



ARTÍCULO ESPECIAL

Un excursus en la historia de la electrovectocardiografía. Homenaje a la memoria del inolvidable Dr. Gustavo A. Medrano Castro

Alfredo de Micheli Serra^{a,*} y Pedro Iturralde Torres^b

^a Investigación, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, México DF, México

^b Departamento de Electrofisiología, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, México DF, México

Recibido el 18 de febrero de 2013; aceptado el 10 de junio de 2013

PALABRAS CLAVE

Electricidad animal;
Electricidad
de contacto;
Electrómetros;
Electrocardiografía;
Vectocardiografía;
Electrovectocar-
diografía mexicana;
México

Resumen Se resume la historia de los estudios acerca de la llamada irritabilidad de los tejidos animales, señalada en el siglo XVII por el médico inglés Francis Glisson. Estudios sustentables sobre las propiedades bioeléctricas de dichos tejidos se iniciaron en el siglo XVIII por el científico suizo Albrecht von Haller y se continuaron por el naturalista italiano Felice Fontana. Durante ese siglo arreció la polémica entre los partidarios de la llamada electricidad animal y los de la electricidad de contacto. La demostración por el danés Oersted en 1820 de la íntima relación existente entre magnetismo y electricidad llevó a la preparación de los electrómetros. Con estos fue posible detectar y medir el flujo eléctrico. Se llegó así, a mediados del siglo XIX, a la identificación de la verdadera electricidad animal en forma de corriente de lesión. Más tarde fue posible registrar la corriente eléctrica, originada en el miocardio, también al exterior de la caja torácica primero con el electrómetro capilar de Lippmann y después con el galvanómetro de cuerda construido por el holandés Willem Einthoven a principios del siglo XX. Despegó así la moderna electrocardiografía por obra del investigador inglés Thomas Lewis, del norteamericano Frank N. Wilson y del mexicano Demetrio Sodi Pallares. Este último trató de racionalizar la exploración electrovectocardiográfica mediante una base experimental.

© 2013 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Masson Doyma México S.A. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Animal electricity;
Contact electricity;
Electrometers;
Electrocardiography;
Vectorcardiography;

An overview of the history of electro-vectorcardiography. Tribute to the memory of the unforgettable Dr. Gustavo A. Medrano Castro

Abstract The history of the investigations about of the so-called irritability of animal tissues showed by English physician Francis Glisson in the 17th century, is summarized. During the 18th century, reliable studies on the bioelectric properties of these tissues began, due to the Swiss scientist Albrecht von Haller and continued by the Italian naturalist Felice Fontana.

* Autor para correspondencia: Juan Badiano No. 1, Colonia Sección XVI, Delegación Tlalpan, México, DF. CP: 14080.
Teléfono: +52 55 55 73 29 11 ext 1310.

Correo electrónico: alessandro.micheli@cardiologia.org.mx (A. de Micheli Serra).

Mexican electro-vectorcardiography; México

In the second half of this century, multiple controversies of the partisans of the animal electricity against the partisans of the contact electricity took place. The Danish scientist Oersted in 1820 proved the close relation of magnetism to electricity, which led to construction of electrometers. These instruments allowed to register and measure record of the electric current. On this way, at middle 21st century, the true animal electricity was identified as the injury current. Later it was possible to record the electric current, risen in the myocardium, out the thorax first by means of the Lippmann' capillary electrometer and later thanks to the Einthoven's string galvanometer at the beginning of the 20th century. So the modern electro-vectorcardiography took off, due to English Thomas Lewis, the North-American Frank N. Wilson and the Mexican Demetrio Sodi Pallares. The last one allowed to rationalize the electro-vectorcardiographic exploration on experimental bases.

© 2013 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Masson Doyma México S.A. All rights reserved.

La electricidad en fisiología

Junto con la teoría fibrilar, los estudios acerca de la «irritabilidad» de los tejidos animales representan un aspecto característico de la corriente iatrofísica. Según Sprengel, la doctrina mecanicista de los iatrofísicos comenzó a manifestarse como un verdadero culto solo después de que fuera avalada por René Descartes (1596-1650). Este quiso representar las funciones del cuerpo humano mediante el modelo de una máquina *cibernética* integrada por diversas piezas y capaz de ejercer diferentes acciones. Tales conceptos se exponen en su tratado de fisiología humana¹, publicado después de su muerte: en 1662 por Schuyt y en 1664 por Clerselier. Los máximos exponentes de la corriente iatrofísica o iatromecánica fueron: en Pisa, Giovanni Alfonso Borelli, quien había frecuentado la academia parisina del abate Bourdelot; en Roma, Giorgio Baglivi, y en Leiden, Hermann Boerhaave.

Por su lado, el iniciador de estudios sobre la «irritabilidad» de los tejidos animales fue el médico inglés Francis Glisson (1597-1677). Siguió esta senda el suizo Albrecht von Haller (1708-1777), discípulo de Boerhaave y padre de la fisiología experimental, quien publicara la célebre monografía *Dissertatio de vasis cordis propriis* (Gottinga, 1737). Sus investigaciones fueron continuadas por el naturalista italiano Felice Fontana (1720-1805), quien estableció un fundamento serio de los estudios concernientes a las propiedades bioeléctricas de los tejidos en varias publicaciones y sobre todo en una de 1767².

Para el estudio de lo que se denominaba electricidad animal se utilizó inicialmente la rana reoscópica de Galvani, preparación anatómica en la que la corriente eléctrica se valoraba en sentido cualitativo más que cuantitativo. Tras la construcción en 1811 del primer electrómetro o galvanómetro —a saber, de un instrumento capaz de detectar y medir la corriente eléctrica— y su perfeccionamiento por Leopoldo Nobili (1784-1835), inventor del termópilo, se comprobó la existencia de la electricidad en los músculos de las ranas. Pero esta no se consideró como «electricidad animal». Aunque la corriente de lesión fuera demostrada con un galvanómetro por Nobili en 1827, solo gracias a la publicación de los resultados experimentales de Carlo Matteucci^{3,4},

catedrático de física en la Universidad de Pisa, y posteriormente de Kölliker y Muller⁵, se estableció de manera objetiva la existencia de dicha corriente.

La demostración por Oersted en 1820⁶ de la íntima relación existente entre magnetismo y electricidad hizo posible la preparación de instrumentos capaces de medir la intensidad de las corrientes eléctricas originadas en los músculos. A partir de tales aparatos se llegó al reótomo de Du Bois-Reymond (1849) y al reótomo diferencial de Bernstein. De este modo, la línea que va de Galvani a Nobili y a Matteucci llevó al conocimiento de la verdadera electricidad animal en la forma llamada corriente de lesión. De ahí se originó la labor decisiva de Emil du Bois-Reymond, la que abrió el campo de la electrofisiología.

El físico francés Gabriel Lippmann ideó en 1872 el electrómetro capilar, con el que Augustus Desiré Waller, fisiólogo inglés, obtuvo registros precursores del electrocardiograma clínico (1887)⁷.

La electrovectocardiografía

La electrocardiografía moderna se inició a principios del sigloxx cuando Willem Einthoven, catedrático de fisiología en la Universidad de Leiden, presentó su electrocardiógrafo de cuerda (1901)⁸. Poco después (1903) pudo publicar trazados clínicos⁹. El aparato original de Einthoven, máquina monumental e intransportable, sufrió varios perfeccionamientos a partir de 1911, cuando comenzó a ser fabricado en serie por la compañía inglesa «Cambridge & Paul Scientific Instrument Co.».

Tras el intento pionero del fisiólogo ruso Alejandr Samoylow (1909) hubo la publicación del texto de electrocardiografía clínica de Thomas Lewis (1913)¹⁰. En los Estados Unidos de Norteamérica se introdujo el primer electrocardiógrafo en la década de 1920 por un profesor de la universidad del estado de Nueva York en Syracuse, donde se conserva aún como una pieza valiosa. A México trajo el primer aparato (Boulitte) el doctor Ignacio Chávez en 1927. Y el doctor Manuel Vaquero elaboró en 1928 la primera tesis recepcional sobre electrocardiografía.

La exploración eléctrica, en sus modalidades electrocardiográfica y vectocardiográfica —esta última iniciada a fines

de la década de 1930— examina el mismo fenómeno pero con enfoque distinto: analítico y circunscrito para la electrocardiografía, sintético y espacial para la vectocardiografía. El propio Schellong¹¹, iniciador de tal procedimiento exploratorio, al parecer recomendaba el estudio vectocardiográfico no como una alternativa respecto al electrocardiográfico, sino como un complemento muy útil de este último. La electrocardiografía y la vectocardiografía se complementan, pues, integrándose en un método de exploración esencialmente funcional que permite aun ciertas inferencias anatómicas y bioquímicas. La exploración electrovectocardiográfica que preconizó Wilson en Ann Harbour, y que aplicó con acierto Sodi Pallares a la cabeza de la Escuela Mexicana, puede considerarse lógica o racional desde un punto de vista epistemológico¹². De hecho, en sus análisis e interpretaciones sigue el método galileiano inductivo-deductivo, amén de la analogía y la inferencia probabilística. El mérito fundamental de esta obra loable es haber llevado con audacia la *mirada* hasta el nivel celular, hecho del que derivaron importantes adelantos diagnósticos y notables implicaciones terapéuticas.

Principales contribuciones de la Escuela Mexicana

Estudios iniciados en la década de 1950 permitieron la representación de los procesos de despolarización y repolarización miocárdicas mediante vectores resultantes de los frentes de onda —estos concebidos como dipolos según la teoría de Craib—, que se sitúan en el tiempo y en el espacio. Así fue posible representar el proceso de activación auricular con los vectores originados, respectivamente, en la aurícula derecha y en la izquierda. El vector medio de la despolarización del miocardio auricular, el cual corresponde al eje eléctrico de la onda auricular (P), se orienta hacia la izquierda, abajo y discretamente adelante de su punto de origen. De manera semejante se logró sintetizar el proceso de activación del miocardio ventricular con 3 principales vectores resultantes, que explican de manera satisfactoria la morfología de los complejos ventriculares registrados en las derivaciones intracardiacas y externas, así como las características de las curvas vectocardiográficas ventriculares. Tales conocimientos se exponen en un libro publicado por D. Sodi Pallares en 1956¹³.

Investigaciones realizadas por Gustavo A. Medrano et al.¹⁴ en corazón de perro in situ indicaron la sucesión del proceso de despolarización ventricular con activación normal y con bloqueo de rama y demostraron la existencia del llamado salto de onda a través de la barrera intraseptal¹⁵. Este fenómeno es responsable de la aberrancia de los complejos ventriculares en la mayoría de las taquicardias originadas en aval de la bifurcación del tronco común de His, mientras que su ausencia explica la falta de aberrancia del complejo ventricular en la mayoría de las taquicardias engendradas por arriba de dicha bifurcación. Además, la presencia o ausencia de «salto de onda» permite establecer el diagnóstico diferencial entre los bloqueos ventriculares proximales o tronculares y los distales o periféricos. Tal hecho se comprobó por estudios experimentales en corazón canino. En la década mencionada se iniciaron asimismo, a cargo de Enrique Cabrera

y Monroy^{16,17}, investigaciones acerca de las sobrecargas ventriculares con base en principios de fisiología, hemodinámica, matemática y física. Gracias a tales estudios fue posible desglosar las manifestaciones eléctricas de las sobrecargas sistólica y diastólica de los ventrículos, así como las de hipercarga, por ejemplo, por vagotonía. Estos se continuaron por largo tiempo y se extendieron a la identificación de grados intermedios de sobrecarga^{18,19} y a las correlaciones electro-hemodinámicas durante la realización de sobrecargas experimentales progresivas²⁰, en presencia y en ausencia de pericardio²⁰. Más aún se han estudiado, en la comunicación interventricular²¹ y en la interauricular²², los cambios postoperatorios tardíos de los signos eléctricos de sobrecarga ventricular derecha, así como de los trastornos de conducción homolaterales de tipo proximal y distal.

Deben recordarse, por otra parte, los registros de los potenciales del tejido de conducción auriculoventricular en corazón canino in situ efectuados en la década de 1960^{23,24}. Los resultados obtenidos en tales estudios permitieron una mejor definición del concepto de «endocardio eléctrico», entidad funcional, y para localizar la acción selectiva de fármacos utilizados en la clínica. Tiene mucha importancia la exhaustiva investigación experimental y clínica acerca de las manifestaciones electrovectocardiográficas de la presencia de miocardio inactivable no complicada y complicada con trastornos de la conducción ventricular. Dicha investigación, iniciada en 1960 por Sodi Pallares et al.²⁵ con un estudio de correlación anatomoelectrocardiográfica, se prosiguió durante toda esa época por lo que concierne al infarto aislado del ventrículo izquierdo. En la década siguiente, dicho tema de investigación abarcó las manifestaciones eléctricas de los infartos del ventrículo derecho y de los infartos biventriculares anteriores y posteriores tanto en el campo experimental como en el clínico. En el período mencionado se investigaron también las manifestaciones eléctricas de una zona de miocardio inactivable parietal y septoparietal izquierdo, asociada con bloqueos combinados. El amplio programa de estudios experimentales y clínicos en torno a los signos electrocardiográficos y vectocardiográficos del síndrome de infarto miocárdico se continuó en la década de 1980 con la reproducción del daño miocárdico auricular en corazón de perro²⁶⁻²⁸. La serie de estudios sobre los aspectos diagnósticos del infarto miocárdico se enriqueció, en la década de 1990, con la investigación experimental de los cambios eléctricos producidos por la existencia de una zona de miocardio inactivable respectivamente subendocárdica, intramural y transmural de la pared lateral del ventrículo izquierdo²⁹⁻³¹. Al mismo tiempo se trató de desglosar los signos electrocardiográficos de miocardio inactivable complicado con síndrome de Wolff-Parkinson-White³² o de localización biventricular³³. Los aspectos electrocardiográficos de los 3 componentes funcionales del síndrome de infarto —es decir, de las llamadas isquemia, lesión y necrosis— también han sido estudiados. Los signos correspondientes a la despolarización diastólica parcial (lesión) fueron descritas a su tiempo por A. Bisteni³⁴. Además se demostraron experimentalmente las consecuencias de dichas alteraciones miocárdicas sobre la contractilidad del músculo cardiaco afectado, las que fueron objeto de sendas comunicaciones en el sexto Congreso Mexicano de Cardiología (México, 1969). Los resultados

de tales investigaciones sistematizadas se han presentado en artículos, comunicaciones y libros debidos a miembros del departamento de electrovectocardiografía de nuestro Instituto en el transcurso de aquellos años. Otros investigadores nacionales y extranjeros han contribuido asimismo al avance de la exploración eléctrica del corazón. Mediante el registro de los potenciales del tejido de conducción auriculoventricular, primero in vitro (Coraboeuf y Weidmann, 1949)³⁵, después en corazón de perro aislado³⁶ in situ^{37,38} y poco más tarde en el corazón humano³⁹, se ha llegado a la estimulación intracavitaria programada y a los mapeos endocárdicos y epicárdicos: otra faceta de la exploración electrofisiológica. Con las grabaciones en cinta magnética, gracias al sistema Holter⁴⁰ y a las pruebas de tolerancia al ejercicio físico se amplió la posibilidad de exploración eléctrica cardíaca siempre con enfoque electrofisiológico estricto. El grupo que se ocupa ahora de las exploraciones e intervenciones eléctricas en nuestro Instituto sigue, a su vez, la senda trazada por el fundador de la Escuela electrocardiográfica mexicana. Con apego a las exigencias de nuestros días, cultiva sobre todo el campo de la arritmología. Tras la publicación pionera de un libro de arritmias en 1976 por el Dr. Manuel Cárdenas⁴¹, ha salido a la luz en 1997 el del Dr. Pedro Iturralde Torres⁴², obra de la que ya existe la tercera edición⁴³. Así se aplican técnicas modernas de diagnóstico de las arritmias, como el sistema carto, y de terapéutica como la radiofrecuencia. Tal evolución desde un enfoque puramente diagnóstico hacia uno de tipo diagnóstico-terapéutico refleja los cambios propios de nuestro tiempo y es análoga a la observada en otros dominios de la cardiología, por ejemplo la hemodinamia. Esta última, que constituía un método rigurosamente diagnóstico en sus inicios, ha adquirido ahora gran importancia terapéutica en virtud de las angioplastias coronarias, las valvuloplastias o dilataciones valvulares con catéter balón, etc. Aquí hemos podido seguir dicha trayectoria desde los intentos pioneros de valvuloplastia pulmonar por cateterismo cardíaco efectuados por el Dr. Víctor Rubio Álvarez en 1953⁴⁴, hasta las hazañas hemodinámicas actuales tanto en el campo de las cardiopatías congénitas como en el de las cardiopatías adquiridas.

Electrofisiología clínica

La ablación consiste en la eliminación de un foco arritmogénico o bien de una zona crítica de un circuito esencial para el sostenimiento de una taquicardia. Inicialmente los abordajes para la ablación fueron quirúrgicos y se iniciaron con la primera sección quirúrgica de una vía accesoria auriculoventricular (haz de Kent) en un paciente con síndrome de Wolff-Parkinson-White.

Los avances de la electrofisiología y el desarrollo tecnológico favorecieron la aparición de la ablación percutánea mediante catéter, que a lo largo de estos años se ha ido perfeccionando y ha pasado a ser el tratamiento de elección de muchas taquiarritmias. La radiofrecuencia es la forma de energía utilizada en la actualidad. Consiste en una corriente alterna de elevada frecuencia (habitualmente entre 500-700 kHz), no modulada, aplicada habitualmente de forma unipolar entre la punta distal del catéter y un electrodo pasivo en la espalda del paciente.

La mayoría de los catéteres y generadores actuales disponen de la posibilidad de medir la temperatura en la interfase catéter-tejido, lo que permite adaptar de forma más racional la energía aplicada para conseguir una lesión suficiente sin producir carbonización. Recientemente se han desarrollado catéteres «irrigados» en los que una infusión continua de suero «enfria» la punta del catéter y permite aplicar más energía, con lo que se obtienen lesiones de mayor tamaño y mayor profundidad sin que se produzca carbonización. Inicialmente se utilizaban catéteres con punta de 4 mm; en la actualidad, para algunas arritmias preferimos utilizar el catéter con punta de 8 mm, especialmente en el flúter auricular y en la taquicardia ventricular. El denominado sistema CARTO (Biosense Ltd., Israel) utiliza un catéter de cartografía integrado con un sensor de localización incorporado en su punta para permitir la adquisición automática y simultánea del electrograma de esa posición y sus coordenadas de localización tridimensional.

El sistema de cartografía adquiere la localización del electrodo de la punta del catéter junto con su electrograma local y reconstruye un mapa electroanatómico tridimensional de la cámara cardíaca codificada en color, con información electrofisiológica relevante y en tiempo real.

El sistema no fluoroscópico electromagnético CARTO introduce un nuevo concepto para el mapeo y la ablación por radiofrecuencia de las arritmias cardíacas, ya que combina datos electrofisiológicos con información anatómica, cuya integración permite la construcción geométrica de mapas endocárdicos tridimensionales que facilitan la comprensión del mecanismo de las arritmias y su interrelación con diferentes estructuras anatómicas.

Tanto las arritmias supraventriculares como las ventriculares son susceptibles de estudio y ablación por radiofrecuencia con el sistema CARTO. La indicación de su empleo específico está dada por uno o más de los siguientes factores: el nivel de complejidad de la arritmia, los antecedentes de cirugía cardíaca, la presencia de alteraciones estructurales cardíacas significativas, las recidivas luego de la ablación por radiofrecuencia con el sistema convencional y la necesidad de localizar estructuras anatómicas en forma precisa.

En conclusión, los conocimientos actuales acerca de la íntima estructura y de la función de las fibras miocárdicas va rápidamente ampliándose y profundizándose gracias a la ultramicroscopía, al empleo de radioisótopos, a estudios a nivel celular de orden citoquímico, electroquímico y fisiológico, a las demostraciones mediante modelos y a la aplicación de principios de la cibernética y de la ciencia de la complejidad. Por eso, deben tomarse en cuenta otros factores responsables de las manifestaciones eléctricas de la actividad del miocardio, además de los considerados tradicionalmente. Así, es necesario hurgar siempre más hondo en el sustrato metabólico, electrolítico y aun genético de los fenómenos que se originan en el miocardio. Todo esto impone una exploración eléctrica siempre más completa, por ejemplo con el llamado círculo torácico. La necesidad de una exploración electrocardiográfica integrada puede ejemplificarse con la interpretación electrofisiológica y fisicoquímica de los signos de isquemia, lesión y necrosis miocárdicas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Descartes R. Tratado del hombre [trad. G. Quintás]. Madrid: Editora Nacional; 1980.
- Fontana F. De irritabilitatis legibus nunc primum sancitis et de spirituum animalium in movendis musculis insufficientia. Lucca, 1767.
- Matteucci C. Sur le courant électrique de la grenouille: second mémoire sur l'électricité animale faisant suite à celui sur la torpille. *Ann Chim Phys.* 1842;6:301.
- Matteucci C. Sur un phénomène physiologique produit par un muscle en contraction. *Ann Chim Phys.* 1842;6:339-41.
- Kölliker A, Müller H. Nachweis der negative Schwankung des Mackelstroms am natürlich sich contrahirenden Muskel. *Verh Physiol Med Ges.* 1856;6:528-33.
- Oersted HC. Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam. Copenhagen, 1820.
- Waller AD. A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat. *J Physiol (Lond).* 1887;8:229-34.
- Einthoven W. Un nouveau galvanomètre. *Arch Neerl Sci Exactes Nat.* 1901;6:625-33.
- Einthoven W. Die galvanometrische registrierung des menschlichen Elektrokardiogram, zeyleich eine Beurtheilung der Anwendung des Kapillar-Elektrometers in der Physiologie. *Pflügers Arch Ges Physiol.* 1903;99:472.
- Lewis T. *Clinical Electrocardiography.* Londres: Shaw & Sons; 1913.
- Schellong F. Vektordiagraphie des Herzens als klinische Methode. *Klin Wschr.* 1938;17:453-7.
- De Micheli A. La epistemología en cardiología. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1988;58:247-56.
- Sodi Pallares D. *New bases of electrocardiography.* Saint-Louis, Miss.: C.V. Mosby Co; 1956.
- Medrano GA, Bisteni A, Brancato RW, et al. The activation of the ventricular septum in the dog's heart in normal conditions and in bundle branch block. *Ann N Y Acad Sci.* 1957;65:804-17.
- Medrano GA, de Micheli A, Aranda A, et al. An experimental contribution to the concept of jumping wave phenomenon in the interventricular septum. *Arch Cardiol Mex.* 2002;72:282-9.
- Cabrera E, Monroy JR. Systolic and diastolic loading of the heart I. Physiologic and clinical data. *Am Heart J.* 1952;43:661-8.
- Cabrera E, Monroy JR. Systolic and diastolic loading of the heart II. Electrocardiographic data. *Am Heart J.* 1952;43:669-81.
- De Micheli A, Medrano GA, Martínez Ríos MA, et al. Aspectos electrovectorcardiográficos de las sobrecargas diastólica y mixta del ventrículo derecho. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1985;55:97-107.
- De Micheli A, Medrano GA, Casanova JM. Aspectos electrovectorcardiográficos de las sobrecargas sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1990;60:127-35.
- De Micheli A, Medrano GA, García Moreira C. Influencia del pericardio en las sobrecargas experimentales diastólica y mixta del ventrículo derecho. *Rev Port Cardiol.* 1984;3:663-8.
- Espino Vela J, de Micheli A, Ortega Mondragón ML, et al. Valoración clínica y funcional de 116 casos de comunicación interventricular operados en el Instituto Nacional de Cardiología de México. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1968;38:161-86.
- De Micheli A, Medrano GA, Casanova JM. Cambios en la despolarización y en la repolarización ventriculares en 116 casos de CIA operados. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1989;59:463-72.
- Medrano GA, Sodi Pallares D, de Micheli A, et al. A study of the potentials of the Purkinje tissue. *Am Heart J.* 1960;60:562-80.
- Sodi Pallares D, Medrano GA, de Micheli A, et al. Unipolar QS morphology and Purkinje potential of the free left ventricular wall. The concept of electrical endocardium. *Circulation.* 1961;23:836-48.
- Sodi Pallares D, Anselmi G, Contreras R, et al. Proceso de activación y correlación anatómica en cortes seriados como base de una nueva clasificación de los infartos. En *Symposium internacional sobre aterosclerosis y enfermedad coronaria.* México: Interamericana; 1960. p. 189-201.
- Medrano GA, de Micheli A, Osornio Vargas A. Repercusiones del infarto experimental de la aurícula derecha sobre P Ta y QTa. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1985;55:297-303.
- Medrano GA, de Micheli A, Osornio Vargas A. Infarto experimental de la aurícula izquierda. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1986;56:283-8.
- Medrano GA, de Micheli A, Osornio Vargas A. Interatrial conduction and STa in experimental atrial damage. *J Electrocardiol.* 1987;20:357-63.
- Medrano GA, de Micheli A. Infartos subendocárdicos anterolaterales experimentales. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1989;59:353-60.
- Medrano GA, de Micheli A. Infartos experimentales subendocárdicos posteroinferiores. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1990;60:331-9.
- Medrano GA, de Micheli A. Electrocardiographic features in experimental subendocardial infarctions in canine hearts. *J Electrocardiol.* 1994;27:263-73.
- De Micheli A, Medrano GA. Manifestaciones electrovectorcardiográficas del síndrome de WPW con cardiopatía asociada. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1989;59:309-21.
- Medrano GA, de Micheli A, Iturralde P. On the electrocardiographic diagnosis of biventricular infarctions. *Acta Cardiol.* 2000;55:283-8.
- Bisteni A. La lesión y la isquemia miocárdicas. México.: Prensa Médica Mexicana; 1976.
- Coraboeuf E, Weidmann S. Les potentiels d'action du muscle cardiaque obtenus à l'aide de microélectrodes intracellulaires. Présence d'une inversion du potentiel. *Rev Compt Rend Soc Biol.* 1949;143:1360.
- Alanís J, González H, López E. The electrical activity of the bundle of His. *J Physiol (Lond).* 1958;142:127-40.
- Sodi Pallares D, Medrano GA, Bisteni A, et al. The electrograms of the conductive tissue in the normal dog's heart. *Am J Cardiol.* 1959;4:459-63.
- Medrano GA, de Micheli A, Sodi Pallares D. Les potentiels des structures spécifiques du coeur et leurs relations chronologiques avec l'électrocardiogramme périphérique chez le chien. *Acta Cardiol.* 1962;17:731-60.
- Scherlag BJ, Lau SH, Helfant RH, et al. Catheter technique for recording His bundle activity in man. *Circulation.* 1969;39:13-8.
- Holter NJ. New method for heart study. *Science.* 1961;134:1214-20.
- Cárdenas M. *Las arritmias cardiacas.* México: Prensa Médica Mexicana; 1976.
- Iturralde Torres P. *Arritmias cardiacas.* 1.^a ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 1997.
- Iturralde Torres P. *Arritmias cardiacas.* 3.^a ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2008.
- Rubio Álvarez V, Limón Lasón R, Soní J. Valvulotomías intracardiacas por medio de un catéter. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1953;13:183-92.