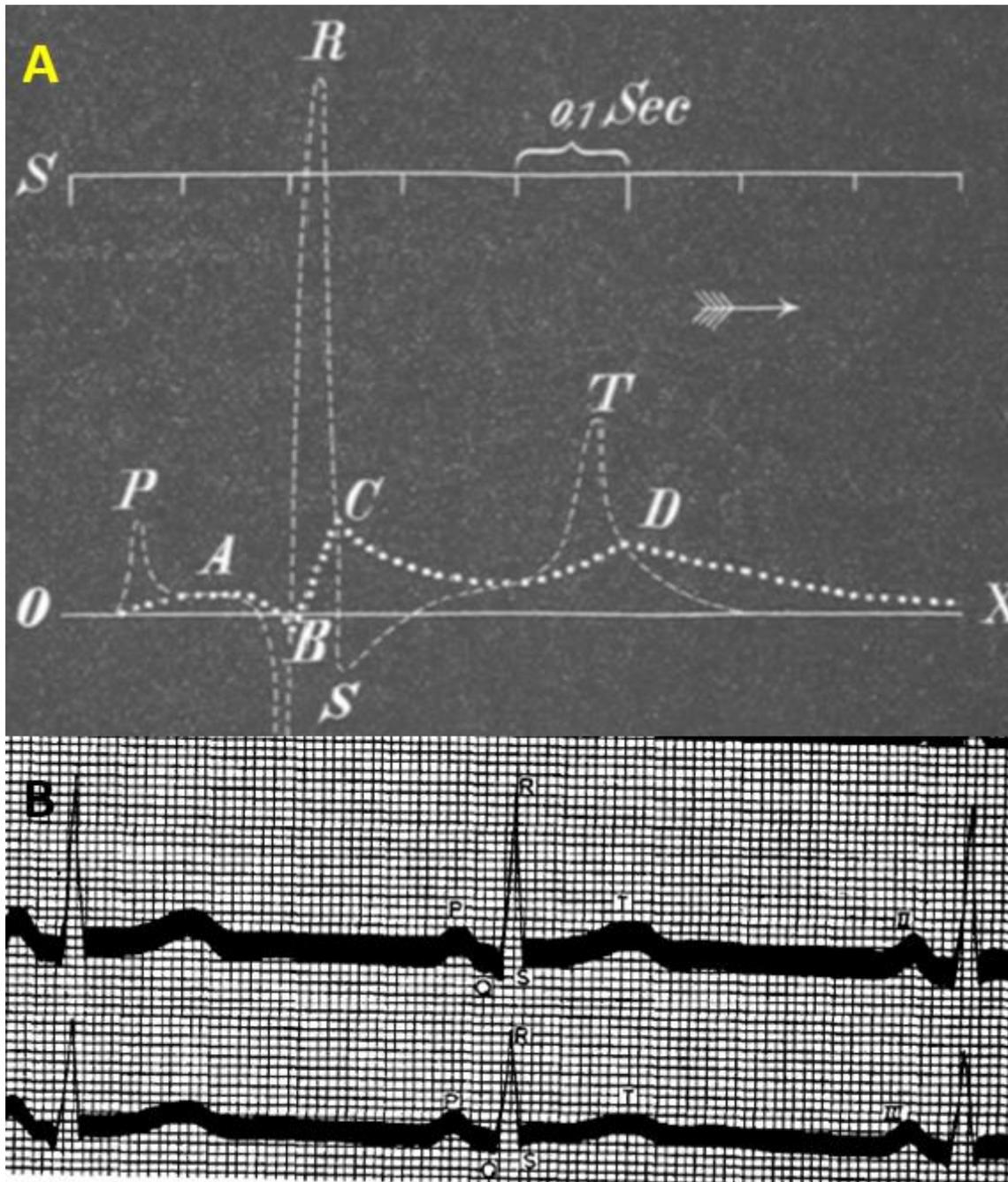
*Figura 3 Grabación con escala de tiempo en segundos en la parte superior(t-t), el trazado de pulso en el medio, que representa la vibración de la pared torácica por los latidos cardiacos (h-h) y el "electrograma" en la parte inferior como una actividad eléctrica que precede a cada latido cardíaco (e-e). Fue el primer electrocardiograma humano registrado por Augustus D. Waller, de la Facultad de Medicina de St Mary,*  
**Nota del autor:** curiosamente el trazado es semejante a un ECG de un paciente con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST ("acute ST segment elevation myocardial infraction" (STEMI))

El experimento fue previamente realizado en su perro de estimación "Jimmy" Figura 4 por lo que fue duramente criticado por la sociedad protectora de animales de la "Royal Society". (La Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural es la sociedad científica más antigua del Reino Unido. Aunque se considera el año 1662 como el de su fundación, años antes ya existía un grupo de científicos que se reunía con cierta periodicidad).



*Figura 4 La figura muestra el perro de Waller, de nombre Jimmy, conectado al electrocardiograma por las patas en una solución salina. Waller tenía una numerosa familia de bulldogs. Uno de estos, que respondía por Jimmie, fue utilizado en sus experimentos. Activistas protestaron contra Waller después de que se mostrara el electrocardiograma en la Royal Society.*

¿Qué sería de nosotros los cardiólogos y la cardiología sin el electrocardiograma actual? Nos parece inimaginable, “mutilada”, quedaríamos carentes de la información eléctrica del corazón. Sin embargo, el galvanómetro de cuerda fue idealizado y resultó en algo imprescindible: El descubrimiento del ECG como actualmente lo registramos, publicado por Eintoven en 1901(3) Figura 5 A y 5B



**Figura 5**

**5A.** Se muestran dos ECGs superpuestos. La curva no corregida se etiqueta ABCD. Este trazado se realizó con electrómetro capilar Lippmann refinado. La otra curva fue corregida matemáticamente por Einthoven para permitir la inercia y la fricción en el tubo capilar. Eligió las letras PQRST para la curva corregida basada en la tradición matemática de etiquetar puntos sucesivos en una curva con el método artesiano.

**5B.** Primer trazado de ECG realizado por Einthoven con el galvanómetro de cuerda.

Nota del autor: La denominación de las ondas electrocardiográficas En ese momento, determinó solo la onda P, el complejo QRS y la onda T. Once años después, Einthoven

reconoció una onda U en un solo paciente (4) Unos años más tarde, Einthoven comentó que *"la importancia de la onda U y la razón de su inconstancia son por el momento desconocidas con certeza"*. Lo curioso que estamos en 2020 y todavía no existe certeza de la génesis de la sexta onda del ECG. En el mismo año, Lewis confirmó la existencia de esta onda (5; 6; 7)

¿Hubo un elemento fortuito en la invención de Willem Einthoven? Si conociéramos su trayectoria de vida probablemente concluiríamos que sería casi imposible que haya tenido algún interés por la cardiología o los fenómenos bioeléctricos del corazón. Contrariamente si se hubiera convertido en un oftalmólogo, traumatólogo o neumólogo sería mucho más probable.

El padre de Einthoven, Jacob era un oficial médico de salud militar comisionado en Semarang, en la isla de Java, donde Willem nació en las antiguas Indias Orientales Holandesas actual Indonesia Figura 6



**Figura 6. Localización de Semarang, en Indonesia, lugar de nacimiento del padre de la electrocardiografía.**

Cuando Willem tenía apenas seis años su padre murió. La pérdida precoz del sustento familiar obligó a la familia a regresar a Holanda, por dificultades financieras. Ingresó en la Universidad de Utrecht para estudiar medicina, gracias a haber conseguido un préstamo del gobierno para pagar su matrícula. Esto lo obligaría al graduarse a tener que practicar en las Indias Orientales Holandesas. Más tarde, con su salario de profesor consiguió pagar los 6.000 florines de préstamo estudiantil, liberándose del compromiso de ejercer en Java.

Durante sus estudios secundarios, Einthoven estaba muy direccionado apenas en deportes. Su gran entusiasmo lo motivó a establecerse en un club de remo para estudiantes y una sociedad de esgrima. Cuando sus hazañas gimnásticas le costaron una fractura, su interés se centró en la traumatología. Tanto es así que su primer artículo científico, escrito cuando era estudiante de medicina, describía en detalle la compleja mecánica de la articulación del codo. (9) (Su profesor de anatomía, Koster, quedó absorto con los detalles descritos por Willem sobre la biomecánica de las articulaciones).

Dos de los eminentes maestros de Einthoven en Utrecht Holanda fueron Franciscus (Franz) Cornelius Donders y Herman Snellen, dos gigantes de la óptica y la oftalmología. (Hasta hoy utilizamos la tabla optométrica de Snellen para determinar la agudeza visual). La oftalmología atrajo a Einthoven porque era la especialidad médica más orientada científicamente en ese momento en Utrecht. Estas influencias fueron tan grandes que Einthoven escribió su tesis doctoral sobre el tema "*La influencia de las diferencias de color en la producción de efectos estereoscópicos*". (La estereoscopia es una técnica capaz de recoger información visual tridimensional y/o crear la ilusión de profundidad, o una imagen 3D (tridimensional). La ilusión de la profundidad en una fotografía, película, u otra imagen bidimensional se crea presentando una imagen ligeramente diferente para cada ojo, como ocurre en nuestra forma habitual de ver. Fue inventado por Sir Charles Wheatstone en 1840.) Einthoven definitivamente se estaba preparando para pagar su deuda Universitaria pensando actuar como oftalmólogo en las Indias Orientales en Java donde fortuitamente él había nacido.

Poco después de haberse graduado a los 25 años, la cátedra de fisiología en Leiden quedó vacante. Donders, el fisiólogo líder en los Países Bajos, fue consultado. Poniendo toda su influencia para favorecer su protegido y logró que Einthoven fuera nombrado profesor de fisiología en Leiden, donde permaneció todos los años de su vida docente y donde se convirtió finalmente en rector. Permanecer en la misma Universidad era inusual en la época: la mayoría de los profesores eminentes eran convidados a otras universidades en el juego de subir en la vida académica. Por lo tanto, podríamos suponer que el Einthoven con el que estamos tan en deuda los cardiólogos no era considerado destacado en los círculos académicos de su tiempo.

Durante los primeros años de su cátedra, Einthoven pagó lentamente el préstamo con su escaso salario.

Se aplicó diligentemente a la fisiología respiratoria y publicó una monografía de 80 páginas *"Sobre el mecanismo de la musculatura bronquial, estudiada por un nuevo método, y sobre el asma bronquial"*. lo que resulta en un círculo vicioso. (10)

### ***Einthoven y el electrocardiógrafo***

Cinco años antes de la publicación de esta monografía, Einthoven asistió a un Congreso Internacional de Fisiología celebrado en Londres. (11) Como era la moda, se demostraron en este congreso nuevos experimentos fisiológicos a los visitantes. Einthoven observó a Augustus D. Waller usar el electrómetro capilar para registrar los cables torácicos externos anteriores y posteriores aplicados en un hombre. La grabación resultante se llamó electrograma. Waller hizo hincapié humorísticamente en su concepto del campo eléctrico del corazón tomando una punta de una cuchara de plata sostenida en la boca del sujeto. Waller (12) fue el primero en demostrar que la señal bioeléctrica del corazón podía registrarse desde la superficie del cuerpo. Este evento histórico, presenciado por Einthoven, tuvo lugar en el Hospital St. Mary en 1887. Siete años después, inspirado por la demostración de Waller; Einthoven comenzó a experimentar con el electrómetro capilar e cual era un instrumento muy rudimentario haciendo alteraciones en los circuitos y niveles de resistencia. En 1894, Einthoven grabó el primer fonocardiograma humano. Un año después, acuñó el término electrocardiograma. (13) Desde el principio, no estaba satisfecho con la inercia de la columna de mercurio del electrómetro capilar. Al darse cuenta de que no estaba capacitado en matemáticas, le pidió al profesor Kluwyner, el matemático más destacado de Leiden, que lo ayudara a corregir aritméticamente la inercia. La insatisfacción de Einthoven creció cuando se convenció de que la señal bioeléctrica del corazón enfermo era diferente de la normal. En 1900 publicó el artículo "Sobre el electrocardiograma humano normal y el estudio de ciertas enfermedades del corazón con el electrómetro capilar". (14) En 1901, había construido un galvanómetro de cuerda. El instrumento pesaba 270 kg, ocupaba dos habitaciones y requería cinco personas para operarlo. Obtuvo su material clínico con un esfuerzo considerable. Debido a que su laboratorio estaba a 1.5 km del Hospital Académico, colocó 1.5 km de alambre para obtener y estudiar los electrocardiogramas de pacientes con enfermedades cardíacas. Cuando Einthoven recibió el premio Nobel en 1924, la cita decía que el premio había sido concedido por "el descubrimiento del mecanismo del electrocardiógrafo". Sin embargo, al igual que Waller fue la inspiración para los primeros estudios de Einthoven con el electrómetro capilar, Einthoven estaba motivado al inventar el galvanómetro de cuerda

más sensible para refinar el registro de la señal bioeléctrica anormal del corazón enfermo. Por esto, todos estamos en deuda con Einthoven para siempre a pesar de nuestra incapacidad para predecir su genio y su dirección desde sus albores. Sin duda, una investigación valiosa requiere no solo una mente dedicada, sino también una obstinación sin par.

## Referencias

1. Lippmann G, C. R. *Séances Acad. Sci., Ser. C*, 1873, 1407; *Ann Chim Phys*, 1875, 494.
2. Barold SS. Willem Einthoven and the birth of clinical electrocardiography a hundred years ago. *Card Electrophysiol Rev*. 2003 Jan;7(1):99-104.
3. Einthoven W. Un nouveau galvanomètre. *Arch Neerl Sci Exactes Nat* 1901; 6:625–633. 34.
4. Einthoven W. Le telecardiogramme. *Arch Int Physiol* 1906; 4: 132- 64.
5. Lewis T, Gilder MDD. The human electrocardiogram: a preliminary investigation of young male adults, to form a basis for pathological study. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1912; 202: 351- 76.
6. Postema PG, Ritsema van Eck HJ, Opthof T, et al. IK1 modulates the U-wave: insights in a 100 year old enigma. *Heart Rhythm* 2009; 6: 393-400)
7. Postema PG, Wilde AAM 1The Measurement of the QT Interval. *Curr Cardiol Rev*, 10 (3), 287-94 Aug 2014 DOI: 10.2174/1573403x10666140514103612
8. Burch GE, De Pasquale NP: A History of Electrocardiography. accompanying the heart's beat. *J Physiol* 8:229-234, 1887 Chicago, Yearbook Medical Publishers, 1964, 56-60, 64, 124.
9. Einthoven W: Ueber die Wirkung der Bronchialmuskeln, nach einer Arch Ges Physiol57:617-639, 1894 neuen Methode untersucht, und uber Asthma nervosum. *Arch Physiol* 6. Einthoven W: Ueber der Form des menschlichen Elektrokardio5 11367-447, 1892,
10. Katz LN, Hellerstein HK: Electrocardiography, In, *Circulation of the Blood*. Einthoven W, de Lint K: Ueber das normale menschlichen ElekBlood. *Men and Ideas* (Fishman AP, Richardson DW, ed). New York, trocardiogramm und ueber die Kapillar-elektrometrische UnterOxford, 1964, p 289-296.

11. Waller AD: A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat. *J Physiol* 8:229-234, 1887.
12. Einthoven W: Ueber der Form des menschlichen Elektrokardio5 11367-447, 1892 gramms. *Pflugers Arch Ges Physiol* 60:101-127, 1895.
13. Einthoven W, de Lint K: Ueber das normale menschlichen ElekBlood. *Men and Ideas*
14. Fishman AP, Richardson DW, ed). New York, trocardiogramm und ueber die Kapillar-elektrometrice UnterOxford, 1964, p 289-296 suchung einiger Herzkranken. *Pfkigers Arch Ges Physiol* 80: 4. Waller AD: A demonstration on man of electromotive changes ac- 139-160, 1900)

#### **Main chronological Einthoven papers (Principales manuscritos de Eithoven)**

1. Einthoven W: Ueber der Form des menschlichen Elektrokardio5 11367-447, 1892
2. Einthoven W: Ueber die Wirkung der Bronchialmuskeln, nach einer Arch Ges Physiol57:617-639, 1894 neuen Methode untersucht, und uber Asthma nervosum. *Arch Physiol* 6.
3. Einthoven W, Geluk MAG: Die Registrierung des Herztone. *Pflugers* 2. Einthoven W: Ueber die Wirkung der Bronchialmuskeln, nach einer Arch Ges Physiol57:617-639, 1894
4. Einthoven W: Ueber der Form des menschlichen Elektrokardio5 11367-447, 1892 gramms. *Pflugers Arch Ges Physiol* 60:101-127, 1895
5. Einthoven W. Ueber die Form des menschlichen Electrocardiogramms. *Pflugers Arch Gesamte Physiol* 1895; 60: 101-23.
6. Einthoven W: Ueber der Form des menschlichen Elektrokardio5 11367-447, 1892 gramms. *Pflugers Arch Ges Physiol* 60:101-127, 1895
7. Einthoven W. Uber die Form des menschlichen Electrocardiogramms. *Pflugers Arch ges Physiol* 1895; 60:101–123.
8. Einthoven W, De Lint K. Uber das normale menschliche " Electrocardiogramm und die capillarelektrometrische Un- " tersuchung einiger Herzkranken. *Pfl " ugers Arch ges Physiol* 1900; 80:139–160. 33.

9. Einthoven W. Un nouveau galvanomètre. Arch Neerl Sci Exactes Nat 1901; 6:625–633. 34.
10. Einthoven W. Galvanometrische registratie van het menselijk electrocardiogram. In: Herinneringsbundel SS ed. Rosentein: Leiden Eduard Ijdo Leiden, 1902:101–106.
11. Einthoven W. Die galvanometrische Registrierung des menschlichen Elektrokardiogram: Zugleich eine Beurtheilung der Anwendung des Capillar–Elektrometers in der Physiologie. Pflügers Arch ges Physiol 1903; 99:472–480.
12. Einthoven W. Le telecardiogramme. Arch Int Physiol. 1906; 4:132–64.
13. Einthoven W, Vaandrager B. Weiteres über das Elektrokardiogramm. Pfluegers Arch ges Physiol 1908; 122:517–584.
14. Einthoven W. The different forms of the human electrocardiogram and their signification. Lancet. 1912; 179:853–61
15. Einthoven W, Fahr G, De Waart A. Über die Richtung und die manifeste Grösse der Potentialschwankungen im menschlichen Herzen und über den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms. Pflügers Arch ges Physiol 1913;150:275–315. *W EINTHOVEN, G FAHR, A DE WAART. On the Direction and Manifest Size of the Variations of Potential in the Human Heart and on the Influence of the Position of the Heart on the Form of the Electrocardiogram, Am Heart J, 40 (2), 163-211 Aug 1950 PMID: 15432282 DOI: 10.1016/0002-8703(50)90165-7 Translated by Hebbel E Hoff, Houston, Texas and Paul Sekelj D, Eng, Montreal Québec*