
La historia del uso del Efecto Doppler en medicina

Donato Salas-Segura*

En la medicina moderna la utilización de tecnología es fundamental y, como toda tecnología está basada en principios físicos, la manera en que estos principios llegan a ser útiles en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades no deja de ser materia interesante de estudiar y documentar.

El propósito del siguiente ensayo es dar una pequeña muestra de lo anterior al dar unos cuantos adarmes sobre la historia y desarrollo de los dispositivos Doppler en medicina, llamados así en consecuencia al principio físico que utilizan y cuya historia y aplicación veremos a continuación.

Christian Andreas Doppler nació en el año de 1803 en Salzburgo, Austria, en el seno de una próspera familia burguesa. Dotado de una excelente capacidad para las matemáticas, que el joven no dedicaría a los negocios familiares, fue enviado a estudiar al Instituto Politécnico de Viena, recién fundado para esa época, entre los años de 1822 a 1825, para posteriormente continuar su formación en la Universidad de Viena, donde seguiría estudios en matemáticas, mecánica y astronomía, graduándose finalmente de dicha institución en 1829.

Salvo por su valioso aporte a la acústica, la vida de Doppler fue más una continua y gris lucha contra los problemas domésticos, laborales y de salud usuales de su época (algunos de los cuales persisten en la nuestra) que un ejemplo de dedicación apostólica a la ciencia. Esperó por más de dos

años el resultado final de un concurso de antecedentes para una plaza de profesor en Praga, estuvo a punto de viajar a América para mejorar sus perspectivas económicas, publicó varios textos de matemáticas y murió a los 49 años de tuberculosis en Venecia.

Doppler describió el fenómeno físico al que debe su fama (Efecto Doppler) en el año de 1846, paradójicamente al final de una mala época docente para él en la que incluso estuvo a punto de ser suspendido como profesor del Politécnico de Praga.

El Efecto Doppler consiste en el hecho de que si un observador cualquiera, en una posición fija, recibe las ondas sonoras procedentes desde una fuente en movimiento, el sonido producido será percibido en un tono más alto (esto es, en tono agudo) a medida que la fuente se acerca al observador y en un tono más bajo (grave) a medida que se aleje.

Es curioso que el ejemplo clásico para ilustrar el efecto Doppler es el silbato de una locomotora en movimiento acercándose y luego alejándose de un observador inmóvil. Y resulta curioso porque C.A. Doppler ciertamente utilizó una locomotora para realizar sus observaciones y, sin embargo, no tuvo en cuenta para nada el silbato de ésta porque en realidad utilizó músicos. Colocó un grupo de músicos en un ferrocarril y les indicó que tocaran la misma nota musical mientras que otro grupo de músicos, en la estación del tren, registraba la nota musical que oían mientras el tren se acercaba y

* Médico cirujano, residente en el Hospital Calderón Guardia.

alejaba de ellos sucesivamente. Una idea engorrosa, pero brillante.

Las perspicaces observaciones de Doppler encontraron cierta resistencia al principio entre la comunidad científica pero al final fueron aceptadas. De hecho, pronto se descubrió que los principios descritos por el físico austriaco eran aplicables a la luz¹. Así en el año de 1848, el físico francés Armand Fizeau, aplicando el mismo principio del efecto de las ondas cuando se mueven o se alejan de un observador, determinó que los cuerpos celestes que se acercan hacia la Tierra son vistos de color azul y los que se alejan se ven de color rojo. Esto, en términos generales, significa que las ondas de luz, cuando se aproximan hacia el observador se dirigen o sufren corrimiento hacia el extremo ultravioleta del espectro y cuando se alejan, se aproximan hacia el extremo infrarrojo del espectro, o sea que sus ondas, al igual que las sonoras, se vuelven más altas cuando se aproximan y más bajas cuando se distancian.

A pesar de todos estos conspicuos avances en la física de las ondas, no sería sino hasta el siglo veinte que el fenómeno Doppler se pudiera aplicar en medicina y lo haría de la mano de otro principio de acústica que caló hondo en muchas ramas de la medicina, el ultrasonido.

El examen de ultrasonido (US) es en la actualidad muy conocido por la población general. Su uso durante el embarazo es prácticamente universal dada su inocuidad y confiabilidad.

El principio general del US es el mismo del eco y del radar: Una onda sonora emitida desde una fuente que se mueve a través de un medio sólido, líquido o gaseoso, alcanza un obstáculo a su propagación y produce, al chocar con él, una onda de rebote que se devuelve hacia la fuente primaria del sonido.

El US debe su nombre al uso de frecuencias sonoras arriba de 20000 HZ, lo que las vuelve inaudibles, pero les da potencia suficiente para propagarse a través de los tejidos corporales.

La primera publicación de la utilización del US en medicina la hizo un tal KT Dussite en 1942 y apareció impresa en una revista alemana de neuropsiquiatría. En el año de 1955, el escocés Ian Donald, médico que durante la II Guerra Mundial

¹ De hecho, el Efecto Doppler es aplicable a cualquier tipo de onda.

trabajó para la Royal Air Force (RAF) en asuntos de radar y sonar, asociado con un técnico llamado Tom Brown, de la compañía Kelvin & Hughes de Instrumentos Científicos, empezó a trabajar en el desarrollo del US. En 1958 logró demostrar la utilidad de la nueva técnica al identificar una masa ovárica en una paciente diagnosticada erróneamente de cáncer inoperable, en 1959 inició el estudio del feto durante la gestación con notables resultados.

Alrededor de esta época de los primeros trabajos de Donald, el Dr. Robert F. Rushmer, un pediatra y fisiólogo de la Universidad de Washington, estaba dedicado al desarrollo de instrumentos que le permitieran documentar y evaluar funciones cardiovasculares en animales sin necesidad de realizar operaciones en los especímenes. Estaba especialmente interesado en lograr determinar las dimensiones cardiovasculares, las presiones intravasculares y el flujo sanguíneo por medio de técnicas incruentas. Tres miembros de su equipo de técnicos, Dean Franklin, Dick Ellis y Donald Baker (quien durante la guerra ya había utilizado el principio Doppler para la detección de aviones a baja altura) lograron desarrollar un flujómetro multicanal de tránsito-tiempo que permitía detectar el flujo en un vaso sanguíneo por medio del Doppler al hacer incidir una onda sonora sobre los glóbulos rojos en movimiento dentro del vaso y luego recoger la señal de eco devuelta por esas mismas células. En el año de 1965, la primera aplicación comercial de la tecnología Doppler estuvo lista, se llamó Doptone ®, un dispositivo que permitía la auscultación del latido fetal.

En 1967 Eugene Strandness Jr., de la Universidad de Washington, publicó los primeros estudios clínicos sobre patología vascular de acuerdo a los diferentes perfiles de ondas obtenidos por Doppler en diferentes enfermedades arteriales y venosas.

En el año de 1970 el ya citado Baker pudo realizar el primer mapeo de flujo vascular al combinar el registro del Doppler con una imagen bidimensional de US. La versión refinada y en tiempo real de esta tecnología recibe el nombre de Doppler Duplex y desde 1975 es capaz, gracias al trabajo de Fritz Thurstone y David Phillips de la Universidad de Duke, incluso de dar una imagen a color del flujo sanguíneo (color rojo si el flujo se acerca o color azul si el flujo se aleja, al contrario que en astronomía). En el año de 1976 se logró determinar por primera vez el flujo de las arterias renales por esta técnica.

Unos años después de estos progresos, justo a inicios de los años 80, Hatle al fin podría utilizar el Doppler para determinar la velocidad del flujo sanguíneo y, a partir de este momento, la aplicación del Doppler se extendería ampliamente en los campos de la cirugía vascular y la cardiología. En esta última, la aplicación del Doppler al Ecocardiograma, o sea al US de corazón, una técnica aplicada por primera vez por Elder y Hertz en 1954, formaría un binomio diagnóstico de enorme utilidad en el estudio de la enfermedad cardiaca al permitir determinar el grado de disfunción de las válvulas cardiacas y medir el flujo y presiones intracavitarias de forma rápida y segura.

Ya en la década de los noventas, la utilización del Doppler permitió la evaluación clínica no invasiva, aunque incompleta, del flujo cerebral a través del Doppler transcraneano.

El dispositivo de Doppler opera de la siguiente manera: Se genera una señal por un cristal que se encuentra en la punta de un transductor, el cual hace las veces del observador inmóvil, esta señal es reflejada por los eritrocitos o glóbulos rojos de la sangre, que hacen las veces del tren en movimiento; la frecuencia de la señal se modifica por la velocidad de los eritrocitos y esta variación de la frecuencia es recogida de nuevo por el transductor y convertida en una imagen gráfica (como en los mapeos de flujo) o en una señal audible, ya que estos aparatos funcionan dentro de rangos de frecuencia audibles, a diferencia del ultrasonido.

En la actualidad se emplean dos tipos de aparatos de Ultrasonido-Doppler como instrumentos diagnósticos: El Doppler continuo, desarrollado por Satomura (para algunos, el padre del Doppler) en 1957 y en el cual se utilizan dos cristales de cerámica, uno para generar la señal y otro para recibirla, y el Doppler pulsado, en el cual un mismo cristal genera y recibe la señal en forma alternativa. Cada uno de estos aparatos tiene su propia aplicación; el Doppler continuo es útil básicamente

para detectar el flujo sanguíneo y por ello se utiliza para detectar el latido fetal, el flujo del cordón umbilical y los pulsos en los miembros del cuerpo, mientras que el Doppler pulsado es de amplia aplicación en el estudio de las diferentes características del flujo sanguíneo en diferentes partes del cuerpo que incluyen el corazón, la aorta y otras arterias y venas de gran y mediano calibre.

REFERENCIAS

- O'Connor JJ, Robertson E F. Christian Andreas Doppler. "<http://www.history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Mathematicians/Doppler.html>".
- Watanabe H. "History of ultrasound in nephrourology". *Ultrasound Med Biol* 2001 Apr;27(4):447-537.
- Daniel WG, Mugge "A. Transesophageal eco". *N Engl J Med*. 1995; 332; 1268-1279.
- De María AN, Blanchard DG. "The Echocardiogram". In: Alexander W, Schlant R, Fuster V, editors. *Hurst's The Heart*. Ninth edition. USA: McGraw-Hill, 1998.
- Armstrong WF, Feigenbaum H. "Echocardiography". In: Braunwald E, Zipes D, Libby P, editors. *Heart Diseases. A textbook of cardiovascular medicine*. 6th edition. Philadelphia: WB Saunders, 2001.
- Schwarz R, Duverges C, Gonzalo A, Fescina R. "Ecografía bidimensional en obstetricia". En: *Obstetricia*. Cuarta Edición. Buenos Aires: El Ateneo, 1986.
- Maulick D., "Basic principles of Doppler ultrasound as applied in Obstetrics". *Clinical Obstetrics and Gynecology*, 32 (4): 628-644, 1989.
- Rotmensch S, Copel JA, Hobbins JC. "Introducción a la velocimetría Doppler en Obstetricia". *Clínicas de Ginecología y Obstetricia*, vol 4: 827-831, 1991.