

La circulación de la sangre a 400 años de su descubrimiento

Blood Circulation 400 Years after its Discovery

ALFREDO E. BUZZI¹

RESUMEN

El médico inglés William Harvey fue quien descubrió que el corazón envía la sangre hacia todo el cuerpo y que esta regresa en su totalidad al corazón en un circuito cerrado, proceso que tiene lugar todo el tiempo y con toda la sangre. Publicó su descubrimiento en 1628 (*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*) en Frankfurt, si bien las notas manuscritas en las que afirma esa idea por primera vez datan de 1616, es decir, hace 400 años. El descubrimiento de la circulación sanguínea fue la primera explicación adecuada de un proceso orgánico y el punto de partida del camino hacia la fisiología experimental.

ABSTRACT

The English doctor William Harvey discovered that the heart pumps blood to the whole body and that this returns entirely to the heart in a closed circuit, a process that takes place all the time and with all the blood. He published his discovery in 1628 (*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*) in Frankfurt, although the handwritten notes where he expresses this idea for the first time are dated as early as 1616, that is, 400 hundred years ago. The discovery of blood circulation was the first adequate explanation of an organic process and the starting point of the pathway towards experimental physiology.

INTRODUCCIÓN

La ciencia médica moderna nació en la época posrenacentista o de la contrarreforma y comenzó a afianzarse a mediados del siglo XVII gracias a los trabajos de físicos, fisiólogos y biólogos que eran discípulos directos o indirectos de Galileo. Hubo en ese momento una tendencia de los estudios científicos a alejarse de las universidades, en general conservadoras y tradicionalistas, para concentrarse en grupos de investigadores privados. Así se crearon las primeras academias científicas como la de los "Linces" en Roma (1603), a la que perteneció Galileo desde 1610, y más tarde la *Royal Society* en Londres. A su vez, los autores comenzaron a publicar sus escritos científicos en los idiomas nacionales.

Debemos los conocimientos sobre fisiología cardiovascular a los estudios del médico inglés William Harvey, quien supo aunar algunas observaciones anatómicas precedentes con los primeros experimentos médicos cuantitativos realizados por él mismo. Su gran descubrimiento consistió en demostrar que el corazón envía la sangre hacia todo el cuerpo y que esta regresa en su totalidad al corazón en un circuito cerrado, proceso que tiene lugar todo el tiempo y con toda la sangre. Este descubrimiento es considerado como el único adelanto en fisiología de principios del siglo XVII. Pero además de la importancia de este descubrimiento, Harvey fue pionero en otro aspecto: fue el iniciador del método científico. Se refería a experimentos auténticos, no imaginados, y aducía irrefutables argumentos

cuantitativos. Se ha afirmado con justicia que su descubrimiento de la circulación sanguínea fue la primera explicación adecuada de un proceso orgánico y el punto de partida del camino hacia la fisiología experimental.

Sin embargo, en su monografía acerca de la generación de los animales titulada *"De generatione animalium"*, publicada en 1651, junto con algunos párrafos donde muestra un razonamiento científico existen otros párrafos con aseveraciones confusas, vagas y caprichosas, rescoldo de la era precientífica de la que el autor no había salido por completo. Puede aseverarse, por lo tanto, que la ciencia médica moderna no surgió de manera súbita y global, sino que se estructuró gradualmente desde mediados del siglo XVII siguiendo la senda trazada por William Harvey a la luz del pensamiento de Galileo.

LA FISIOLOGÍA EN EL SIGLO XVII

La expresión "fisiología" fue introducida en los textos médicos por el médico francés Jean Fernel en 1544 al recoger un concepto aristotélico que describía tanto la estructura como la función del cuerpo. Pero solo alcanzó la significación actual cuando fue definida por el inglés John Quincy en 1722.

La función de los sistemas orgánicos en el hombre comenzó a conocerse como resultado de observaciones aisladas de los aparatos cardiovascular, respiratorio y digestivo, la reproducción y otros procesos, en cuyo análisis confluía un empirismo que estaba regulado so-

REV ARGENT CARDIOL 2016;84:595-600. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v84.i6.10117>

Dirección para separatas: Prof. Dr. Alfredo E. Buzzi - Benjamín Matienzo 1849 - 2° B - (1426) Ciudad de Buenos Aires - email aebuzzi@gmail.com

¹ Profesor Titular de Diagnóstico por Imágenes. Facultad de Medicina, UBA
Director Médico de Diagnóstico Médico S.A.

lamente por la inducción. Pero lo característico del siglo XVII fue que se aplicaron progresivamente métodos de investigación cuantitativos, cuyo mejor ejemplo fueron los *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti locali* ("Discurso y demostración matemática, en torno a dos nuevas ciencias") de Galileo, publicados en Leiden en 1638, donde le reclamaba a aquel que quisiera estudiar la naturaleza el medir todo lo mensurable. Su trabajo experimental se considera complementario a los escritos del inglés Francis Bacon en el establecimiento del método científico moderno.

Paralelamente, para explicar los procesos orgánicos del hombre se usaba un racionalismo que utilizaba la deducción para integrar toda la fisiología en una sola doctrina. Tuvieron este carácter los estudios de psicología y las experiencias biológicas del francés René Descartes, cuyo *Discours de la méthode* ("Discurso del método"), publicado en Leiden en 1637, partía del conocimiento objetivo de algunos fenómenos para intentar deducir las causas y las leyes de la naturaleza. Por otro lado, la aplicación de unos conocimientos rudimentarios de física para explicar las funciones orgánicas en la salud y en la enfermedad dieron forma a una escuela doctrinal llamada "iatromecánica", que se oponía a otra llamada "iatroquímica" la que, basada en la alquimia, buscaba encontrar explicaciones químicas a los procesos patológicos y fisiológicos del cuerpo humano. Ambas doctrinas dominaron los textos médicos de aquella época.

VIDA DE HARVEY

William Harvey (Figura 1) nació el 1 de abril de 1578 en Folkestone, condado de Kent (al sudeste de Londres).

En 1593 inició los estudios de Humanidades en el *Caius College* de Cambridge, y en 1599 comenzó sus estudios médicos en la Universidad de Padua, que era el centro más importante para estudiar medicina desde los tiempos de Vesalio. Allí, a pesar de ser inglés, bien se lo pudo tomar por un italiano: era de estatura mediana, pelo negro, tez olivácea, ojos oscuros y tenía un temperamento colérico. En Padua fue alumno de los anatomistas Fabrizio y Casserio y del filósofo Cremonini. Se doctoró en 1602.

En 1607 regresó a Londres e ingresó en el *Royal College of Physicians*, al cual donaría su biblioteca en 1651. Desde 1609 fue médico del hospital *St. Bartholomew* y en 1615 fue nombrado Profesor de Anatomía y Cirugía. Ya en 1616 se refería en sus clases a la idea de la circulación de la sangre. Pero no se decidirá a publicar su descubrimiento hasta doce años más tarde en el famoso trabajo *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* ("Un estudio anatómico sobre los movimientos del corazón y la sangre de los animales"), publicado en Frankfurt en 1628 (Figura 2).

Más tarde fue Médico Extraordinario del rey Jaime I y en 1625 fue nombrado médico del rey Carlos I, con quien mantuvo una creciente amistad (Figura 3).



Fig. 1. William Harvey (1578-1657).

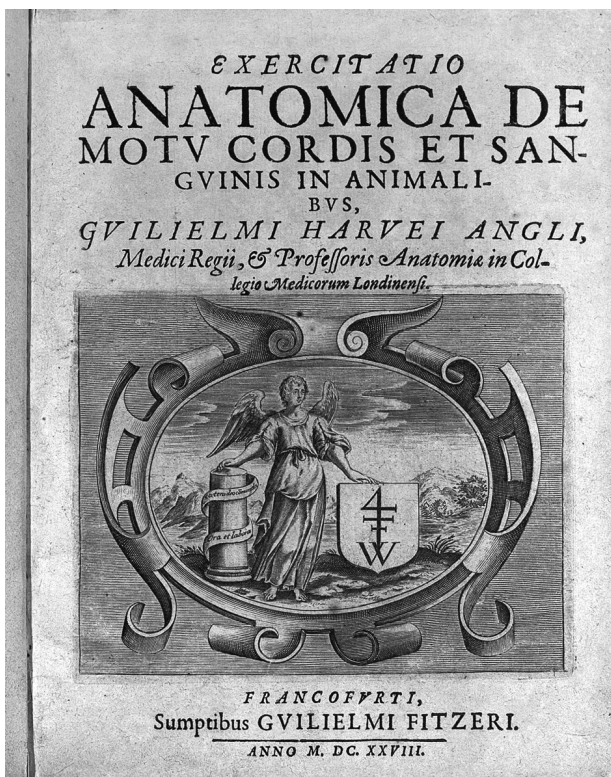


Fig. 2. Portada de "Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus" (www.rarebookroom.org).



Fig. 3. “William Harvey demuestra su teoría de la circulación de la sangre ante Carlos I”, por Ernest Board (Wellcome Library).

Asistió al rey durante el asedio de Oxford en 1642 y lo acompañó hasta su ejecución en 1649 en manos de los parlamentarios de Oliver Cromwell.

Harvey fue hombre de genio vivo y carácter independiente, interesado en las artes y en la literatura, tanto como en biología y en medicina, motivo por el cual, debido a sus viajes, combinó la adquisición de pinturas y libros con las demostraciones anatómicas. Su casa de Londres fue saqueada durante la Guerra Civil, perdiendo sus libros y notas, infortunio que la edad agravó por sufrir de gota y litiasis renal.

En 1649, su estado de salud se deterioró y comenzó a sufrir los múltiples ataques de gota. Sin embargo, continuó su investigación y publicó en 1651 su monografía acerca de la generación de los animales, poniendo fin a su vida científica dedicándose a la embriología, de la misma manera en que la había comenzado.

El 3 de junio de 1657, a los 79 años, Harvey perdió repentinamente la visión, luego el habla y finalmente falleció de un ataque cerebrovascular en su casa. Su último acto fue entregar personalmente su anillo, su reloj y otros recuerdos a sus sobrinos. Fue enterrado en el panteón familiar en Hempstead, Essex.

LA CIRCULACIÓN DE LA SANGRE ANTES DE HARVEY

Desde la época de Hipócrates y Galeno se consideró que la sangre era sintetizada a partir de los alimentos ingeridos. Las partes útiles de la comida eran transportadas como quilo al hígado a través de la vena porta. El quilo se transformaba en el hígado en sangre venosa oscura, que viajaba a los ventrículos del corazón, donde se mezclaba con las propiedades vitales que daban la vida, los “espíritus vitales”. Luego, la sangre se distribuía por todos los tejidos mediante un flujo centrífugo, donde se consumía. Por lo tanto, el hígado formaba sangre en forma permanente a partir de los alimentos, la que constantemente se consumía en los tejidos. Galeno solo trabajó con cadáveres (principalmente de animales), en los que solo se encuentra sangre en las venas y no en las arterias. Por consiguiente, concluyó que únicamente

las venas llevan sangre, mientras que las arterias llevan el “aire vivificante”. Dado que no había ninguna conexión directa obvia entre los dos lados del corazón (nunca observó los capilares), Galeno sugirió que los ventrículos del corazón estaban conectados a través de unos poros invisibles cuyo propósito era permitir que la sangre se moviera libremente entre las dos partes. En su esquema de circulación de la sangre sostiene que una pequeña parte de la sangre venosa pasa desde el ventrículo derecho hacia el izquierdo a través de esos “poros” para formar la escasa sangre arterial, mientras que el aire pasa desde los pulmones a través de la arteria pulmonar a la parte izquierda del corazón. Se sostenía que el ventrículo izquierdo y las arterias formaban un sistema independiente, sin sangre, que servía para ventilar y enfriar el “calor natural”. Los defectos en esta concepción son sorprendentes, y solo podemos preguntarnos cómo se convirtió en un verdadero dogma durante quince siglos.

Más tarde, la descripción de la circulación sanguínea pulmonar por el español Miguel Servet (1553) y luego por su compatriota Juan Valverde de Amusco (1556) y el italiano Mateo Realdo Colombo (1559) obligó a aceptar la presencia de la sangre procedente de la vena pulmonar en el ventrículo izquierdo y en la aorta. Ya en el siglo XIII, la circulación menor había sido descrita por el médico árabe Ibn-al-Nafis (1210-1288), quien en 1260, en su *Comentario sobre anatomía* en el Canon de Avicena, planteó la hipótesis de un paso de la sangre a través del pulmón y negó la presencia de los “poros” (esta conclusión se basa en razonamientos sobre el tema y no en disecciones anatómicas, que en el mundo árabe estaban prohibidas). Pero su trabajo no llegó a conocerse en las sociedades occidentales hasta el año 1900.

El descubrimiento de las válvulas venosas por el italiano Girolamo Fabrizio d’Acquapendente (1603) se interpretó como un mecanismo que evitaba solamente la acumulación de la sangre en las partes bajas del cuerpo.

LA CIRCULACIÓN DE LA SANGRE CON HARVEY

Por sus escritos, sabemos que Harvey estuvo interesado en el movimiento del corazón, la respiración, las funciones del cerebro y del bazo, la locomoción, la reproducción y diversas cuestiones de anatomía comparada y patología. Sin caer en las disquisiciones filosóficas de sus contemporáneos, Harvey desbarató muchas doctrinas tradicionales de la medicina clásica mediante observaciones y experimentos, aunque retuvo todavía en su obra varias creencias y errores de sus predecesores.

Para comprender cómo la sangre se mueve en el cuerpo, Harvey disecó, observó y experimentó. De la lectura de sus trabajos se desprende que la idea de que la sangre circula surgió en él a la vez como una verdadera iluminación súbita y como una hipótesis de trabajo. Esto último lo define como un verdadero hombre de ciencia.

El texto de las notas manuscritas en que afirma por primera vez esa idea (1616) indica que sus experimentos de la ligadura del brazo (*constat per ligaturam*, dice literalmente) fueron los primeros en convencerlo de la verdad de esa idea.

Para demostrar su descubrimiento, primero utilizó un razonamiento sencillo: la cantidad de sangre que pasa de la vena cava al corazón y de este a las arterias es abrumadoramente superior a la cantidad de alimento ingerido. El ventrículo izquierdo, cuya capacidad mínima es de una onza y media de sangre (unos 47 gramos), envía en cada contracción a la aorta no menos de la octava parte de la sangre que contiene (unos 6 gramos); por lo tanto, cada media hora salen del corazón más de 3.000 dracmas de sangre (como 12 kilogramos), cantidad infinitamente mayor que la que, a partir del alimento, podría haberse formado en el hígado (como aseguraba la teoría galénica). Por lo tanto, es necesario que esa sangre vuelva al corazón a través del sistema venoso. Toda una serie de argumentos consecutivos basados en la experimentación da cuerpo a este razonamiento previo.

Como primera prueba utiliza el resultado de lo que ocurre en el brazo cuando metódicamente se lo liga por encima de la flexura del codo: el pulso radial no es perceptible y la mano queda fría. Si se afloja un poco, el pulso radial vuelve a sentirse, las venas del antebrazo se ingurgitan y la mano se hincha, se calienta y se enrojece. Si se suelta del todo la ligadura, desaparece con rapidez la hinchazón venosa y el sujeto siente cierto frío en la axila. De estos hechos Harvey saca una conclusión: que la sangre vuelve al corazón. Esta hipótesis se confirma por un argumento semejante al anterior: el cálculo de la sangre que afluye al miembro por las arterias y refluye del miembro por sus venas.

La verdad es que se conocía desde hacía siglos, gracias a la práctica de la sangría, que cuando se liga el brazo por encima del codo se hinchan las venas del antebrazo. Pero la explicación que daba a este hecho la fisiología galénica era muy distinta de la de Harvey: esto ocurriría porque la "*vis attractiva*" de la vena es excitada por la ligadura y, por otra parte, porque una vez incidido el vaso el "*horror vacui*" ("horror al vacío") atraería a la red venosa un plus de sangre arterial, todo ello a través de las anastomosis arteriovenosas descriptas por Erasístrato y aceptadas por Galeno.

La segunda prueba que utiliza Harvey se basa en la función de las válvulas venosas: si se practica una ligadura mediana en un individuo delgado con venas gruesas, estas se ingurgitarán y dejarán ver de trecho en trecho pequeños abultamientos, correspondientes a cada uno de los conjuntos valvulares de la pared venosa. Si se oprime con un dedo la vena entre dos de tales abultamientos y se lo desliza en dirección distal, la sangre ingurgita aún más el abultamiento inferior y no puede pasar de él. Si se desliza el dedo en sentido proximal, la sangre fluye fácilmente hacia arriba. Por lo tanto, y en contra de la doctrina de su maestro Fabrizio (según la cual las válvulas venosas serían pequeñas

compuertas para regular el flujo venoso hacia las partes periféricas), estas válvulas son "sutiles recursos de la naturaleza para que la sangre corra sin dificultad hacia el corazón" (Figura 4). Harvey confirmó en su vejez a un gran contemporáneo suyo, el químico inglés Robert Boyle, que la base de su descubrimiento lo constituyeron los estudios y observaciones de las válvulas venosas.

Así, para Harvey, la circulación de la sangre del corazón a las arterias, de estas a las venas y de las venas al corazón es un hecho tan cierto como evidente. Además, esto también queda confirmado por el cálculo de la cantidad de sangre desplazada por varios deslizamientos del dedo opresor en dirección proximal.

Este fue un típico experimento moderno, resolutivo, en el sentido de Galileo: ante la realidad, una hipótesis explicativa, robustecida por un fuerte argumento aritmético y, a continuación, dos pruebas experimentales concluyentes respecto de la verdad de esa hipótesis. La trascendental importancia del descubrimiento de Harvey queda acrecida por la ejemplaridad del riguroso método científico mediante el cual se impone la verdad de aquel. Frente a la visión antigua, galénica, del experimento como una epifanía de la naturaleza para confirmar lo que acerca de ella había afirmado el sabio, aparece ante nosotros la metódica cautela con que el

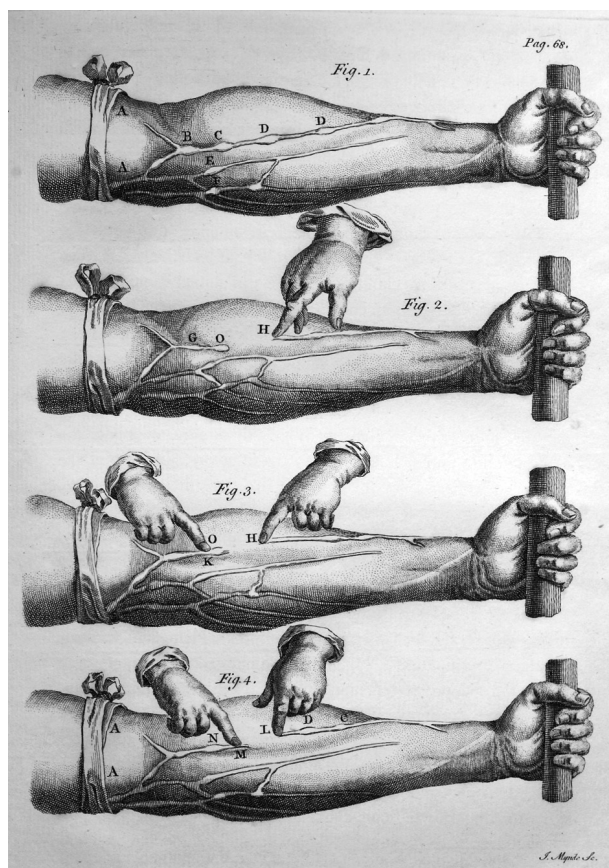


Fig. 4. Los experimentos para comprobar la dirección del flujo sanguíneo en las venas que ilustran el libro "*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*".

experimentador moderno multiplica las pruebas, como un detective sagaz y desconfiado, para que la oculta verdad de esa naturaleza se haga patente para todos.

Pero Harvey no solo puede ser considerado “moderno” por su proceder, sino también por la amplitud de miras con que supo recurrir a la experimentación en animales (la “fisiología comparada” como método para confirmar la verdad universal de su hallazgo) y también por su manera de entender la realidad del movimiento fisiológico. Veamos lo que Harvey dice del pulso arterial. Los galénicos explicaban que la pared arterial se dilata coincidentemente con el pulso porque el corazón envía los espíritus vitales a lo largo de la pared de las arterias incitando su “*vis pulsifica*”, haciendo crecer el diámetro de la luz del vaso. Harvey niega esta explicación, y asegura que es la “*vis afron-te*” del torrente sanguíneo que el corazón lanza a la arteria lo que dilata pasivamente el vaso en cuestión: “Las arterias no se llenan porque se distienden, como los fuelles, sino que se distienden porque se llenan, como los odres”. Por el método de su investigación y por su manera de entender el movimiento de la arteria en el pulso arterial, Harvey razona como un fisiólogo rigurosamente “moderno”.

Harvey explicó su descubrimiento en su famosa obra *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*, publicada en Frankfurt en 1628. Este pequeño libro de 72 páginas se considera uno de los grandes textos de la historia de la medicina, a pesar de la mala presentación tipográfica. En el epílogo, el editor se excusa de las muchas erratas, disculpándose en parte con la ausencia del autor, en parte con la letra del manuscrito (difícil de leer) y finalmente con el tema, que era una absoluta novedad.

Las notas que escribía para sus clases (publicadas en 1886 en Londres como *Praelectiones anatomiae universalis*) constituyen la primera parte de su libro. En la segunda parte discute las etapas que lo llevaron al descubrimiento de la circulación de la sangre. En su capítulo inicial (i), Harvey expone las razones que motivaron sus estudios sobre el corazón, luego ofrece (ii, iii, iv) sus conclusiones sobre la función de los ventrículos, las arterias y las aurículas, indica (v) que la acción primordial del corazón es la transfusión continua de la sangre desde las venas a las arterias y confirma (vi, vii) el mecanismo de la circulación pulmonar. Con este análisis, Harvey refutó la doctrina mantenida por Galeno de que el pulso se debía a la contracción de las arterias, demostrando que era resultado del impulso mecánico de la sangre contra las paredes arteriales, al ser expulsada con cada contracción cardíaca. Luego se ocupa de la circulación general y discute la cantidad y el origen de la sangre que por la contracción del corazón pasa de las venas a las arterias. Comienza (viii) reflexionando sobre la analogía entre la circulación pulmonar y la circulación general, y calcula (ix) la cantidad de sangre que el corazón envía a la aorta por unidad de tiempo. Vuelve a calcular (x) el retorno de la sangre venosa con la ligadura de las venas en peces

y serpientes, con lo que el corazón queda exangüe, mientras que se congestiona si se ligan las arterias; utiliza (xi) la ligadura de los miembros con diferente intensidad, como hemos descripto más arriba. Distingue (xii) la cantidad de sangre extraída en la flebotomía, discute (xiii) el papel de las válvulas venosas al evitar el reflujo sanguíneo y concluye (xiv) con la necesidad de aceptar el movimiento circular de la sangre, para explicar estos fenómenos. En los capítulos finales (xv, xvi, xvii) mantiene que la sangre transporta el calor natural y sirve para la nutrición del cuerpo.

La doctrina de la circulación de la sangre influyó profundamente en la medicina de aquellos años y se discutió en todas partes, incluso en América, destacándose los comentarios de Charles Morton en Boston (1690), Federico Bottoni en Lima (1723) y Marcos José Salgado en México (1727).

El descubrimiento tuvo aceptación general, aunque no faltaron defensores de la tradición galénica que publicaron objeciones a la circulación de la sangre, como Emilio Parigiano (1623), James Primrose (1630), Caspar Hofmann (1636), Jean Riolan (1639) y aun después de la muerte de Harvey, Matías García (1677). Por ello, Harvey ofreció una demostración experimental más completa de la circulación en las *Exercitationes de circulatione et sanguinis* (que publicó en Rotterdam en 1649), donde respondió particularmente a Riolan.

CONCLUSIÓN

El descubrimiento de la circulación de la sangre fue el gran descubrimiento del siglo XVII. Las demostraciones de Harvey dieron un golpe mortal a la fisiología galénica al aportar la solución a este problema milenario. Pero aunque Harvey comprobó la circulación de la sangre, no pudo explicar todas las etapas del proceso (no vio los capilares).

Si bien en sus descripciones anatómicas, en las consideraciones sobre la anatomía comparada y en la experimentación Harvey revela ser un gran observador y un hábil experimentador, sus especulaciones teóricas conservan un residuo de la era precientífica de la que el autor no había salido por completo. Pero no por esto la obra de Harvey queda invalidada en modo alguno, ya que supo armonizar los conocimientos de sus predecesores, darles forma y demostrar la verdad por medio del experimento.

Declaración de conflicto de intereses

El autor declara que no posee conflicto de intereses. (Véanse formularios de conflicto de intereses de los autores en la web/ Material suplementario).

BIBLIOGRAFÍA

- Aird WC. Discovery of the cardiovascular system: from Galen to William Harvey. *J Thromb Haemost* 2011;9:118-29.
- Androutsos G, Karamanou M, Stefanadis C. William Harvey (1578-1657): discoverer of blood circulation. *Hellenic J Cardiol* 2012;53:6-9.

- Harvey W. Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus. Traducido al inglés por Chauncey D. Leake. Springfield, Ill.: Thomas; 1928.
- Harvey LJ. The Scene Of His Last Years And Hours. Med Hist 1960;4:18-31.
- Karamanou M, Stefanadis C, Tsoucalas G, Laios K, Androutsos G. Galen's (130-201 AD) Conceptions of the Heart. Hellenic J Cardiol 2015;56:197-200.
- Micheli A. William Harvey y los inicios de la ciencia médica moderna. Gac Méd Méx 2005;141:233-7.
- O'Rourke Boyle M. William Harvey's Anatomy Book and Literary Culture. Medical History 2008;52:73-91.
- Pasipoularides A. Historical Perspective: Harvey's epoch-making discovery of the Circulation, its historical antecedents, and some initial consequences on medical practice. J Appl Physiol 2013;114:1493-503.
- [No author] A Harvey Anniversary: 1616-1916. JAMA 2016;315:1524.