

EL INICIO DE LA FISIOLÓGÍA MODERNA

Siglo XVII

WILLIAM HARVEY (1578-1657)

- El descubrimiento de la circulación de la sangre.
- La iniciación de la moderna era de la fisiología.
- La experimentación una metodología fundamental para el progreso de la biología. Empleo de la vivisección, ligaduras vasculares, arteriotomía, sangrado.
- El libro de “Motu Cordis” de Harvey (1628) una joya perdurable de la literatura médica y una de las contribuciones más importantes en la historia de la humanidad.
- El descubridor de la circulación de la sangre introduce por primera vez la noción y el cálculo de parámetros cardiovasculares básicos.
- Los fenómenos de sístole y diástole, el engrosamiento parietal sistólico, el papel de la contribución auricular, el ruido de la contracción cardíaca, el papel de la fisiología valvular, el gasto cardíaco, el retorno venoso y de la bomba periférica.
- El error en la ciencia es con frecuencia el fruto de una metodología insuficiente.
- La adecuación estructura-función.
- La anatomía comparada y la embriología como ciencias esclarecedoras de la fisiología. La adecuación filogénica.
- El más grande fisiólogo de todos los tiempos, según opinión sostenida por muchos historiadores.

La obra de William Harvey representa una contribución trascendental al campo de la medicina: la del descubrimiento de la circulación de la sangre. Al mismo tiempo marca el inicio de la moderna era de la fisiología. El pensamiento helénico hasta el Renacimiento se encontraba representado en el ámbito médico por la fisiología de Galeno, la cual concebía al movimiento de la sangre como un flujo dentro de dos circuitos cerrados: el arterial y el venoso.

Efectivamente, imperaba todavía en la época de Harvey la explicación galénica sobre el movimiento de la sangre. Los alimentos absorbidos en el intestino eran procesados a

nivel del hígado, el cual era el encargado de fabricar la sangre. A través del sistema venoso, la sangre oscura alcanzaba todos los tejidos por un mecanismo de flujo y reflujo, en donde era consumida. La función del corazón derecho estribaba únicamente en alimentar al pulmón.

La sangre del lado derecho alcanzaba el lado izquierdo a través de los “poros interventriculares”. En el ventrículo izquierdo la sangre se mezclaba con el *pneuma* o aire inhalado, por intermedio de los pulmones. El producto de esta mezcla sufría un proceso de calentamiento al influjo del calor intrínseco del cuerpo y era expulsada por el ventrículo

izquierdo hacia el sistema arterial. Esta teoría se había mantenido incólume por un milenio y medio, con el soporte exclusivo de la autoridad del divino Galeno. Sin embargo, es necesario considerar que representaba el primer intento de suministrar una interpretación integral sobre el movimiento de la sangre en el cuerpo humano.

La tarea de la demolición del dogma galénico la había empezado el gran anatomista Andrés Vesalio (1514-1564), quien con su famosa obra *De Fabrica* había dado nacimiento a una nueva era en el estudio del campo de la anatomía. La Universidad de Padua, como ya se expuso en el capítulo sobre Vesalio (Cap. IV) tenía una extraordinaria importancia como centro avanzado de estudios en Europa y era el lugar donde había desarrollado su monumental obra el gran maestro flamenco y la institución que también desempeñaría un papel crucial en la formación de Harvey.

Harvey desarrolla además el método experimental mediante la vivisección y los procedimientos de ligaduras vasculares, arteriotomía y sangrado. Introduce por primera vez la noción y el cálculo de fenómenos y parámetros cardiovasculares básicos: sístole y diástole, gasto cardíaco, masa sanguínea, bomba periférica, entre otros. De esta manera introduce la aplicación del pensamiento científico dentro del ámbito de la medicina.

Su obra *De Motu Cordis* ha sido reconocida, con justicia, como una de las mayores proezas intelectuales en la historia de la humanidad, enmarcada dentro del lento y laborioso ascenso, y que abrió la vía para lograr una comprensión científica del mundo.

Biografía

Había nacido en Folkestone, Kent, Inglaterra el 1º de abril de 1578. Era hijo de Thomas Harvey (1549-1628) y de Joan Halkes (1555-1605). Thomas Harvey era un acaudalado comerciante que desempeñó los cargos de administrador y de alcalde de Folkestone. Pertenecía a una clase designada como *yeoman*, término que se aplicaba a los pequeños terratenientes, agricultores o

modestos servidores reales. William era uno de los vástagos dentro de una prole que comprendió otros seis hijos y dos hijas. En el año 1588 entra en la escuela de gramática en Canterbury (*King's School*) de la cual egresa cuando cuenta 16 años. En ese año había ocurrido la derrota de la Armada Invencible por Inglaterra, lo cual contribuía a afianzar el poderío inglés en el mundo. Harvey pasa a estudiar medicina en el Colegio Caius de Cambridge en 1594, en donde había una polarización hacia la enseñanza de la anatomía. El fundador del Colegio John Caius había sido discípulo de Vesalio y como resultado de su influencia se le permitía al magister y a los asistentes disponer anualmente para su estudio de los cuerpos de los ajusticiados por procesos criminales ocurridos en Cambridge. John Caius de Cambridge y Thomas Linacre de Oxford fueron los dos médicos humanistas ingleses que más sobresalieron durante el siglo XVI y a ellos se debió la influencia italianizante que prevaleció en Inglaterra durante esa época. Recibe el grado de "B.A." (*Bachelor of Arts*, Licenciado en Artes) en 1597. La formación adquirida en el Colegio Caius, además de orientarlo hacia los estudios anatómicos le garantizó a Harvey una formación integral que abarcaba un conocimiento práctico del latín y del griego, le ayudó a cimentar las bases necesarias en el campo de la filosofía, la lógica, la física y las matemáticas. Se dispone de inmediato a viajar cambiando el panorama que ofrecían los vetustos muros de Cambridge por la arquitectura imponente y a la vez de un tipo diferente de la Universidad de Padua, a donde se traslada en 1598. Padua constituía para esa época un centro de ebullición científica en Europa siendo famosa por las contribuciones de Vesalio (en particular su monumental estudio sobre el cuerpo humano), las de Fabricius de Acquapendente (quien es considerado como el fundador de la anatomía comparada) y autor de la monografía titulada *De Venarum Ostiolis* (1603) y así como también por las de Colombo, Falopio y Casserio.

La ciudad de Padua ubicada en el norte de Italia formaba parte en esa época de la República de Venecia y después del Renacimiento había

surgido como una ciudad sobresaliente en el campo de la ciencia y se constituyó en un centro que irradiaba civilización y cultura hacia el resto de Europa. Era en esa misma Universidad, donde Linacre había recibido su título “M.A.” hacía ya cerca de una centuria, en donde Harvey realiza su inscripción en 1598.

En esta universidad se había operado un cambio radical en su estructura académica: existía cierto grado de control estudiantil sobre los programas de estudio y sobre los profesores. Era un sistema completamente opuesto al “magistral” imperante en Oxford, en Cambridge y en París. Además, los estudiantes procedían de numerosos países, concediéndoseles el privilegio de elegir representantes por cada región (uno o dos) y se integraban junto con los rectores al cuerpo directivo de la universidad. Cabe citar como signos de la descollante carrera de Harvey en Padua, la elección de que fuera objeto como representante *Consiliarius* o “Consejero” dentro del grupo de estudiantes procedentes de Inglaterra para integrar el Consejo de la Universidad, así como la deferencia que le prodiga su maestro Girolamo Fabrizi d’Acquapendente y el diploma de Doctor en Física el cual le fue otorgado por la Universidad de Padua en 1602, después de su estancia de cuatro años en esa ciudad. Se conserva en Padua la *stemma* o escudo de armas de Harvey, configurada por una mano que mantiene una antorcha encendida en donde se enroscan dos serpientes.

Un entorno para el desarrollo científico

El ambiente de Padua representaba un clima propicio para la búsqueda de la verdad científica. Se encontraba integrado por ilustres profesores, aventajados docentes y en donde se disfrutaba de la indispensable libertad de pensamiento. En la época de la permanencia de Harvey en Padua, Galileo Galilei (1564-1642), el famoso astrónomo matemático y físico, discurría sobre el resultado de sus observaciones utilizando por primera vez el telescopio para escudriñar la bóveda celeste. El telescopio le había permitido observar las montañas de la luna, las manchas

del sol, las fases de Venus y algunos satélites de Júpiter.

Galileo detentaba la cátedra de astronomía de la Universidad de Padua. Para esa época ya Galileo había desechado la doctrina ptolemaica contenida en la “Gran Sintaxis Matemática”, según la cual la tierra constituía el centro del universo, pero todavía se abstenía de exponer en público su concepción acorde con la teoría heliocéntrica copernicana. Había ocurrido un acontecimiento reciente que incitaba a tomar una posición cautelosa, el cual sucedió mientras Harvey cursaba estudios en Padua: Giordano Bruno había sido quemado vivo por orden del Santo Oficio Romano. La razón era haber desafiado, en su obra titulada “Sobre el Infinito, el Universo y los Mundos”, la concepción astronómica ptolemaica. Posteriormente, Galileo lanzaría su famoso desafío al proclamar abiertamente la verdad científica que había alcanzado.

La evolución y el progreso de la ciencia, requerían desafiar tanto las concepciones filosóficas aristotélicas como las médicas galénicas. Al terminar su formación Harvey había asimilado el legado de Padua.

La influencia del maestro y un primer atisbo sobre la circulación

Girolamo Fabrizi d’Acquapendente (1533-1619), conocido por el nombre latino de Fabricius y vertido a la lengua castellana como Fabricio, había descubierto las válvulas de las venas y comentaba sus hallazgos anatómicos con Harvey. Pero su descubrimiento, realizado en 1574, solo lo publicó en 1603 en una pequeña obra titulada *De Venarum Ostioliis*. El caso de Fabricio es característico de la asociación hecha entre una correcta observación (las válvulas están hechas para permitir el paso de la sangre en dirección centrípeta) con una interpretación equivocada debida al peso aplastante que el dogmatismo galénico había impuesto en el pensamiento médico durante más de un milenio. Es probable que el conocimiento transmitido por Fabricio a Harvey haya despertado en

su mente la inspiración de la interpretación correcta. Igualmente recibe de Fabricio, además de conocimientos anatómicos, la orientación fisiológica, ya que para esa época (1600) Fabricio publica su trabajo *De Visione Voce et Auditu* y sienta las bases de la embriología, ya que el maestro había investigado la formación del pollo en el huevo y el desarrollo del feto humano; aun cuando su libro *De Formatione Ovi et Pulli* solo fue publicado en Padua en 1621, dos años después de la muerte de Fabricio. Es también muy probable que los trabajos de Colombo y Cesalpino, referentes a la circulación pulmonar, despertasen el interés en el ilustre médico inglés sobre este campo. Se ha referido que otro elemento que contribuyó a que surgiera en su mente la idea sobre la correcta dirección que seguía el curso de la sangre la obtuvo también al observar los efectos de la aplicación de torniquetes, experimentos que se realizaban en el anfiteatro de anatomía⁽⁸⁾, los cuales también eran objeto de una interpretación equivocada.

Así, regresa Harvey a su Gran Bretaña nativa en 1602, con su título emitido por la Universidad de Padua, poseyendo fundamentos anatómicos, habiendo realizado observaciones y efectuado experiencias que le permitían plantearse una hipótesis —sobre la cual trabajaría tesoneramente durante los siguientes veinte años— de que la circulación sanguínea revestía un carácter circular. El poseer un intelecto privilegiado, aunado a un espíritu crítico insobornable por los dogmas imperantes, le iba a permitir convertirse en el protagonista de la primera revolución científica de importancia trascendental en la evolución de la medicina. Harvey había adquirido una suma de conocimientos, pero sobre todo había asumido una nueva metodología de trabajo y logrado una perspectiva científica debida a su contacto con la atmósfera italiana del Renacimiento y la cual se fundamentaba en una observación acuciosa de los fenómenos naturales y se basaba en una interpretación libre de prejuicios. Pero sobre todo, era Harvey un espíritu genial perteneciente a ese linaje de personajes con los cuales Inglaterra impactaría al mundo (Shakespeare, Newton, Darwin, etc.) en

los ámbitos de la literatura y de las ciencias. En el mismo año a su regreso revalidó su título italiano obteniendo el grado de “MD” en Cambridge. Un año después de su retorno, en 1603, ocurre el deceso de la Reina Isabel de Inglaterra, quien según la opinión del Papa Sixto V fue *un gran cervello de principessa* y tiene lugar el ascenso al trono de Jacobo I Estuardo (James I Stuart).

Al año siguiente (1604), Harvey contrae matrimonio con Elizabeth Browne, hija del Doctor Lancelot Browne, médico del Royal College of Physicians de Londres. No tuvo descendencia en su unión matrimonial.

Nombramientos

Harvey se dedica con éxito a la práctica médica y asciende rápidamente en su carrera, siendo admitido como Miembro del *Royal College of Physicians* en 1607, y ocupa la casa que había servido en el pasado de residencia a Linacre. Para esa época surgía en Inglaterra otra de las grandes figuras de la literatura inglesa del Renacimiento: John Milton (1608-1674), cuyo “Paraíso Perdido” constituye la gran epopeya puritana del cristianismo.

En 1609 Harvey fue designado, con la aprobación del Rey Jacobo I, “Médico del Hospital de San Bartolomé” (*Physician to St. Bartholomew’s Hospital*). Este centro hospitalario y el de Santo Tomás constituían las únicas dos instituciones de este género existentes en Londres para aquella época⁽¹⁾ y estaban dedicados a la atención de pacientes indigentes. Harvey desempeñó este puesto honorífico durante treinta y seis años, hasta que debido a la solicitud real, se vio obligado a abandonar Londres.

Pero el siguiente nombramiento acaecido en 1615, había de tener una gran trascendencia para el seguimiento de la evolución del pensamiento harveyano. Efectivamente, en agosto de 1615 se le designa con la altísima distinción de *Lumleian Lecturer* o “Conferencista Lumleiano”, del *College of Physician*, es decir, es nombrado profesor de una cátedra de anatomía la cual había sido creada por Lord Lumley en 1582. En Inglaterra es frecuente denominar con el

nombre de un personaje famoso a una cátedra universitaria, tal como es el caso también de la designación del *Linacre Lecturer*. Ciertamente, el curso empezó a ser dictado por Harvey a partir del año 1616 y en dichas libretas de anotaciones, denominadas las *Praelectiones Anatomiae* —las cuales se conservan afortunadamente en el *British Museum* y se expone la teoría de la circulación sanguínea cuando el autor contaba 37 años*. En ese mismo año, dicho sea de paso, muere William Shakespeare (1564-1616) el ilustre dramaturgo cuyas obras eran representadas en el “Teatro de El Globo”, en el Londres de esa época y las cuales estaban destinadas a ejercer desde entonces una influencia dominante en el panorama del teatro universal. Harvey vivía en Inglaterra cuando se presentaban los grandes dramas de Shakespeare en el “Teatro de El Globo” y cabe presumir que era un asiduo asistente a esos atractivos espectáculos.

Existe la evidencia, según la opinión de Geoffrey Keynes^(1,5) de que en las notas de Harvey se encontraba implícita la concepción de la circulación sanguínea doce años antes (1616) de la publicación de su fundamental obra *De Motu Cordis* (1628), basándose en sus observaciones anatómicas y en las vivisecciones. Además en sus notas manuscritas se refleja gran parte de su personalidad científica, tal como se revela en sus numerosos *dictum* o aforismos como el siguiente: “Exponer las cosas en forma breve y sencilla, y sin embargo, no dejar de mencionar ninguna cosa que se encuentre bajo el dominio de la vista”... “Plantear los puntos más allá de la pura anatomía, en relación con las causas de la enfermedad, con miras a la corrección de los errores y a dilucidar la función y la acción de las partes; la utilidad de la anatomía para el médico reside en darle explicaciones sobre lo que deberá hacerse en la enfermedad”.

Pero en sus notas hace claras referencias a la concepción que ya abrigaba en su mente sobre la circulación de la sangre: “Se deriva de la estructura del corazón que la sangre pasa continuamente a través de los pulmones hacia

la aorta de la misma manera como hacen las dos aspas de una bomba de agua, las cuales hacen subir el agua”... “La aplicación de una ligadura permite demostrar que el paso de la sangre se realiza de las arterias hacia las venas”. De aquí se puede deducir que el movimiento de la sangre se verifica constantemente en un círculo y es provocado por el latido del corazón.

Las conferencias lumleianas

Las *Praelectiones Anatomiae*. Una fecha memorable en la historia del Colegio Real de Médicos de Londres.

El curso de Harvey comprendía un ciclo de tres grupos de conferencias: la primera, referente a la anatomía abdominal; la segunda, concerniente a la cavidad torácica; y la tercera, relativa al cerebro.

El día 17 de abril, a las 10:00 a.m., de una radiante mañana de primavera⁽⁶⁾, se reunió una nutrida concurrencia en el anfiteatro de anatomía del Colegio de Médicos Londinense, en la Calle Amen. Se trataba de la segunda Conferencia Lumleiana” (Tabla 6.1) a cargo del joven Harvey el cual iba a exponer ante una docta audiencia sus atrevidas ideas, basadas en sus conceptos personales y contrarias a las sostenidas por la ortodoxia galénica. He aquí el famoso párrafo crucial: “*Constat* (es evidente) *per fabricam* (de la estructura) *cordis sanguinen / per pulmones in Aortam perpetuo / transferri*, como lo hacen las chapaletas de las válvulas de un fuelle acuoso para subir el agua / *constat* (resulta evidente) *per ligaturam transitum sanguinis / ab* (desde) *arteriis ad* (hacia) *venas / unde* (de donde) *perpetuum sanguinis motum / in circulo fieri pulsus cordis*”. Aquí es donde se postula por primera vez en términos simples y claros que la sangre circula.

Sin embargo, a pesar de su clara concepción sobre la circulación sanguínea apoyada firmemente sobre la extensa documentación anatómica que había reunido, sobre sus estudios de anatomía comparada y sobre los hallazgos de las vivisecciones practicadas, tardaría hasta el año 1628 en dar a la luz pública su obra que, aun

* Harvey continuará las “Conferencias” hasta el año 1656, cuando se retira a la edad de 70 años.

cuando pequeña en extensión, se convertiría en un clásico inmortal de setenta y cuatro páginas: *De Motu Cordis*, publicada en latín y fuera de Inglaterra, en Frankfurt-am-Main. Este centro continental de publicaciones se consideraba como el más adecuado para lograr la difusión de su contenido.

Es frecuente hacer la contraposición entre la obra vesaliana, en la cual se había plasmado el estudio anatómico del cuerpo humano en forma objetiva *De Humanis Fabrica*, la cual fue realizada con dibujos extraordinarios, con una impresión tipográficamente excelente y con la cual se inicia la era del dibujo anatómico con proyecciones docentes, con la obra harveyana que constituye su contraparte fisiológica, un pequeño libro con defectos de impresión, pero en donde se exponía por primera vez el método experimental aplicado a un problema fisiológico de tan magna importancia como lo es la circulación sanguínea. Constituye un paso evolutivo trascendental en la historia del pensamiento científico y médico: había surgido una perspectiva radicalmente diferente. Históricamente se habían construido dos pilares fundamentales, para la evolución de la medicina, las dos obras monumentales: la anatómica y la fisiológica.

Tabla 6.1

Invitación a la Conferencia "Lumeiana"	
Sitio	Colegio Real de Médicos, Londres. Nuevo Teatro Anatómico del C.M. Calle Amen, Londres.
Hora	10 am. 17 de abril, 1616

Vida y personalidad

Es bien conocida la obra científica de Harvey, pero se sabe poco acerca de su vida y sobre sus rasgos personales. La escasa pero más confiable información fue dable obtenerla de un pequeño ensayo biográfico escrito por un amigo de Harvey en 1651, John Aubrey. En lo que atañe a la descripción física, este lo describe de baja estatura, color aceitunado, de ojos y pelo negro y provisto de un temperamento vivaz. El estudio

básico sobre William Harvey se le debe a G. Keynes⁽¹⁾. Harvey, además de la extraordinaria capacidad que demostró en el campo de la investigación, también desarrolló una labor destacada en el área de la asistencia, habiendo ejercido la práctica de la medicina. Harvey fue invitado a la Corte en 1609 y es cuando conoce a Jacobo I (James I) Estuardo, quien lo recomendó para el cargo de Médico Jefe del Hospital de San Bartolomé y también lo inscribió en la lista de sus médicos consultantes. En el año 1623 recibió Harvey de parte de Jacobo I la carta que se conserva en el *British Museum* por medio de la cual se lo designa como "médico de cabecera" y Harvey participó como uno de los médicos principales que atenderían a Jacobo I en su última enfermedad en 1625.

En este año tiene lugar el ascenso al trono de Carlos I de Inglaterra, quien va a ser a la vez el protector y paciente de Harvey. Este era un convencido monárquico y pensaba que no cabía ninguna posible amenaza contra la monarquía de Carlos I y contra la estabilidad de su reinado. Sin embargo, la historia iba a mostrar que el país se iba a sumergir en una guerra civil y el Rey iba a tener un trágico destino que lo conduciría hasta el patíbulo.

En la guerra se enfrentaron dos ejércitos: el real, el de los caballeros; y el rebelde, el de las cabezas redondas, que había sido organizado por el parlamento (1642). En 1644 el ejército parlamentario al mando de Oliverio Cromwell, (Oliver) derrota al ejército real en Martston Moor y en 1645 en Naseby. El Rey le confió a Harvey la custodia de sus dos hijos. El 23 de octubre de 1647 se entabló la batalla de Edge-Hill. Durante la batalla, según el propio testimonio de Harvey, una bala de cañón cayó en la cercanía de donde se encontraba junto con el Príncipe Carlos y su hermano. Hay testimonios de la época que atestiguan que Harvey tenía a su alcance una preparación a base de opio, por si era necesario para uso del Rey o del suyo propio. En el año 1647, los escoceses entregan a Carlos I al parlamento inglés. En 1649, Carlos I fue condenado a muerte en Londres. La decapitación tuvo lugar el 3 de febrero de 1649.

Entre otros ilustres pacientes que tuvo Harvey en esa época, figuró el filósofo Sir Francis Bacon (1561-1626).

En este tiempo (1648) Harvey presentaba ataques de gota que le provocaban un gran sufrimiento. Padebió durante dos años y algunos meses la condena del destierro, fuera de Londres, al principio voluntario y después obligatorio. Harvey fue puesto, por orden del Parlamento, en una lista de delincuentes y con un interdicto que le impedía acercarse a veinte millas de Londres. El gran científico era un exiliado político en su propia patria.

El interdicto fue suspendido para que Harvey pudiera atender a una distinguida paciente. Se queja con frecuencia, en ese período de su vida, de extrema soledad, la cual reconoce que solo la alivia la compañía de una linda muchacha (calificada como *wench*, muchacha, criada, prostituta) de nombre Alice Garth. Estaba quizá, siguiendo la recomendación bíblica que le hicieron en tiempos pretéritos al Rey David^(8,9).

Harvey entró en contacto con los miembros y compañeros del Colegio de Médicos y contribuyó con una donación para construir la biblioteca y el museo del colegio, como anexo al edificio del propio colegio, el cual fue inaugurado el 2 de febrero de 1654.

Tres años más tarde moría Harvey, el 3 de junio de 1657 a las diez de la mañana. Al parecer fue víctima de un accidente cerebral. Así se extinguió la llama de uno de los más grandes creadores que ha tenido la ciencia médica.

Polémicas suscitadas por la obra harveyana

Como era de esperarse, la obra de Harvey desató en su tiempo acaloradas polémicas.

Jean Riolan (1577-1657) fue el abanderado de la lucha en contra de la obra harveyana. En su trabajo titulado *Encheiridium Anatomicum et Pahtologicum*, el cual fue publicado en París en 1648 y posteriormente en su *Opuscula Anatomia Nova*, publicado en Londres en 1649, Riolan ataca con furia la concepción de la circulación de la sangre. Harvey respondió con sus dos ya

clásicas cartas a Riolan tituladas *Excercitatio Anatomica de Circulatione Sanguinis, ad Joannen, Riolanum Filium Parisiensem*⁽⁴⁾.

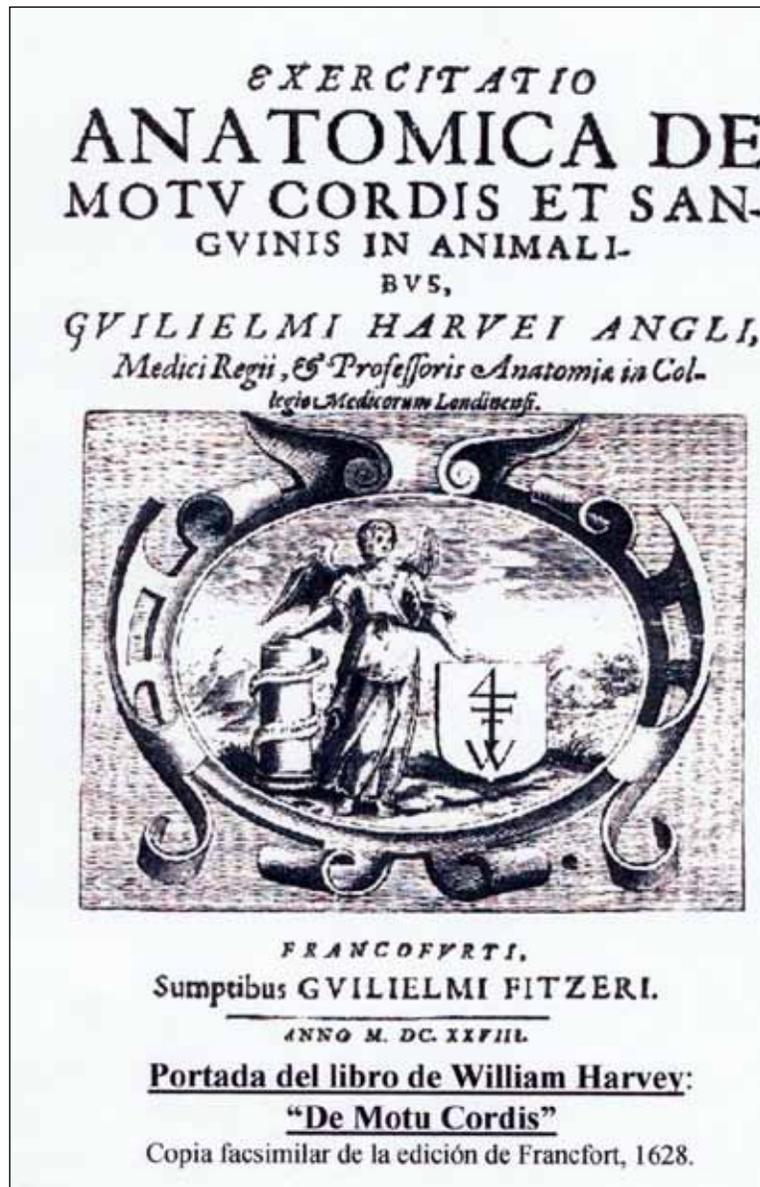
Pero la obra de Harvey era el producto de una investigación basada en hechos demostrados y la opinión de Riolan era una tesis dogmática que solo tenía como respaldo ideas provenientes de la antigüedad clásica sin el soporte de la evidencia.

La obra

Empezaremos por el análisis de su magna obra *Excercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (Ejercicios Anatómicos sobre el Movimiento del Corazón y de la Sangre en los Animales) por el Dr. William (Guillermo) Harvey^(2,11), el cual solo contaba con setenta y dos páginas y un formato muy modesto. El libro fue publicado, como fue mencionado en Frankfurt del Main en 1628 a cargo de Guillaume Fitzer. Harvey se identifica en la portada como “Médico del Rey y Profesor de Anatomía del Colegio de Médicos de Londres”. El desarrollo del libro consta de tres partes: Dedicatorias, Proemio y Cuerpo del Libro.

Dedicatorias

Harvey era médico consagrado al servicio real y su primera dedicatoria está dirigida al “Serenísimo e Invencible Carlos, Rey de Gran Bretaña y de Hybernia (Irlanda), Defensor de la Fe”. En su párrafo inicial señala “El corazón de los animales es el fundamento de la vida, el más importante de todos los órganos, el sol de su microcosmos, del cual depende toda su actividad y del cual dimana toda la energía y toda la fuerza”. Expone que ofrece el libro a su Majestad ya que “Todas las acciones humanas son hechas al ejemplo de los hombres y muchas cosas de un Rey están acordes con las del corazón”. Así, desde el inicio establece en la forma de una metáfora comparativa su concepción biológica en la que destaca la importancia cardinal del corazón en la jerarquía orgánica, considerándolo como el sol del microcosmos y alude a la órbita del poder político en cuyo centro se sitúa el poder real.



La segunda dedicatoria está dirigida a D. Argent, Presidente del Colegio de Médicos de Londres y a sus estimados colegas. Allí, además de satisfacer el requerimiento impuesto por la cortesía, quiere dejar constancia de la contribución fundamental de su novedosa tesis: “Yo he a menudo expuesto con anterioridad, eminentes colegas, en mis lecciones anatómicas, mi nueva opinión sobre el movimiento del corazón, sobre su papel y sobre la circulación sanguínea”. Apela en el siguiente párrafo al testimonio ocular de los presentes que asisten a sus demostraciones: “Desde hace nueve años, he confirmado utilizando demostraciones visuales, esclarecidas por razonamientos y por pruebas, y refutando las objeciones que me han formulado los anatomistas más sabios y hábiles. Todos han deseado numerosas veces conocerla, otros la han reclamado con insistencia, la hemos al fin plasmado y expuesto a la vista del mundo en este pequeño libro. Yo tendría menos esperanzas y menos seguridad en su publicación integral, si yo no os los hubiese comunicado: todas las observaciones a favor de las cuales yo he buscado la verdad y he refutado el error y puedo citarlos como testigos dignos de fe. Vosotros habéis visto mis disecciones, vosotros habéis asistido a mis demostraciones oculares de aquellas cosas que son asequibles a los sentidos”... “Y es solamente en este libro donde se afirma que la sangre circula moviéndose en un sentido y se devuelve utilizando otras vías diferentes a las postuladas, y en forma contraria a la forma establecida tradicionalmente y sobre las cuales se insistió durante muchos años y fue atestiguada por innumerables famosos e ilustrados hombres...” Termina solicitando aprobación y solidaridad. Como se desprende de esta primera parte de la dedicatoria, Harvey se propuso obtener a través de las demostraciones y de las experiencias repetidas el apoyo de un sector de la opinión médica, demostrando una actitud prudente. Como apunta acertadamente Lain Entralgo⁽⁷⁾, Harvey no era menos cauteloso frente a los hombres que ante la naturaleza. En la parte final de esta dedicatoria se dedica a señalar que la búsqueda principal del sabio, debía ser orientada

por el amor a la verdad. Expone la actitud del juicioso desafío hacia la “Maestra Antigüedad” cuando expone: “No pueden ser espíritus tan estrechos de mente para creer que en algún momento cualquier arte o ciencia hubiese sido tan absoluta y perfectamente enseñada en todos sus puntos que no quedase nada a cargo del celo y de la actividad de sus sucesores”. Pone en guardia sobre aquellas fuentes que conducen al error (el escepticismo, los delirios de la multitud y las fábulas de los poetas). Puntualiza que: “Yo no he aprendido ni enseñado “Anatomía” basándome en los axiomas de los filósofos, sino con la ayuda de las disecciones y de la fábrica de la naturaleza”. Termina recalando cuál ha sido su meta dominante *I follow the truth only* (yo sigo solamente a la verdad). Aquí, como en toda su obra científica, se expresa en forma concisa, lapidaria, sin retórica. En suma, la parquedad del lenguaje científico se ajusta a la precisión de los hallazgos reportados.

El Proemio

El autor señala que esta sección del libro está destinada a “Demostrar que todas aquellas cosas que han sido escritas hasta este momento, relativas al movimiento y a la función del corazón y de las arterias carecen de consistencia”. Establece que será posible separar las opiniones correctas de las falsas, lo cual lo ha logrado mediante el uso de la disección anatómica, de la experimentación repetida y de la observación acuciosa y diligente.

1. Sobre la identidad de las funciones del pulso y de la respiración

Esta tesis postulada por Erasistrato había sido auspiciada hasta ese momento por todos los anatomistas médicos y filósofos solidarios con Galeno y apoyada por la opinión de su maestro Fabricio en su “Tratado sobre la Respiración”. La opinión antigua relacionaba el movimiento del corazón y de las arterias durante la sístole y la diástole con el de los pulmones. Establece que “tanto el movimiento como la constitución del corazón es diferente de los pulmones y el movimiento de las arterias es diferente al

del tórax y es probable que sean diversas sus funciones...” De acuerdo con la tesis imperante el aire penetra en la cavidad de las arterias durante la diástole y sería expelido durante la sístole a través de los poros de los tejidos y de la piel. Galeno, por el contrario, expone en su tratado, apoyado por la experiencia que las arterias contienen sangre y solamente sangre y no espíritu, ni aire. Harvey expone sus argumentos basados en los siguientes hechos de observación: a) cuando el cuerpo se somete a un baño de inmersión en agua o aceite, el pulso no se empequeñece o retrasa; b) no se observan diferencias entre la distensión de las arterias superficiales y el de las profundas; c) no se puede comprender como podrían las arterias del embrión llenarse del aire exterior a través del vientre, del útero materno; d) tampoco se comprende como los animales submarinos podrían recibir el aire a través de la masa acuosa; y, e) la evidencia experimental de que la incisión arterial demuestra que es la sangre la que sale mediante un movimiento continuo, expulsada con fuerza y que no es el aire el elemento que entra y sale del vaso, y en cambio la sección de la tráquea permite observar los movimientos opuestos de entrada y salida del aire.

2. Sobre el contenido y la función de las arterias
Señala que la ligadura arterial determina el enfriamiento y la lividez del territorio que nutre. Concluye de sus observaciones que las arterias solo contienen sangre y solo transportan sangre. Cita en su apoyo la experiencia de Galeno, “la ligadura de una arteria entre dos sitios demuestra que solo contiene sangre” y que la sección de la arteria provoca en el término de una media hora la pérdida de la masa sanguínea, escapándose con gran fuerza, lo cual conduce a su total vaciamiento. Señala enseguida que de acuerdo con su experiencia personal, obtenida en necropsias o en vivisecciones, las arterias contienen la misma sangre que la que llena las venas. Si la sangre de las arterias está más expandida con una masa abundante de “espíritus” los cuales son inseparables de la

sangre, de la misma manera como los que se encuentran en las venas y la sangre y el espíritu no forman sino un solo y mismo cuerpo. Enseguida establece que “las arterias se distienden porque se llenan como si fuesen sacos u odres y no porque sean infladas como fuelles”, refutando en este punto la experiencia galénica. Establece mediante la arteriotomía y la observación de las heridas arteriales que la sangre es expulsada, brotando con fuerza, a saltos — como sacudidas —, a distancias a veces cortas y a veces lejanas, pero que ocurren siempre durante la diástole y no durante la sístole arterial, de lo cual se desprende claramente que la arteria se distiende por la impulsión de la sangre. Refiere que el espesor de las túnicas arteriales no basta para concederles el poder de transmitir la cualidad pulsátil que ellas reciben del corazón y también observa las variaciones existentes en la estructura de las arterias periféricas y las pulsaciones de los aneurismas, a pesar de carecer de las túnicas normales.

3. Sobre la función del ventrículo derecho y la circulación pulmonar

Aquí señala la opinión tradicional que sostenía la desigualdad funcional de los ventrículos. Así era que el corazón (lado izquierdo) era fuerte y depositario del espíritu vital por cuya razón dispensaría la vida a todas las partes del cuerpo, estando el ventrículo derecho desprovisto de la facultad de fabricar los espíritus y limitado a nutrir los pulmones. Aducía en su apoyo que los peces desprovistos de ventrículo derecho, carecen de pulmones. Así, la tesis prevalente aducía que la existencia del ventrículo derecho se encontraba ligada a la de los pulmones.

La concepción harveyana sobre la función del ventrículo derecho se apoya sobre la siguiente argumentación:

- a) Sobre la similitud estructural de ambos ventrículos: ya que ambos se encuentran provistos de las mismas fibras, cuerdas tendinosas, válvulas, vasos, aurículas y del mismo contenido (la sangre)

- y presentan la misma disposición y función de las válvulas aurículo-ventriculares para impedir en ambos lados el reflujo de la sangre.
- b) Sobre las válvulas: sobre las características similares que poseen las válvulas en el lado derecho y en el izquierdo, para controlar la salida y el ingreso, lo cual nos hace plantearnos la pregunta de ¿por qué serán los espíritus los que transitan por el lado izquierdo y en cambio es la sangre la que transita por el derecho?
 - c) Sobre las dimensiones de los canales y vasos: si la vena arteriosa y la arteria venosa son adecuadas en sus dimensiones ¿cómo sería posible que estuviesen destinadas a realizar funciones diferentes?, una a la función particular de nutrir el pulmón y la otra a cumplir una función general.
 - d) Sobre la nutrición pulmonar: ¿cómo sería posible (como ya lo ha señalado Realdo Colombo) que los pulmones tengan necesidad de tanta sangre para nutrirse? ya que la vena arteriosa sobrepasa en dimensiones a la de las dos ramas de división de la vena cava descendente.
 - e) Sobre los pulmones y el ventrículo derecho: se pregunta enseguida, si los pulmones están cercanos a un vaso de grandes dimensiones y se encuentran animados ellos mismos de un movimiento continuo, ¿para qué sería necesario el movimiento del ventrículo derecho y por qué la naturaleza con la sola finalidad de nutrir los pulmones, juzgó necesario agregar otro ventrículo?

La argumentación prosigue señalando la incongruencia de plantear que unas válvulas se oponen a la salida del aire y no de la sangre. Las venas pulmonares tienen las paredes blandas y laxas y el aire es conducido por otro tipo de conductos. Observa que la naturaleza no utiliza

estructuras idénticas para fines opuestos. Apela enseguida a la demostración objetiva: la sección de la arteria venosa se encuentra siempre llena de sangre y nunca de aire, y en cambio en los pulmones se constata la presencia de aire remanente. Cita en su apoyo el experimento Galénico: la incisión de la tráquea en un perro vivo, insuflando aire bajo presión al abrir el tórax, se observa que el aire se almacena en gran cantidad en los pulmones pero no se encuentra en la arteria venosa ni en el ventrículo izquierdo, ni es tampoco observable la “atracción” de aire de los pulmones hacia el corazón. Tampoco es posible demostrar anatómicamente, insuflando aire en el pulmón del cadáver, que se produzca penetración de aire en la arteria venosa. De esta manera considera rebatida la tesis de Hieronymus Fabricius ab Acquapendente de que los pulmones fueron hechos para este vaso y que este constituiría la parte esencial de los pulmones. Pero continúa preguntándose: si la arteria venosa ha sido creada para conducir aire, ¿por qué razón, posee la estructura de una vena?

4. Sobre la estructura de las vías respiratorias

Señala que las vías aéreas deben ser como tubos anillados como los *Bronchia* que permanecen permeables y nunca se aplastan, y se encuentran desprovistos de sangre, permitiendo una respiración silenciosa, a diferencia de lo que ocurre en condiciones patológicas cuando se produce flema en los bronquios, lo cual se acompaña de ruidos o sibilancias en nuestra respiración. De paso hay que señalar esta alusión al papel desempeñado por la auscultación pulmonar y sobre la interpretación que hace de los ruidos anormales respiratorios.

5. Sobre la estructura del tabique

Refiere al respecto, que el tabique interventricular es más grueso y compacto que cualquier parte del cuerpo con excepción de los huesos y de los nervios. Descarta en condiciones anatómicas normales, la existencia de comunicaciones interventriculares, aduciendo que los ventrículos derecho e izquierdo se contraen y se dilatan

sincrónicamente, ¿por qué no tendría yo el derecho de creer que el ventrículo derecho atraería los espíritus del ventrículo izquierdo, en lugar de ser el ventrículo izquierdo que a través de las mismas comunicaciones extrajese la sangre del ventrículo derecho? Sería verdaderamente sorprendente e incongruente que en el mismo momento, la sangre sea conducida a través de vías oscuras y ocultas, siendo que el aire lo hace a través de las vías muy amplias. Continúa con la siguiente interrogante: ¿por qué han apelado a la existencia de poros?, a los cuales califica de ocultos, invisibles, inciertos y oscuros poros (*invisibilis porositates incertas, obscuras con fugiunt*). Para explicar el paso de la sangre hacia el ventrículo izquierdo, cuando existe una vía muy amplia como la ofrecida por la arteria venosa. Me causa asombro —continúa— que ellos hayan buscado una vía para la sangre a través del septum del corazón, el cual es voluminoso, grueso, duro, muy compacto, en vez de continuar por los vasos venosos ampliamente permeables o siguiendo a través del tejido pulmonar que es más delgado, laxo, blando y esponjoso.

6. Sobre la irrigación septal que depende de la circulación coronaria

Comenta enseguida que si la sangre pudiese atravesar el tejido del tabique o impregnar a los ventrículos, ¿de qué servirían las ramificaciones de las arterias coronarias que deben cumplir con su finalidad específica?

7. El argumento embriológico

Señala que, si antes del nacimiento, cuando todos los tejidos son más delgados y blandos, la naturaleza se ve obligada a hacer pasar la sangre hacia el ventrículo izquierdo a través del foramen ovale, sangre que proviene de la vena cava a través de la arteria venosa. ¿Cómo podría ser posible —se pregunta— que la sangre pudiera atravesar el septum del corazón, el cual se vuelve más grueso por el crecimiento, cuando este se efectúa en forma conveniente y sin perturbación? Es decir, que la naturaleza requiere de un orificio especial,

claramente visible durante la circulación fetal, para derivar la sangre hacia el ventrículo izquierdo.

Conclusión del Proemio

Después de desarrollar sus objeciones planteadas en contra de las tesis clásicas precedentes, no se limita a exponer la antagónica argumentación, *pars destruen* como la califica Lain Entralgo, sino que de inmediato considera la explicación alternativa, *pars constructum* donde plasma su vasta experiencia, adquirida mediante la observación acuciosa de los hechos y basada sobre la experimentación repetida. Así concluye, “de estos hechos y de otros del mismo género, resulta claro que las opiniones emitidas por los autores precedentes relativas al movimiento y a la función del corazón y de las arterias resultan inapropiadas, oscuras e imposible de formar con ellas un cuerpo coherente por más empeño que se ponga en esa tarea; por ello será provechoso penetrar más profundamente en el tema y observar los movimientos del corazón y de las arterias, no solamente en el hombre, sino también en todos los animales dotados de corazón, apelando además a las vivisecciones y al testimonio ocular con el objetivo de discernir y buscar la verdad”.

El cuerpo del libro

Harvey desarrolla su exposición en 17 capítulos, de cuyo contenido esencial intentamos hacer una apretada síntesis.

Capítulo I: Sobre las causas que impulsaron a escribir al autor

Señala que para el estudio del movimiento del corazón ha recurrido al empleo de numerosas vivisecciones. La complejidad del asunto, le hizo pensar al principio, tal como le sucedía a Fracastorius, que el conocimiento del movimiento del corazón era solo alcanzable por Dios. La rapidez del movimiento con que se sucede la sístole y la diástole, dice, es comparable al parpadeo del ojo o a la percepción fugaz de un

relámpago luminoso. Considera que a través de la búsqueda persistente ha logrado establecer el movimiento y la función del corazón, saliendo airoso de lo que consideró equivalente a estar metido dentro de un verdadero laberinto. La nueva doctrina elaborada ha sido aceptada por aquellos a quienes logró convencer con sus demostraciones, pero otros en cambio, permanecieron refractarios al nuevo conocimiento. Su trabajo lo envió a la imprenta cuando consideró oportuno tanto el compartir el conocimiento alcanzado como el poder someterlo a la evaluación por una crítica imparcial. Señala de paso, que Hieronymus ab Acquapendente, habiendo desarrollado en una obra notable plena de sabiduría la descripción de la mayor parte de los órganos del animal, solo excluyó de su estudio al corazón. Termina señalando que habiéndose abierto esta vía, vendrían otros espíritus más sagaces, los cuales proseguirían las investigaciones, avanzando en el conocimiento. En síntesis, mediante el empleo adecuado de las vivisecciones y dedicándose a la búsqueda de la verdad con paciencia, logró despejar las incógnitas de un problema que parecía insoluble y como buen investigador tiene el convencimiento de que solo ha avanzado un paso por una senda infinita.

Capítulo II: El movimiento del corazón observado mediante la vivisección

Harvey comienza, este capítulo, describiendo con precisión las fases sistólica y diastólica. Pasa a analizar el papel de la sístole. Realiza el estudio de los fenómenos sistólicos concomitantes y establece su relación con la disposición de las fibras cardíacas.

Sístole y diástole. Los fenómenos sistólicos

Describe que el corazón de los animales vivos expuestos después de la apertura del tórax y de la sección de su envoltura, permite observar que el corazón presenta períodos alternados de movimiento y de descanso. Esta alternancia es todavía más evidente en los animales de sangre fría, con lo cual demostraba —de paso— el conocimiento que poseía

sobre la anatomía y la fisiología comparadas. Describe las modificaciones preagónicas de los latidos cardíacos al volverse estos más lentos y esporádicos hasta que sobreviene la muerte y el corazón se vuelve flácido y dilatado. Señala enseguida:

1. Que el corazón durante la fase de actividad provoca el choque contra la pared del tórax, el cual es perceptible en el exterior. Es evidente, por ende, la relación que establece entre la fase fisiológica de la sístole y el fenómeno clínico del choque apexiano.
2. Que durante la contracción el corazón disminuye el volumen.
3. Que durante su fase de actividad, el corazón se endurece, lo cual es producto del incremento de tensión, como se puede observar en los músculos de los brazos cuando se contraen.
4. Que el corazón cambia de color en los animales de sangre fría: en efecto, el corazón al contraerse se torna pálido y recupera el color propio de la sangre durante el reposo.

Si se practica una herida penetrante que alcance la cavidad ventricular se observa que durante la pulsación del corazón, es decir, en pleno estado de tensión, se puede visualizar el chorro de sangre que brota hacia el exterior. Así concluye que se producen una serie de fenómenos: la tensión del corazón, la erección de la punta (el cual es un fenómeno perceptible como el choque contra el tórax), el engrosamiento de sus paredes y el enérgico vaciamiento de la sangre bajo la influencia de la contracción de los ventrículos. El movimiento del corazón ocurre durante la sístole y no durante la diástole, como era la opinión prevalente hasta esa época. En efecto, de acuerdo con esa suposición era en el momento cuando el corazón golpeaba contra el tórax y se percibía su latido, cuando los ventrículos se distendían y ocurría el llenado; pero vosotros comprenderéis que en realidad lo que ocurre es todo lo contrario y que el corazón cuando se contrae se vacía. Es por ende —concluye— durante la sístole cuando el corazón despliega su tensión, su eficacia y su fuerza.

Sobre el tipo de fibras y la sístole

En la parte final adversa a la opinión vesaliana, según la cual solo las fibras rectas intervendrían en el movimiento del corazón y adoptarían las cavidades ventriculares en forma esferoidal “como una pequeña calabaza”, para facilitar el llenado. Por el contrario, durante la contracción participan todas las fibras y las paredes ventriculares se engruesan, incluyendo esas fibras o pequeños tendones (llamados “nervios” por Aristóteles) que existen en los ventrículos de los grandes animales y que contribuyen a la expulsión con fuerza de la sangre contenida en los ventrículos.

Capítulo III: El movimiento de las arterias de acuerdo con las vivisecciones

La relación entre los movimientos

En este capítulo analiza las relaciones entre el movimiento del corazón y la pulsación de las arterias. Es durante la sístole o contracción del corazón cuando se produce la dilatación de las arterias, es decir, la diástole de las arterias. Igual ocurre cuando, el ventrículo derecho al expulsar la sangre, la arteria venosa pulsa y se dilata junto con el resto de las arterias del cuerpo. Cuando cesa el movimiento o contracción del ventrículo izquierdo, se suspende igualmente el pulso arterial. Si la contracción ventricular se debilita, el pulso arterial se vuelve también apenas perceptible. La arteriotomía permite observar la expulsión de la sangre al unísono con la contracción del ventrículo izquierdo y lo mismo ocurre al seccionar la arteria venosa, lo cual permite observar el chorro violento de sangre cuando se contrae el ventrículo derecho. Igual ocurre —continúa en su exposición— en los peces cuando se secciona el conducto que va del corazón a las branquias; la sangre es expulsada con cada puesta en tensión y bajo el efecto de la contracción del corazón. Así queda establecido que la pulsación de las arterias deriva de la impulsión de la sangre expulsada por el ventrículo izquierdo. Solo incurre en la inexactitud del “sincronismo perfecto”, opinión coincidente con la tesis aristotélica.

Aneurisma y modificaciones del pulso

Al final de este capítulo, describe el caso de un paciente portador de un aneurisma cervico-axilar, el cual se hacía más voluminoso progresivamente, se distendía sincrónicamente con la pulsación arterial y el cual pudo ser confirmado por necropsia. En este caso existían fenómenos de compresión, de relleno y de obstrucción arterial, los cuales eran factores que impedían el movimiento de la sangre y ocasionaban como consecuencia una disminución del pulso arterial distal.

La conclusión a la cual arriba, es que “el pulso de las arterias es solamente producido por la impulsión de la sangre en las arterias”. Esta observación anatomoclínica refleja el espíritu científico integral que poseía Harvey, al aplicar nociones fisiológicas para una mejor interpretación tanto de los hechos patológicos como de los fenómenos clínicos y viceversa.

Capítulo IV: Sobre la clase de movimientos del corazón y de las aurículas, propios de los seres vivos

Precesión y contribución fisiológica de la contracción auricular

En este capítulo refuta la tesis que era sostenida para la época (Bauhin, Riolan) de cuatro movimientos caracterizados en cuanto a lugar y tiempo (2 auriculares y 2 ventriculares) y la sustituye por la tesis de dos movimientos que surgen en las cuatro cavidades: uno debido a la simultaneidad de la contracción auricular y otro debido a la contracción ventricular. Establece, enseguida, la precedencia de la contracción auricular sobre la ventricular. A Harvey corresponde el mérito de establecer que el origen de la contracción cardíaca se encuentra en la aurícula (derecha) y de este sitio ocurre la propagación al resto del corazón y es además el último sitio en morir (primun vivens y ultimun moriens). El estudio del corazón preagónico que realiza, es igualmente admirable. Describe, en efecto, la presencia de dos o tres contracciones auriculares por una contracción ventricular, la cual se efectúa con lentitud y penosamente.

Es la descripción de la alteración mecánica que acompaña el bloqueo auriculoventricular, siendo esta —también— la primera descripción experimental de este fenómeno.

Demuestra que cuando solo perdura la contracción auricular aislada se puede poner de manifiesto su rol en el llenado ventricular, el cual lo demuestra seccionando la punta del ventrículo izquierdo y observando que el llenado ventricular no es el resultado de la atracción o distensión del corazón sino que es debido a la impulsión auricular. Observa igualmente, los cambios de color de las aurículas, que se empalidecen al contraerse. Las aurículas se llenan a su vez, por el movimiento centrípeto que sigue el curso de la sangre dentro de las venas.

El estudio de la anatomía comparada

El estudio de la anatomía comparada en peces, sapos y otros animales, los cuales considera como un “modelo simplificado de la naturaleza”, corroboran la precesión de la contracción auricular. Sin embargo, aclara que experimentalmente se demuestra en el corazón de las anguilas, peces y otros seres vivos, que las secciones aisladas del tejido ventricular continúan el proceso de contracción y de relajación en ausencia de tejido auricular, conservando pues las secciones del tejido ventricular, la facultad de latir y de palpar (demostración del automatismo ventricular). El calor del dedo impregnado en saliva húmeda aplicada a la superficie del corazón de las palomas, permite restablecer el movimiento al órgano que se había detenido.

También se puede observar que después de la cesación de la contracción auricular se establece un movimiento indefinido (con probabilidad alude a la fibrilación auricular).

Estudios embriológicos

Deriva de observaciones embriológicas realizadas en el corazón del pollo, que el inicio de la vida se corresponde con el comienzo del latido cardíaco y en el latido auricular, asienta el empezar y el terminar de la vida. Uno de los

extraordinarios aportes de Harvey a los clásicos precedentes es la precisión lograda sobre el punto de partida de la actividad cardíaca. Dice textualmente: “en los seres vivos, lo que es hecho de último falla primero y, lo que es hecho de primero falla de último”. El corazón —continúa— existe no solo en los animales superiores sino también en los inferiores. En los animales exangües, las pulsaciones del corazón son muy lentas y raras y las contracciones son tan perezosas como las que se observan en los animales en el período agónico. En algunos animales existe una vesícula pulsátil que aparece con el comienzo de la vida, tal es el caso de animales como las abejas, las avispas, los caracoles, los camarones, los langostinos. Observa que hay un langostino cuyo hábitat se encuentra en el río Támesis, que tiene el cuerpo transparente, lo cual permite visualizar con toda claridad el movimiento del corazón. La observación final, con la cual concluye este capítulo, se refiere al estudio del embrión de pollo en el cual se visualiza un área como una pequeña nube, en el seno de la cual se percibe un minúsculo punto sanguinolento, cuyo latido es tan tenue que cuando se contrae, desaparece a la vista y al dilatarse se visualiza como un punto rojo de las dimensiones de una cabeza de alfiler. Así, “fluctúa entre lo visible y lo invisible, y por así decirlo, entre el ser y el no ser, se trata de un latido y del comienzo de la vida”.

Capítulo V: El mecanismo y el papel de los movimientos del corazón

La secuencia y la finalidad de las contracciones auricular y ventricular

En el siguiente párrafo pasa el autor a describir la circulación de la sangre en forma integral: en primer lugar se produce la contracción de las aurículas, esta actividad tiene por efecto expulsar la sangre, la cual contienen en abundancia, hacia los ventrículos del corazón ya que las aurículas son como el estuario de las venas, su depósito y su cisterna. Una vez llenado el corazón de inmediato presenta un movimiento de ascenso, todas sus fibras se ponen tensas, los ventrículos

se contraen y se produce una pulsación que tiene por efecto expulsar la sangre (la cual había sido impulsada previamente por las aurículas) hacia las arterias. El ventrículo derecho envía la sangre hacia los pulmones por ese vaso que ha sido llamado la “vena arteriosa”, pero que es en verdad, tanto por su sitio como por su función y todas las demás características, una arteria. El ventrículo izquierdo expulsa la sangre por la aorta, la cual la dirige por sus ramas arteriales hacia el cuerpo.

Sucesión de movimientos

Enseguida anota, con una precisión que demuestra una vez más sus cualidades de fino observador, “estos dos movimientos, el de las aurículas y el de los ventrículos, se realizan en forma continua, guardando tal relación en armonía y número que parecieran producirse al mismo tiempo, dando la impresión de que se tratase de un solo movimiento. Esto se observa sobre todo, en los animales de sangre caliente, cuyos corazones se mueven más rápidamente”.

El ruido de la actividad cardíaca es perceptible

Compara enseguida, el mecanismo del corazón a un dispositivo mecánico como el que poseen las armas de fuego, o dentro del campo biológico a los movimientos de la deglución los cuales, dada la rapidez como se suceden con tal armonía y orden, dan la impresión de simultaneidad para cumplir con una función determinada. También observa que la deglución en animales como el caballo, se acompaña de un choque a la palpación y de un ruido perceptible al oído. Así también sucede que con cada contracción del corazón, el paso de la sangre, de las venas a las arterias, se acompaña de “un latido, el cual es audible dentro del tórax”. La pulsación que percibimos no es otra cosa que la impulsión de la sangre por el corazón. De lo que queda ampliamente demostrado, se saca en conclusión que la sangre es transferida por la contracción de los ventrículos, desde las venas hacia las arterias y así se asegura la distribución por todo el cuerpo. Comenta las opiniones diversas sostenidas por Erasistrato y después por Galeno, hasta el momento que escribe su

libro y señala que la razón básica de la posición dubitativa de Galeno radica en que al no percibir la relación estructural del corazón con los pulmones, tampoco podía advertir las vías por las cuales la sangre podía ser transportada hacia las arterias. Esta misma duda asaltaba a los anatomistas y los había conducido a plantear que el paso de la sangre se hacía del ventrículo derecho al izquierdo, a través del tabique del corazón. Pero yo ya he refutado esta vía, por lo cual debe existir otra, que expondré a continuación.

Capítulo VI: De las vías por las cuales la sangre es transportada desde la vena cava hacia las arterias y desde el ventrículo derecho hacia el ventrículo izquierdo

“El error surge de usar una metodología de estudio insuficiente” como es únicamente el estudio del cadáver humano. Para despejar las dudas, propone el estudio de la anatomía, de la fisiología y de la embriología comparadas combinados con la utilización del método experimental, el cual desarrolla de la siguiente manera, progresando del modelo más simple al de mayor complejidad:

1. Animales desprovistos de pulmones: los peces. Estos animales carecen de pulmones, por tanto no poseen sino un solo ventrículo. Poseen una pequeña vejiga llena de sangre, equivalente a una aurícula colocada en la base del corazón y la cual propulsa su contenido de sangre hacia el ventrículo y el cual, a su vez, lo expulsa hacia un tubo o arteria, lo cual puede confirmarse por la simple inspección o seccionando la arteria lo cual permite observar el chorro de sangre proyectado con cada latido.
2. Animales provistos de pulmones y de un ventrículo único: sapos, serpientes, lagartos. En esta situación la sangre es transferida de las venas a las arterias, debido a que existe una vía abierta, permeable y manifiesta, que no deja lugar a dudas. Equivaldría a que en el hombre el tabique del corazón hubiese sido perforado o destruido, de manera que los dos ventrículos se convirtieran en uno solo. Nadie, a mi juicio, puede dudar en estas condiciones

del curso seguido en este caso por la sangre, desde las venas hacia las arterias.

3. Datos obtenidos de la embriología: el feto humano. Los pulmones no son funcionantes y hay dos comunicaciones especiales. Hace referencia a lo que actualmente se designa como “foramen oval” y al “ductus arterioso”, los cuales se conocían desde Galeno (Lain Entralgo⁽⁷⁾: Galeno: *-De usu partium XV, 6-*). Sobre el foramen ovale concluye que es una comunicación, la cual permite el paso de la sangre proveniente de la vena cava hacia la aurícula izquierda. La otra comunicación es una vía especial por la cual la sangre expulsada por el ventrículo derecho alcanza la arteria magna (aorta). Así llega a la conclusión de que en el embrión, cuyos pulmones no funcionan, ya que carecen de actividad y de movimiento (es como si no existieran), la naturaleza se sirva de los dos ventrículos, tal como si fuera uno solo, para lograr la expulsión de la sangre. Así los embriones que tienen pulmones y no hacen uso de ellos, se comportan como los seres que no los poseen. Resulta realmente admirable la claridad de este análisis harveyano sobre los cortocircuitos durante el período fetal y su correlación con la embriología comparada.
4. Las vías de paso: las vías de paso de la sangre a través del corazón existen en la mayor parte de los animales y en todos en algún momento de su evolución. El interrogante cardinal por resolver es ¿por qué ese paso no puede tener lugar a través del parénquima pulmonar? Cabe preguntarse, la razón por la cual en los animales superiores y más perfeccionados la naturaleza ha preferido el tránsito a través del parénquima pulmonar en vez de utilizar otras vías permeables. Plantea la necesidad de discutir sobre la función respiratoria, sobre la “necesidad y la función del aire”. Cierra el capítulo con el aserto categórico de que en el hombre adulto y en los animales superiores, la sangre pasa del ventrículo derecho por la vena arteriosa hacia los pulmones y de aquí siguiendo por la arteria venosa alcanza la aurícula izquierda y de aquí llega al ventrículo izquierdo.

Es evidente la atención brindada por Harvey a la interrelación funcional cardiorrespiratoria. Pero como bien señala Laubry⁽¹¹⁾, había que esperar hasta que uno de sus discípulos, Richard Lower en 1669, estableciera de manera incontrovertible la transformación del color que se opera en la sangre al cambiar el color negro que posee en la vena arteriosa para convertirse en sangre roja, cuando se pone en contacto con el aire de los pulmones.

Capítulo VII: La sangre pasa del ventrículo derecho a través del parénquima pulmonar, siguiendo la vía de la arteria venosa hasta alcanzar el ventrículo izquierdo

- a. La textura del parénquima, la contracción del ventrículo derecho, la dilatación vascular y la mecánica respiratoria: introduce el tema valiéndose de analogías, tales como la del agua que se infiltra en la sustancia de la tierra o como es el caso de la sangre, la cual es capaz de atravesar parénquimas espesos y compactos como los propios del hígado y del riñón. Siendo así, ¿por qué no es posible — se interroga — que la sangre logre atravesar el tejido del pulmón que posee una textura muy laxa y esponjosa? En el caso del hígado no existe fuerza propulsiva que la ayuda a franquearlo. En el caso del pulmón, la sangre es lanzada por la violenta contracción del ventrículo derecho, cuya fuerza es suficiente para acompañarse de una distensión, tanto de los vasos como de las porosidades pulmonares. Además, dice citando a Galeno (*De usu partium cap. XI*), durante la respiración el pulmón se infla y se desinfla y bajo la acción de este doble movimiento, tanto las porosidades pulmonares como sus vasos se abren y se cierran como ocurre con las esponjas o toda sustancia de naturaleza esponjosa cuando se constriñe o se dilata. Por el contrario, el hígado permanece en

- reposo y no presenta esas alternativas de contracción y de dilatación.
- b. Concordancia con Colombo: concuerda con la opinión del sabio anatomista Colombo, que dada la amplitud y la estructura de los pulmones, y dado que tanto la arteria venosa como el ventrículo derecho se encuentran repletos de sangre que proviene necesariamente de las venas, no existe ninguna otra vía de salida como no sea la vía pulmonar.
- c. Sobre el papel valvular y la continuidad del flujo: señala que en el orificio de la vena arteriosa hay tres válvulas sigmoideas o semilunares que impiden el reflujo de sangre hacia el corazón. Harvey cita de nuevo la opinión sostenida por Galeno (*De usu partium*. Lib. 6, Cap. 10) sobre la importancia y el papel que juegan estas válvulas y se refiere también a su tesis, en donde acepta la factibilidad de la vía pulmonar. Pero agrega, el corazón debe recibir la sangre en forma continua, actuando como un verdadero reservorio y debe también accionar para expulsarla. Para asegurar esta doble función se requieren cuatro válvulas: dos que actúan en la admisión y dos en la expulsión de la sangre. Nuestro aserto queda así clarificado: la sangre fluye continua e incesantemente a través de las porosidades pulmonares, pasando del ventrículo derecho al ventrículo izquierdo y fluye desde la vena cava hasta alcanzar la arteria magna. Del ventrículo derecho se dirige por la vena arteriosa hasta los pulmones y de aquí en forma continua hacia el ventrículo izquierdo, lo cual es probado por la disposición de las válvulas, siendo necesario que la travesía pulmonar se haga de manera continua. El paso de la sangre por los pulmones se hace en los adultos a través de las porosidades ocultas de los pulmones y de sus embocaduras

o comunicaciones vasculares (*per pulmonum caecas porositates-vasorum eius oscilla*). No cabe la menor duda de que Harvey, habiendo demostrado experimentalmente la realidad del flujo pulmonar siguiendo la vía de la arteria pulmonar, presupone en este párrafo la existencia de una circulación vascular “oculta o invisible” a nivel del parénquima pulmonar. Es también continuo el flujo desde la vena cava hasta la aorta. Concluye que el ventrículo derecho es una necesidad para la circulación pulmonar, en relación con la transferencia de sangre y no con la nutrición.

- d. La circulación coronaria: se refiere, finalmente, que la sangre “pura” es requerida por órganos que ameritan una mejor nutrición como el cerebro, la retina o como “el propio corazón que es alimentado por la arteria coronaria”.

Con este desarrollo concluye la parte expositiva relativa a la demostración de la circulación pulmonar.

Capítulo VIII: Sobre la cantidad de sangre que pasa por el corazón desde las venas hasta las arterias y relativo al movimiento circular de la sangre

Movimiento circular, adecuación vascular y gasto cardíaco

Después de haber ponderado, con actitud reverente a la antigüedad clásica, citando la autoridad de Galeno y de Colombo, enuncia su decisión de plantear a sus desconocidos lectores, hechos totalmente inéditos. Hace un sumario de los firmes apoyos que ha logrado mediante las vivisecciones experimentales, las secciones arteriales, las variadas investigaciones, la simetría y las dimensiones de los ventrículos del corazón y de los vasos de ingreso y de egreso (desde que la naturaleza no hace nada en vano, no se le permitiría a los vasos ser de una magnitud desproporcionada), de la disposición maravillosamente adaptada de las válvulas y

sobre la disposición de las fibras musculares y del análisis de la estructura integral del corazón. Esto me ha llevado a considerar después de un lapso prolongado de meditación “como esa gran cantidad de sangre puede pasar, empleando un tiempo tan corto en el transporte...” Si así fuese, las venas no tardarían en vaciarse y las arterias estallarían por la afluencia de esa enorme cantidad de sangre, a menos que la sangre retornara de nuevo por alguna vía a las venas y regresara al ventrículo derecho del corazón. Es en el siguiente párrafo donde establece su diáfana definición del movimiento circular o circulación de la sangre. Dice así: “yo empecé a reflexionar si no podría tratarse de un movimiento circular”; dicha hipótesis enseguida la he confirmado: la sangre que es expulsada del corazón hacia las arterias por la contracción del ventrículo izquierdo es dirigida hacia todas las regiones del cuerpo; bajo la acción del ventrículo derecho es conducida a través de la vena arteriosa a los pulmones; el retorno de la sangre se hace por las venas del cuerpo hacia la vena cava y a la aurícula derecha; y la sangre de los pulmones vuelve por la denominada arteria venosa al ventrículo izquierdo, como ya lo he mencionado. Este movimiento lo podemos denominar circular. Señala que la sangre debe cargarse de espíritus (sangre + aire) para alimentar a todo el cuerpo y así debe recobrar su perfección. Concluye señalando que la arteria es el vaso que envía la sangre (elaborada, perfecta) del corazón hacia los órganos y las venas se encargan del retorno de una sangre “inadecuada para la nutrición”.

Capítulo IX: La existencia de la circulación se desprende de una primera hipótesis confirmada

- a. La promulgación de la circulación sanguínea: expone en este capítulo que para apoyar con una base sólida su exposición y desechar todo género de superficialidades, es procedente plantear tres proposiciones:
 - La primera, que “la sangre fluye continuamente y sin interrupción”

transportada desde el sistema venoso cava hacia las arterias “en tan gran cantidad” que no podría bastar su abastecimiento de las sustancias que asimilamos, puesto que la “masa sanguínea total” cumple ese pasaje en un tiempo muy corto.

- La segunda, que la sangre fluye en forma continua, adecuada e incesante, penetra en todos los miembros y partes del cuerpo debido al pulso de las arterias, en cantidad bastante mayor de lo que exige la nutrición o lo que su masa entera tiene la capacidad de suministrar.
- La tercera, que las venas en forma permanente devuelven la sangre hacia el corazón. Una vez, que estas proposiciones han sido debidamente probadas “yo pienso que resulta evidente que la sangre gira, es devuelta, es lanzada en forma anterógrada, retorna hacia el corazón y es expulsada por este hacia las extremidades, retornando otra vez al corazón, cumpliendo así un verdadero movimiento circular”.

- b. El aspecto cuantitativo: es la primera inferencia que se hace sobre el gasto cardíaco.

El cálculo del gasto cardíaco

Considera el autor que el contenido del ventrículo izquierdo, ya sea estimado por deducción o determinado por la experiencia, cuando el ventrículo se encuentra en el primer período de dilatación y lleno a plenitud, contiene dos, tres o hasta cuatro onzas de sangre, pero señala que ha encontrado en el cadáver más de dos onzas. Admitimos igualmente — continúa — que esta cantidad sea menor durante el período de la contracción, ya que la capacidad del ventrículo se reduce y, por ende, hay que estimar la cantidad de sangre expulsada hacia la arteria magna (aorta), ya que durante la sístole se expulsa siempre cierta cantidad (como fue demostrado previamente en

el capítulo III), la cual se encuentra adecuada a la estructura vascular (incluyendo el dispositivo valvular). No es una conjetura inverosímil que la fracción de contenido ventricular que es expulsada hacia la arteria sea una cuarta, una quinta, una sexta o como mínimo una octava parte. Continúa exponiendo el análisis cuantitativo de la siguiente manera: asumamos que en cada pulsación del hombre, es lanzada una onza y media (alrededor de $45 \text{ cm}^3 \pm 44,355 \text{ cm}^3$) o tres dracmas ($\pm 11,1 \text{ cm}^3$) o un dracma ($\pm 3,7 \text{ cm}^3$) de sangre. Esta sangre, gracias al impedimento valvular, no puede retornar al corazón, señalando así el papel que normalmente desempeña la competencia valvular. Asumiendo que el corazón en media hora realice cerca de un millar de pulsaciones, aunque a veces sean dos, tres o cuatro mil, y se multiplica esta cifra por la cantidad de dracmas expulsados, se podría establecer que en una media hora, tres mil o dos mil dracmas o 50 onzas (lo cual tiene una equivalencia aproximada a $1\ 500 \text{ cm}^3$), sería la cantidad de sangre transferida del corazón hacia las arterias la cual sobrepasa en magnitud a la que se encuentra en todo el cuerpo. De la misma manera señala que en el carnero y en el perro, si en cada contracción se expulsa un escrúpulo de sangre ($1 \text{ escrúpulo} = 1\ 198 \text{ cm}^3$) en media hora alcanzaría a mil escrúpulos, es decir, cerca de tres libras y media serían expulsadas hacia la aorta, mientras que la cantidad de sangre contenida en el cuerpo del carnero —he encontrado— que no excede de 4 libras. Así podemos establecer que cualquiera que fuese la estimación de la cantidad de sangre expulsada y contando el número de pulsaciones, se puede constatar que toda la masa sanguínea pasa de las venas a las arterias a través del corazón y de igual manera a través de los pulmones. Concluye que la cantidad de sangre que circula es mayor que lo que puede provenir de los alimentos ingeridos o de lo que es posible que contenga el sistema venoso.

Las relaciones del gasto

Refuta la opinión de que la expulsión de la contracción cardíaca pudiese ser nula, sino que

cada contracción expulsa una cantidad la cual no es poca, como se desprende de la capacidad de los vasos, y tampoco es pequeña. Sea cual fuese la proporción de sangre expulsada debe ser una tercera, una sexta o una octava parte “en proporción a lo que con antelación estaba contenida en el ventrículo” y el cual se llena durante su período de dilatación guardando una proporción el ventrículo contraído con el ventrículo dilatado. No satisfecho con la estimación mínima que ha planteado, dice que es necesario establecer con mayor exactitud la cantidad de sangre que es expulsada con cada pulsación, así como las variaciones que presenta en más o en menos y sus causas, para lo cual se basará en las numerosas observaciones que ha ido recabando.

Las variaciones fisiológicas del gasto

Señala que hay variaciones cuantitativas, siendo la cantidad a veces reducida y a veces abundante. La circulación de la sangre en ocasiones es más rápida, otras veces más lenta, dependiendo de algunos factores tales como la edad, la temperatura, causas externas o internas, accidentes naturales o no, el sueño, el reposo, el ejercicio, el alimento, las pasiones del espíritu y otras condiciones semejantes. Insiste sobre el hecho de que la cantidad de sangre circulante sobrepasa con mucho al aporte suministrado por la ingestión de alimentos, a menos que el retorno de la sangre no se efectúe mediante un movimiento circular. Contrariamente al planteamiento que hace Lain Entralgo⁽⁷⁾, esta observación de Harvey adversa la opinión galénica de la hematopoesis hepática a expensas de los alimentos (Izquierdo,¹²).

Vivisección y arteriotomía

La sección de la aorta o de una arteria por pequeña que sea, deja exangüe al animal como ya lo había expuesto Galeno en “cerca de media hora”, escapándose toda la masa sanguínea y dejando a las arterias vacías (como ejemplo, cita las observaciones verificadas en los animales

en los mataderos, o con ocasión de practicarse amputaciones, o en las arteriotomías realizadas en los animales de experimentación). Las venas se colapsan fácilmente y dejan fluir la sangre en poca cantidad, careciendo de la fuerza expulsiva. Las arterias, en cambio, propulsan la sangre con fuerza y rapidez. Así se explican los hallazgos post-mortem: las venas y el ventrículo derecho se encuentran repletos de sangre y el ventrículo izquierdo se halla vacío. Esto constituía un motivo de complejidad para los autores antiguos y los llevaba a la conclusión de que “los espíritus solo permanecían en la cavidad del ventrículo izquierdo mientras la vida persistía en el animal”. Apunta que la causa es probablemente la ausencia de paso de sangre de las venas hacia las arterias como no sea sino a través de los pulmones y del corazón. Pero cuando el animal ha expirado, los pulmones cesan en su movimiento, la sangre no puede pasar a través de las pequeñas ramas de la vena arteriosa hacia la arteria venosa y no puede por esa vía alcanzar al ventrículo izquierdo.

Las comunicaciones pulmonares

También lo hemos constatado en el embrión, en el cual la ausencia de movimientos pulmonares provoca la misma imposibilidad, ya que son estos los que provocan alternativamente la apertura y el cierre de las comunicaciones y de las porosidades ocultas e invisibles.

La supervivencia del corazón

Hay que observar que el movimiento cardíaco no cesa al mismo tiempo que el de los pulmones: el corazón persiste latiendo después de la detención del movimiento pulmonar y es así como el ventrículo izquierdo y las arterias continúan distribuyendo la sangre por todo el organismo, pero al no recibir más sangre proveniente de los pulmones terminan por vaciarse. Señala que cuando las arterias pulsan con mayor fuerza y frecuencia, más pronto se vacía el cuerpo de su sangre. Por el contrario, en los desmayos, bajo el efecto del temor y en otras condiciones similares, cuando el corazón late más débil ocurre que el flujo de sangre se detiene o se encuentra impedido.

Las anastomosis

Por último, de lo antedicho podemos concluir que no ha habido nadie hasta el presente, que se haya referido correctamente a las anastomosis (entre las venas y las arterias) sobre su asiento, su modalidad y su razón de ser. Heme aquí pues, en esta pesquisa.

Capítulo X: Una vez que ha sido formulada la primera hipótesis relativa a la cantidad de sangre que pasa desde las venas hacia las arterias y que la hipótesis sobre la circulación de la sangre, han sido la dos liberadas de sus objeciones, la experimentación las confirma

Señala nuevamente el autor, que la sangre fluye continuamente de las venas hacia las arterias en cantidades mayores a las necesarias para la nutrición. Recalca una vez más las diferencias entre la cantidad de sangre contenida en el corazón dilatado comparada con la del corazón contraído y en que la sección de una arteria se acompaña de la salida violenta de la sangre.

La modificación del retorno venoso y de la salida arterial

Pero apela a los hechos experimentales para modificar el retorno venoso y la salida arterial. Así señala: mediante la ligadura de las venas a poca distancia del corazón, se puede percibir que el espacio comprendido entre el corazón y la ligadura se vacía rápidamente. Uno se encuentra obligado a admitir el retorno de la sangre, a menos de negarse a aceptar lo que demuestra la visión directa.

El corazón de las serpientes posee una forma alargada, late muy lentamente y al hacerlo cambia de forma (se reduce y se alarga) y de color (empalidece y se enrojece) durante la sístole y la diástole.

La vena cava aborda al corazón por su parte inferior y la arteria sale por su parte superior. Si se coloca una pinza en la vena cava o se la colapsa entre el pulgar y el índice y se intercepta así en un cierto trayecto el recorrido de la

sangre, podrá percibirse que el segmento de la vena situado entre el obstáculo y el corazón se vacía, mientras que la sangre continúa siendo expulsada por el latido del corazón. Al mismo tiempo el corazón se decolora, empalidece, disminuye su tamaño por falta de sangre, se debilita la fuerza de su latido a tal punto que pareciera que está próximo a morir. Si por el contrario se deshace la ligadura de la vena, se le restablecen al corazón su color y sus dimensiones. Si después, dejando de lado la vena, se ligan las arterias o se las comprime a alguna distancia del corazón, se podrá ver, por el contrario, que la región interceptada se vuelve turgente y que el corazón se dilata exageradamente, adquiriendo un color púrpura que alcanza hasta la lividez negruzca, a tal punto ingurgitado de sangre que pareciera estar a punto de sofocarse. Pero una vez que la ligadura se suprime, el corazón retorna a su volumen habitual, a su color y reaparece la pulsación.

Así pues, hay dos clases de muerte: el agotamiento por defecto y la sofocación por exceso de sangre. Aquí tenéis vosotros bajo los propios ojos un ejemplo de esta doble eventualidad y una confirmación experimental de la verdad que con respecto al corazón se les ha informado.

Representa otro ejemplo de los atisbos geniales del gran investigador para incursionar con firmeza en terrenos inéditos, al provocar, en la terminología moderna, variaciones de la precarga (retorno venoso), de la poscarga (incremento de resistencia) así como de la contractilidad y de sus posibles interrelaciones, siendo este un campo de interés fundamental pero todavía pleno de controversias que ocupa a la fisiología cardiovascular contemporánea.

Capítulo XI: Confirmación de la segunda hipótesis

Sobre el efecto de las ligaduras

En este capítulo se consagra al estudio de los efectos de las ligaduras aplicadas a los miembros,

las cuales clasifica en ligaduras apretadas que suprimen distalmente a la ligadura las pulsaciones arteriales (son las utilizadas en casos de amputación) y laxas que permiten a los latidos arteriales pulsar débilmente (utilizada en casos de sangría). La sangre penetra en los miembros por las arterias y se devuelve por las venas y el pasaje se realiza por anastomosis o a través de las porosidades de los tejidos. La experiencia lograda con la aplicación de ligaduras, de la flebotomía y de sus efectos, está en concordancia con el movimiento circular de la sangre.

Capítulo XII: De la confirmación de la segunda hipótesis se desprende la existencia de la circulación sanguínea

Sobre los efectos del sangrado

La apertura de una arteria del cuerpo puede conducir a una depleción rápida de toda la masa sanguínea. Esto depende de la fuerza del pulso arterial y del flujo sanguíneo debido a la impulsión del corazón. La disminución de la cantidad de sangre ocurre en cerca de media hora y conducirá a la aparición de lipotimias y de síncope en relación con el vaciamiento de las arterias y grandes venas. Hace notar el efecto agregado del temor o de otras emociones, lo cual hace que los latidos del corazón se debiliten. Es el mecanismo por el cual las hemorragias tienden a detenerse. Por el contrario, cuando el temor se disipa y el sujeto se reanima, se observa que el latido arterial reaparece y la sangre es expulsada nuevamente a través del orificio.

Capítulo XIII: La confirmación de la tercera hipótesis demuestra la circulación de la sangre

Sobre el papel desempeñado por las válvulas venosas

Nos falta analizar, de qué manera la sangre de las extremidades fluye por la vía venosa hacia el corazón en forma centrípeta. Cita que el ilustre y famoso sabio Hieronymus ab Aquapendente fue el primero en describir en las venas que las válvulas membranosas son de

forma sigmoide o semilunar, que constituyen una parte sobresaliente y delgada de su túnica interna y están orientadas hacia las raíces de ellas. Son habitualmente dos, dirigidas hacia el centro del vaso con la capacidad para coaptarse e impedir cualquier reflujo de sangre desde las raíces hasta sus pequeñas ramificaciones. Cita la disposición de las válvulas en las venas yugulares y en las mesentéricas (orientadas hacia la aorta y la cava). La disposición anatómica del sistema valvular tiene como finalidad impedir el reflujo de la sangre de las grandes venas hacia las de menor calibre. Las arterias están desprovistas de ellas. Las válvulas venosas son delgadas y blandas, facilitan el movimiento centrípeto y se oponen al movimiento contrario.

Demostración mediante la disección venosa

Si se introduce una sonda a nivel del origen venoso, hay impedimento para alcanzar las pequeñas ramas, ya que resulta imposible penetrar profundamente debido al obstáculo valvular. Por el contrario, si se hace avanzar la sonda de la periferia hacia el centro, logra pasar con gran facilidad. Las válvulas producen un cierre hermético que impide todo movimiento hacia la periferia y garantiza el curso centrípeto. Las ligaduras en los brazos confirman este aserto: las válvulas se evidencian como nudosidades y si se provocan maniobras de compresión y de vaciamiento se puede establecer con seguridad el sentido del retorno venoso centrípeto y el cierre periférico hacia la periferia.

La función de las válvulas venosas es igual al de las válvulas sigmoides situadas en los orificios de la aorta y de la vena arteriosa: la de cerrar herméticamente el orificio respectivo, de manera de oponerse al reflujo de la sangre, pero permitiendo su libre paso en dirección anterógrada.

Capítulo XIV: Conclusión de la demostración de la circulación de la sangre

Basado en estos hechos y pruebas se impone el hecho de que la sangre se encuentra animada

en los animales de un movimiento circular y perpetuo. De aquí, dimana la acción y la función del corazón que cumple mediante su latido y, en definitiva, es la única razón del movimiento y de la contracción del corazón.

Capítulo XV: La circulación de la sangre está confirmada por razones plausibles

Sobre la frialdad, la cianosis y la muerte. La bomba periférica

El autor recuerda la opinión aristotélica (Aristóteles: De Respiración, libro 2,3; de las partes de los animales y en otros sitios) de que la muerte es la consecuencia de la falta de calor y que todo lo que vive está caliente y se enfría al morir. Debe existir un foco, de donde dimana el calor, y ese sitio es el corazón en donde se encuentra el principio de la vida.

La sangre debe de estar animada de un movimiento que sea capaz de hacerla retornar al corazón. La sangre que es derramada hacia el exterior, lejos de su fuente, se coagula e inmoviliza (según la opinión de Aristóteles, libro 2, de las partes de los animales). La sangre pierde el calor y sus espíritus cuando se separa de su fuente. También señala que con la exposición al frío exterior, las extremidades que se congelan, tales como: la nariz, las manos y las mejillas, adquieren una lividez cadavérica. El corazón sano puede restaurar la vida y el calor a las partes afectadas. Pero si el mismo corazón se encuentra afectado por una grave enfermedad, es el organismo entero el que sufre la corrupción de la muerte. Las alteraciones emocionales también pueden perturbar la nutrición de los órganos afectados. La distribución de la sangre depende del corazón y de los vasos para que la nutrición sea perfecta. Solo el corazón puede comunicarle a la sangre el impulso necesario. Además, la sangre es exprimida desde los capilares venosos hacia las pequeñas ramas y desde aquí pasa a las ramas más gruesas debido al movimiento de los miembros y de los músculos, dirigiéndose en forma centrípeta al no oponerse ningún obstáculo valvular.

Capítulo XVI: La prueba de la circulación se deduce de las consecuencias

Señala el autor que en ciertos procesos infecciosos la afectación del corazón provoca disnea y alteraciones respiratorias que se deben al estancamiento de sangre en el pulmón, como ha podido constatarlo en la necropsia. En estos casos las pulsaciones son frecuentes, débiles y a veces arrítmicas. Pero si por el contrario, el pulso se hace más lleno y fuerte, el calor corporal aumenta y se produce un paroxismo febril, el organismo entero se calienta y la situación puede controlarse. Explica la acción de algunos medicamentos aplicados exteriormente por vía cutánea debido a su penetración y que luego se mezclan con la sangre.

La circulación mesentérica

Señala la magnitud que puede establecerse entre la absorción por la piel mediante las venas cutáneas y las venas mesentéricas que absorben el quilo de los intestinos y lo transportan al hígado mezclado con la sangre. La penetración de la sangre arterial se hace por la vía de las arterias celíacas, mesentéricas, superior e inferior progresando hasta los intestinos. Desde aquí la sangre pasa junto con el quilo y retorna utilizando las innumerables ramificaciones de las venas hasta alcanzar la vena porta del hígado y a través de ella alcanza la vena cava. Ocurre que en este trayecto venoso la sangre adquiere el mismo color y la misma consistencia que posee toda ella, contrariamente a la opinión que es sostenida por numerosos autores. No podría haber dos movimientos contrarios en cada vénula: la del quilo que se dirige hacia arriba y la de la sangre hacia abajo, lo cual resultaría inadecuado y poco probable. No es, señala, una mezcla a partes iguales de quilo y de sangre, sino debido a que la sangre cursa en gran cantidad y se le agrega el quilo solo en pequeña proporción, el resultado es que al abrir las venas mesaraicas la sangre posee el color y la consistencia del resto de la sangre venosa. Sin embargo, la naturaleza ha interpuesto al hígado en su trayecto, donde ocurrirá una transformación más completa.

Respecto a la función desempeñada por el hígado, señala que esta es nula en el feto, lo cual se compagina con los estudios embriológicos que muestran el retraso en su formación.

Las secuencias embriológicas

Se pregunta el autor, ¿por qué hay órganos que hacen su aparición tempranamente durante la formación del feto y alcanzan precozmente su perfección y, por qué otros lo hacen de manera más tardía? ¿Cuáles —se interroga— serán las causas que determinan las prioridades? Estas preguntas también atañen al corazón, porque es el primero en constituirse (Aristóteles, *de partibus animalium*, Libro 3) y parece poseer vida, movimiento y sensibilidad antes de que el resto del cuerpo haya alcanzado su desarrollo. Lo mismo se aplica a la sangre, ¿por qué esta primicia es fundamental? De donde deriva su principio de vida y la fuerza originaria de las criaturas, su necesidad de movimiento, de desplazarse de un sitio a otro y qué papel ha desempeñado por esta causa en la formación del corazón. En el siguiente párrafo plantea la posición del investigador, que aun estando consciente de la contribución que ha realizado, reconoce la apertura de nuevos espacios del conocimiento imposibles de dominar dentro del radio de la existencia humana. Finalmente, “en todos los ámbitos de la medicina, la fisiología, la patología, la semiótica, la terapéutica, me debo plantear numerosas interrogantes que ameritan soluciones, que pueden resolverse con esta verdad luminosa que se les aporta, las dudas que pueden despejarse, las oscuridades que pueden aclararse; pero, por otro lado, se presenta un campo tan vasto donde podría incursionar y extenderme tanto que no se daría abasto ni un grueso volumen, lo cual por otra parte no es mi intención, pero además mi vida entera no bastaría para colmar este objetivo”.

Capítulo XVII: El movimiento y la circulación de la sangre se confirman por los hechos que se constatan en el corazón y por los datos que revelan las observaciones anatómicas

1. Inicia este capítulo con el aserto de que “No he constatado en todos los seres vivos que exista el corazón como parte distinta y autónoma”. Los zoofitos y los llamados animales-plantas no tienen corazón, es la totalidad del cuerpo quien se desempeña como un vasto corazón.
2. En los insectos no se discierne la estructura, pero con la ayuda de una lupa se precisa un punto pulsátil. En los animales exangües y fríos como en los crustáceos y otros, se encuentra un pequeño órgano pulsátil, siendo las pulsaciones raras e inconstantes. Harvey relaciona el comportamiento de este órgano con el transporte de los alimentos, con la frialdad propia de estos animales, adecuado a la naturaleza de un animal que parece tanto vivir como morir. Los seres animales que son de mayor tamaño y más calientes, son poseedores de sangre, la cual debe ser impulsada con más fuerza. Así, los peces, las serpientes, los caracoles, las ranas y otros, están provistos de una aurícula y un ventrículo. Aquí se aplica con justeza la gran verdad establecida por Aristóteles (*De partibus Animalium*, 3) de que “a todo animal que posee sangre no le falta el corazón”, lográndose una impulsión más fuerte y potente y que no se limite como la orejuela a producir un discreto movimiento de desplazamiento hacia arriba y hacia abajo, sino que sea capaz de impulsar la sangre a distancia y con rapidez.
3. Desarrollo biventricular y pulmonar, adecuación funcional de los ventrículos: es por eso que en los animales de mayor tamaño, más calientes y perfeccionados, provistos de una mayor cantidad de sangre la cual es —por ende— más caliente y cargada de espíritus, que deben poseer un corazón más robusto y musculoso que pueda lanzar los nutrientes con mayor fuerza y rapidez, ajustándose a la mayor magnitud y tipo de hábito corporal. Más aun, de que los seres más perfectos requieran de un alimento más elaborado y de un mayor calor natural, se hace necesario que estos seres posean pulmones y un ventrículo adicional encargado de impeler los nutrientes a través de los pulmones. Así

en todos los animales provistos de pulmones existe un corazón que posee dos ventrículos: el izquierdo y el derecho. Aquellos que tienen un ventrículo derecho tienen igualmente un ventrículo izquierdo, pero lo contrario no es verdad, ya que los que poseen un ventrículo izquierdo no tienen necesariamente que tener un ventrículo derecho. Yo aplico —dice el autor— la denominación de ventrículo izquierdo no por su sitio sino por la función que cumple, la cual es la de distribuir la sangre a todo el organismo y no solamente a los pulmones. El ventrículo izquierdo parece constituir íntegramente el corazón, tiene una posición mediana, protegido dentro de una fosa profunda, está construido con gran cuidado dando la impresión de que el ventrículo izquierdo representa el componente fundamental del corazón. El ventrículo derecho se presenta como el ayudante del izquierdo, no alcanza el ápex de su congénere, sus paredes son tres veces más delgadas, estando unido al ventrículo izquierdo —según la expresión de Aristóteles— por una especie de articulación. El ventrículo derecho muestra una capacidad mayor, pues debe suministrar sangre no solamente al ventrículo izquierdo sino también a los pulmones.

4. La diferenciación ventricular: Harvey señala que en el embrión no existen grandes diferencias entre los ventrículos, poseen un volumen casi igual y se parecen a las almendras de una sola nuez. El vértice del ventrículo derecho alcanza al del ventrículo izquierdo y el corazón ofrece el aspecto de un cono de doble punta. Esta conformación se debe a la ausencia de pulmones y por ende que la sangre no los tiene que atravesar. Para el paso de la sangre del ventrículo derecho hacia el ventrículo izquierdo, los dos ventrículos tienen una doble comunicación que son el foramen ovale y el conducto arterioso, los dos ventrículos desempeñan la misma función, debiendo conducir la sangre desde la vena cava hasta la aorta, debiendo enviarla a todo el organismo y de aquí se desprende que posean una misma estructura. Pero cuando acontece

- que los pulmones empiezan a funcionar, y las comunicaciones se cierran, aparecen las diferencias entre los ventrículos tanto en su fuerza como en otros atributos, a causa de que el derecho se limita solamente a expulsar la sangre hacia los pulmones y el izquierdo se encarga del envío de la sangre hacia todo el organismo. Así el ventrículo izquierdo está provisto de una pared con un espesor tres veces mayor que el derecho.
5. Las columnas carnosas, músculos papilares y cuerdas tendinosas. Discute el autor, el papel de las columnas carnosas y de sus conexiones fibrosas, a los cuales Aristóteles (Libro “*de Respiratione y de partibus Animalium*”), denomina “nervios”, que son en realidad pequeños músculos que contribuyen a realizar una contracción más eficaz, en todos los sentidos, ayudando a una expulsión más completa y enérgica de la sangre. Señala las variaciones que existen en las diferentes especies de animales y en una misma especie, según el hábito corporal y en relación con el sexo.
 6. Las válvulas: las válvulas (“*The portals*”) tienen como función impedir el reflujo de sangre mediante su cierre hermético.
 7. La adecuación de las aurículas y ventrículos. En las especies animales en donde el corazón posee un solo ventrículo tiene una sola aurícula acoplada. Cuando existen dos ventrículos hay dos aurículas. Por el contrario, en ciertos animales, no existe sino una aurícula sin ventrículo o una vejiga que se les parece o, aun, una vena dilatada que se encuentra animada de latidos. Las aurículas son, por consiguiente, capaces de contraerse y de proyectar la sangre hacia los ventrículos, comportándose no como reservorios de sangre sino como los primeros motores de la sangre, en particular de la derecha —como se dijo previamente— que es la primera en vivir y la última en morir, y porque brinda la función de llenar de sangre al ventrículo. El ventrículo, a su vez, contrayéndose inmediatamente, expulsa la sangre con más violencia al recibirla en movimiento (como cuando se golpea una pelota al vuelo que se proyecta con más fuerza y más lejos, que cuando se lanza con la propia mano). Además existe una adecuación entre el espesor del corazón y el desarrollo de las aurículas, siendo las aurículas más delgadas o más espesas según las diferentes especies.
 8. La evolución embriológica. Señala igualmente las variaciones de espesor auricular encontradas en el ser humano, así como las diferencias evolutivas que ocurren en su estructura durante el curso del desarrollo embriológico. Así concluye, la naturaleza la cual es perfecta y divina, no hace nada en vano, “no da un corazón a quien no lo necesita y no sin antes haber asignado a este órgano una función”. Por último, Hipócrates en su libro *De Corde*, —no sin razón— “ha considerado al corazón como un músculo”, siendo que su acción y su función son las mismas: la de contraerse y comunicarle a su contenido, que es la sangre, el movimiento correspondiente.
 9. Sobre la estructura y la función del corazón. De la estructura de sus fibras y de su disposición, se deriva, como ocurre con los otros músculos, la acción y el papel del corazón. Desde Galeno, los anatomistas habían señalado que el cuerpo del corazón estaba formado por fibras de diferentes direcciones, es decir, longitudinales, transversas y oblicuas. Pero en los corazones preparados por la cocción, esta disposición se presenta con un aspecto diferente. Todas “las fibras parietales y septales son circulares”, constituyendo un verdadero esfínter. Las de las columnas se extienden en longitud y se curvan. Cuando se produce una contracción esta reviste un carácter generalizado y simultáneo, el ápex y la base se aproximan atraídos por las columnas, las paredes se aproximan entre sí y los ventrículos se endurecen con firmeza. Siendo que la acción esencial es la contracción, es necesario inferir que la función consiste en la expulsión de la sangre en las arterias.
 10. La preeminencia del corazón. Se debe en consecuencia, concordar con la opinión de Aristóteles sobre la preeminencia del

corazón y de que no recibe su movimiento y su sensibilidad del cerebro, ni deriva su sangre del hígado, pero que es el origen de las venas y de la sangre, etc. Aquellos que se esfuerzan en refutarlo, omiten el argumento fundamental de que el corazón es el primer órgano en aparecer y que posee la sangre, la vida, la sensibilidad y el movimiento antes de que estén formados el cerebro o el hígado o antes de que estos órganos estén plenamente diferenciados y por ende, pueden desempeñar alguna función. El corazón constituye así, una especie de animal interior, existiendo por más tiempo por haber sido formado por la naturaleza —en primer término—, tendría a su cargo el desarrollo posterior del organismo, encargándose él mismo de su nutrición, conservación, desarrollo y perfección mediante su propio trabajo y habilitándose su sitio de alojamiento. Así el corazón viene a ser una especie de “príncipe de la república” en posesión del poder supremo que tiene todo gobernante de cuyo origen y fuente deriva y depende toda la potencia del animal.

11. Sobre las arterias: Adecuación de estructura y función. Respecto a las arterias señala que la arteria venosa (las venas pulmonares) carece de pulsatilidad y la vena arteria (arteria pulmonar) si es pulsátil, lo cual se debe a que el pulso arterial depende de la impulsión de la sangre. Igualmente las tunicas arteriales difieren de las venosas en cuanto a su espesor y resistencia, a causa de que deben soportar el impulso y la irrupción de la sangre. Además, hay un cambio en la estructura de las arterias: las más cercanas al corazón son más robustas y de consistencia ligamentosa, pero en la medida en que se aproximan a las ramificaciones (capilares, arteriales) y son más finas, cambia la constitución, siendo difícil diferenciarlas de las venas, no solo por su estructura sino por su función. El pulso deja de ser perceptible, a menos en situaciones especiales, cuando el corazón late con más fuerza, o exista dilatación arterial. Pone como ejemplo el pulso digital que se percibe en los niños febricitantes. En otras ocasiones, cuando el corazón late

débilmente, el pulso deja de ser percibido, ya sea en la muñeca o en las sienas, como ocurre en el desmayo, manifestaciones histéricas, afecciones debilitantes o en los moribundos.

Es por eso que la vena arteriosa (arteria pulmonar) posee la misma estructura e idénticas tunicas parietales que las demás arterias, pero su espesor la hace menos diferente de las venas que de la aorta. La razón de ello es que la aorta está sometida a la impulsión de la sangre expulsada por el ventrículo izquierdo, que es mayor que la que recibe la vena arteriosa (arteria pulmonar) por el ventrículo derecho. Así, la constitución de las tunicas de la pulmonar es más blanda que la de la aorta y así de igual manera, las paredes del ventrículo derecho son más débiles que las del izquierdo. De igual modo, la contextura y la blandura de los pulmones difiere de la consistencia de los otros órganos corporales y de los músculos, así de igual manera las tunicas de la arteria pulmonar se distinguen de las de la aorta.

Por la misma razón, los hombres de hábito corporal musculoso poseen un corazón más fuerte y de mayor espesor, más rico en fibras y con mayor desarrollo de las aurículas y las arterias también responderán adecuadamente, en cuanto a espesor y fortaleza se refiere.

Adecuación filogenética. Los animales, cuyos ventrículos tienen una superficie interna lisa, sin anfractuosidades ni válvulas y con paredes más delgadas tal como se observan en los peces, las aves, las serpientes y en otras variedades de animales, en los cuales las arterias difieren de las venas, en poco o nada, en cuanto a espesor se refiere.

12. La circulación pulmonar: además, los pulmones están dotados de vasos, siendo las arterias y las venas de tal magnitud que el tronco de la arteria venosa excede del calibre de las ramas crurales y yugulares, lo cual se demuestra por la experiencia y es evidente a la disección que se encuentra pletórica de sangre. El corazón y los pulmones son la fuente, el receptáculo, el almacén y el sitio

de su perfeccionamiento.

De igual manera, podemos evidenciar en la disección anatómica que tanto el ventrículo izquierdo como la arteria venosa se encuentran repletos de tal cantidad de sangre del mismo color y consistencia que la que llena al ventrículo derecho y a la vena arteriosa, donde presenta un aspecto negruzco y grumoso, lo cual guarda relación con el pasaje continuo de la sangre a través de los pulmones.

Finalmente, la vena comúnmente designada como arteriosa (arteria pulmonar) posee la estructura de una arteria, y la arteria venosa (venas pulmonares) la de una vena; pues en verdad, tanto por su función, constitución y demás caracteres, la primera es una arteria y la segunda es una vena, contrariamente a la opinión corrientemente sostenida. Además, la vena arteriosa posee un orificio bastante amplio, el cual corresponde con el mayor caudal de sangre que se encuentra muy por encima del requerido para la nutrición pulmonar.

13. Sobre la metodología utilizada. En el último párrafo el autor dice textualmente: “Todos estos fenómenos y otros muchos más son evidenciables mediante la disección y si son correctamente sopesados, iluminarán con luz brillante la verdad que yo he promulgado y en verdad le darán la confirmación plena a pesar de ser contrarios a la opinión sostenida comúnmente. Se puede observar que es muy difícil para cualquiera alcanzar la demostración mediante una vía diferente a la que hemos utilizado para establecer la causa de los hechos aquí mencionados”.

La segunda obra: El tratado de embriología

El tratado fue denominado por Harvey *Excercitationes De Generatione Animalium* y fue publicado en Londres en 1651⁽¹³⁾, cuando Harvey contaba 73 años. La obra consta de cinco partes: 1) El prefacio, en donde expone los preceptos que deben guiar a los nuevos impulsores de la ciencia en el siglo XVII, dedicados a la búsqueda del conocimiento de los fenómenos naturales.

Señala que aunque la medicina tiene una deuda contraída con los autores de la antigüedad clásica, el conocimiento derivado de ellos es limitado e imperfecto. El dictum que nos entrega reza: “la naturaleza misma debe ser nuestra consejera”. 2) La generación de los animales ovíparos (formación y desarrollo del huevo de gallina). Describe el lugar de la generación del huevo, su estructura y desarrollo en el ovario de la gallina y la generación del pollo en el interior del huevo. 3) La generación de los vivíparos (ciervos y gansos). Todos los animales, señala Harvey, proceden de un huevo, no solo los ovíparos sino también los vivíparos. 4) Consideraciones sobre el cálido innato y el húmedo primigenio y 5) Un apéndice relativo al parto, a las envolturas del embrión y a la placenta.

En esta obra Harvey plantea una concepción embriológica más elaborada que la que había sido propuesta por su maestro Fabricio De Acquapendente. El libro de Fabricio *De formatione ovi et pulli*, fue publicado en Padua en 1621, dos años después de la muerte del autor.

Aun cuando este tratado de embriología fue una obra muy meritoria de Harvey, su trascendencia debía permanecer opacada por el impacto científico provocado por el *De Motu Cordis*.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) KEYNES GL. The life of William Harvey. Oxford: Oxford Univ. Press ; 1996.
- (2) HARVEY W. Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus. Facsimile of the 1 628 Francofurti Edition and the Keynes English Translation of 1928. The classics of Cardiology Library, Birmingham, 1985.
- (3) HARVEY W. Exercitationes de Generationes Animalium Quibus Accedunt Quaedam de Partu, de Membranis ac Humoribus Uteri et de Conceptione. London, O.Pulley; 1651.
- (4) HARVEY W. Exercitatio Anatomica de Circulatione Sanguinis, ad Joannem Riolanum Filium Parisiensem. Londini. 1649.
- (5) WHITTERIDGE G. William Harvey. The Anatomical Lectures. Edited by G.W. London. Livingstone; 1964.

- (6) OSLER W. The Growth of Truth as Illustrated in the Discovery of the Circulation of the Blood, Harveian Oration, 1906. London: Henry Frowde; 1906.
- (7) LAIN ENTRALGO P. Grandes Médicos. Barcelona, Madrid: Salvat Ed. S.A.; 1961.
- (8) HAMBURGER J. El Diario de William Harvey. Ed. en Español México: Fondo de Cultura Económica, S.A.; 1985.
- (9) AUBREY J. Brief Lives.
- (10) ZERMAN FD. The Old Age of William Harvey. Arch Int Med. (111) 1963.p.829.
- (11) LAUBRY Ch: Guillaume Harvey. Etude Anatomique Du Mouvement Du Coeur Et Du Sang Chez Les Animaux. París: G. Doin Cie, 1950.
- (12) IZQUIERDO, J.J.: Claude Bernard. Introducción al Estudio de la Medicina Experimental. Historia Crítica de su Vida y su Trabajo. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Imprenta Nuevo Mundo, S.A., 1960.

SIGLO XVII EL DESCUBRIMIENTO DE LA CIRCULACIÓN CAPILAR

MARCELO MALPIGHI (1628-1694)

- El descubrimiento de la circulación capilar: encuentra el eslabón que faltaba para cerrar el movimiento circular.
- Nace una nueva rama de la biología: la histología.

William Harvey había demostrado clínica y experimentalmente la realidad de la circulación de la sangre. Había logrado establecer la concepción de los circuitos mayor y menor, asumiendo la hipótesis de las comunicaciones arterio-venosas, invisibles a simple vista. El descubrimiento de la circulación capilar se debe a la obra del ilustre anatomista italiano

Marcelo Malpighi, hombre polifacético, el cual es considerado, además, como uno de los fundadores de la embriología, de la fisiología y de la histología. Este paso fundamental fue posible darlo mediante el uso de una novedad tecnológica que había surgido en esa época. Se trataba de un nuevo instrumento: el microscopio, destinado a aumentar la capacidad de penetración del ojo humano, hasta la intimidad tisular. Así, sería posible en el futuro escudriñar el recóndito universo de lo infinitamente pequeño.

Marcelo (Marcello) Malpighi, nació en Crevalcuore, a poca distancia de Bolonia. Ingresó a la Universidad de esa ciudad a los 17 años de edad en 1645, como estudiante de fisiología. Pierde en esa época a sus parientes y debe afrontar las consecuentes responsabilidades económicas. Una querrela motivada por problemas limítrofes de tierra con miembros de la familia Sbaraglia quienes eran sus vecinos, le iba a granjear la hostilidad de ellos, lo cual se convertiría en una fuente permanente de ataques personales e incluso de obstáculos en su carrera profesional.

Malpighi inicia los estudios de medicina para el año 1651. El distinguido anatomista Bartolomeo Masari fue uno de sus profesores y llegaría a ser posteriormente su cuñado y también su protector. Ingresó a formar parte de un pequeño grupo que se autodenominó *Corus anatomicus* cuya finalidad era divulgar y discutir la Doctrina Harveyana de la circulación de la sangre, realizar trabajos de investigación mediante la disección de cadáveres y dedicarse a la experimentación animal. En esta atmósfera de trabajo y de estímulo intelectual, el joven Malpighi logró ensanchar su visión científica y desarrollar las bases sobre las cuales apoyaría sus notables descubrimientos. Prefirió adherirse a las doctrinas hipocráticas y separarse de las enseñanzas de Galeno, así como de la influencia de ciertos autores árabes que se encontraban en boga, atraído por la visión integral de la medicina hipocrática y por la experiencia clínica que dimanaba el gran maestro de Cos. Alcanzó un nivel de excelencia en sus estudios académicos, graduándose para el año 1653, cuando contaba 25 años de edad, en medicina y filosofía.

Primer período

Permanece inicialmente en Bolonia. En 1654 contrae matrimonio con Francesca, la hermana de su profesor y amigo Masari. Se dedica a la práctica profesional y tres años después es designado “Catedrático de Medicina” de la Universidad de Bolonia. Su reputación como profesor se extiende rápidamente y alcanza hasta las regiones del norte del país. Es entonces cuando Fernando II, Gran Duque de Toscana, quien continuaba con la tradición de los “Medicis”, duques de Florencia, la cual se dedicaba a captar los talentos más sobresalientes, en el campo de las ciencias y de las humanidades, le va a ofrecer al joven Malpighi una “Cátedra de Medicina Teórica” en la Universidad de Pisa. Esta posición equivale en nuestra época actual a la de Profesor de la Cátedra de Fisiología. Es bueno recordar que en esta región de Italia se encuentra ubicada una famosa trilogía de ciudades, Florencia, Pisa y Siena, las cuales constituían los centros de la vanguardia cultural y artística para esa época y la región de donde surgiría el idioma oficial italiano. Malpighi aceptó la posición académica que se le ofrecía y se trasladó a la Universidad de Pisa.

Segundo período

Permanece tres años desplegando una intensa actividad intelectual que se volcaría en el ámbito de la investigación en el campo de las ciencias naturales. Durante este período es cuando traba amistad con Giovanni Borelli (1608-1769). Borelli, quien era discípulo de Galileo, se convertiría en maestro de Malpighi y se desempeñaba a la sazón en el cargo de profesor de matemáticas en Pisa. La relación entre estos dos grandes hombres iba a mostrarse extraordinariamente fructífera: Borelli en su obra póstuma *De motu animalium* establece la necesidad de la aplicación de los principios matemáticos para una mejor interpretación de la fisiología y de la mecánica muscular. Se pondrá así de relieve la influencia recíproca que se estableció entre estos dos grandes talentos.

Después de su estancia en Pisa, retornó a

Bolonia y de aquí pasó a servir en la Universidad de Messina en Sicilia, durante un lapso de cuatro años. Vuelve a Bolonia en donde fue ratificado en la Cátedra de Medicina y en donde desplegará la parte final de su vasta y profunda actividad creadora. En 1669 recibió el nombramiento de miembro de la Sociedad Real de Londres.

Tercer período

El descubrimiento de la circulación capilar. Los antecesores de Malpighi en el estudio de la circulación Ibn-an-Na-fis, Servetus, Cesalpino y Harvey (con quien está separado cronológicamente por solo 30 años) habían previsto la existencia de vías de comunicación entre las arterias y las venas. Pero carecían en esa época de los métodos de amplificación necesarios para demostrarlo. El investigador holandés Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) había logrado acoplar un sistema de lentes e integrarlos en un instrumento, el cual le había permitido observar las bacterias, las estriaciones del músculo estriado y los corpúsculos óseos. Había comunicado estos hallazgos a la “Sociedad Real de Londres”. Pero corresponde a Malpighi el inmenso mérito de aplicar el nuevo instrumento, en una forma metódica, al campo de la investigación histológica. Malpighi pasó así a integrar una trilogía cumbre, integrada por Vesalio el fundador de la anatomía macroscópica, por Harvey, el fisiólogo de la circulación de la sangre, y el propio Malpighi considerado con justicia como el fundador de la histología y como el descubridor de la circulación capilar. A propósito del territorio capilar, establece en sus estudios la integración que existe entre morfología y función.

Dos cartas famosas a Borelli. Era frecuente en ese tiempo la utilización del género epistolar para comunicarse las novedades relacionadas con los hallazgos científicos. En 1661, escribe dos cartas a Borelli. En la primera⁽¹⁾, se refiere a la estructura del aparato respiratorio, partiendo del estudio de la tráquea y de sus ramificaciones, las cuales constituyen el árbol bronquial, hasta llegar a los alvéolos pulmonares, describiendo

el carácter vesicular del pulmón y estableciendo las bases anatómicas modernas del proceso de la respiración. Malpighi se adhiere al concepto Harveyano de que el pulmón no debe ser una estructura amorfa y plantea que debe existir una razón fisiológica para que posea una entrada y una salida de sangre de tanta magnitud. En la segunda carta, Malpighi establece la demostración histológica de las anastomosis capilares entre las arterias y las venas, suministrando la evidencia crucial que faltaba en la obra monumental de Harvey (*Rete mirabile* de Malpighi), y suministrar la primera descripción de los alvéolos pulmonares (o vesículas de Malpighi). Sigamos la propia descripción del autor (Foster): “Mientras que el corazón se encuentra todavía latiendo se observan en los vasos dos movimientos en dirección contraria, quedando al descubierto la circulación de la sangre; y en verdad lo mismo no puede reconocerse aún más fácilmente en el mesenterio y en otras grandes venas contenidas en el abdomen”. Con la ayuda de la magnificación se sigue el curso sanguíneo el cual no se esparce en lagunas, sino que es posible visualizar el contenido en una red de finos vasos del calibre de “cabellos-delgados-capilares” Malpighi descubre no solo capilares sino pequeños “globos rojos” de dimensiones estándar, a los cuales interpretó como corpúsculos de grasa, pero en realidad estaba señalando a los eritrocitos. Describe el cambio del color rojo que experimenta la sangre al atravesar los tejidos y describe en realidad que existe una continuidad arteriovenosa. Malpighi condujo sus experimentos en animales de sangre fría tales como: el erizo y la rana. En 1665 publica en el tratado *De omento pinguedine, et adiposis ductibus* sus observaciones sobre los glóbulos rojos. Debemos a Antonj van Leeuwenhock, la descripción magistral y acuciosa de los glóbulos rojos la cual fue publicada en las *Philosophical Transactions* de la Sociedad Real. Malpighi, fue el primero en adentrarse en el nuevo mundo de lo microscópico, el cual parecía a primera vista imposible de desenredar. Hay que recordar que no disponía de las coloraciones específicas, que en épocas posteriores facilitarían el distingo

estructural, su contribución al campo de la fisiología cardiovascular ha sido equiparada, por algunos estudiosos y entusiastas de su obra científica, a la de Harvey.

Sobre la estructura de las parenquimas viscerales. Un epónimo es a veces el medio más adecuado de recordar la contribución hecha por un gran científico. Malpighi es recordado por la designación dada a su descripción de los folículos o corpúsculos de Malpighi que integran la estructura de la pulpa blanca del bazo, y los cuales son considerados en la actualidad como nódulos linfáticos esplénicos.

Otro epónimo que contribuye a recordarlo, es el *Stratum Malpighi* capa Malpighiana o *Rete mucosum* de la piel, lugar en donde se acumula el pigmento que determina las características cutáneas raciales. Considera que las papilas linguales y las dérmicas están adecuadas a una función similar, es decir, que poseen carácter sensorial. Los filamentos neurales de la lengua los considera como órganos terminales del gusto. Estudia la estructura y realiza la descripción de los lóbulos hepáticos, exponiendo la tesis de que la secreción biliar es el producto del hígado y no de la vesícula biliar. En 1666, Malpighi publica en Bonn su obra monumental⁽³⁾ sobre la estructura de las vísceras denominado: *De viscerum structura, exercitatio anatomica*, en donde expone su concepción sobre la estructura y la función del bazo, del hígado y del riñón. Malpighi postuló la función del riñón adulto basándose en sus observaciones sobre el desarrollo embriológico renal. Describe las denominadas “pirámides” de Malpighi, compuestos por los tubulos rectos de Bellini). Los glomérulos y los tubos contorneados se concentran en la zona cortical del riñón y los tubos rectos se ubican en la región medular. Malpighi observa el entremezclarse de los capilares en los glomérulos, pero no alcanza a definir su perfil, señalando que esa dificultad es “debido a su pequeñez y su transparencia”⁽⁴⁾. La descripción acabada del glomérulo debía esperar la comunicación que dirigió en su oportunidad *Bowman* a la Sociedad Real en 1842.

Otra de las contribuciones hechas por Malpighi

es la descripción del cuadro integrado por adenomegalias generalizadas y agrandamiento esplénico el cual quedaría definido y delineado por dos siglos después (en 1832) y será recordado en medicina con el epónimo correspondiente, a ese autor.

Su contribución en el campo de las ciencias naturales. Malpighi fue un talento de vastos y múltiples alcances. Investigó sobre el gusano de seda y su cultivo, describiendo su morfología exterior y su anatomía interna, así como detalló el órgano hilandero de la seda. Durante su estancia en Pisa, estudió la anatomía de los peces y en Messina condujo investigaciones sobre la válvula en espiral de los tiburones, sobre el nervio óptico del pez espada y describió las conexiones de las fibras nerviosas con las células corticales cerebrales.

Malpighi encontró como más fructífero dedicarse en primer término al estudio de las formas biológicas más simples, tales como las de los insectos, luego se dedicó a la histología de las plantas, para después pasar a las formas superiores de organización animal.

A partir del año 1671, Malpighi es elegido miembro de la “Sociedad Real de Londres” y publica un tratado titulado *Idea anatomes plantarum* y otros trabajos subsiguientes, los cuales lo acreditan como uno de los fundadores de la histología vegetal.

Malpighi, quien fuese discípulo del fisiólogo y matemático Borelli y del anatomista Masari, se convertiría a su vez en el maestro de Valsalva y de Pacchioni, y continuaría la línea de la nueva escuela anatómica italiana, en donde emergerán las figuras, entre otras, de Morgagni, Scarpa y Panizza.

La vida de este virtuoso pionero del microscopio, no estuvo exenta de luchas enconadas que tuvo que sostener contra el dogmatismo imperante, el cual deseaba mantener la adherencia indiscutible a las tesis galénica y consideraba como fútiles las investigaciones conducidas por Malpighi. Es conocido el episodio del violento ataque perpetrado en su contra, el cual provocó daños a su persona, destruyó sus instrumentos y

llegó incluso hasta quemar sus trabajos.

Sus últimos años fueron menos angustiosos. Cuando contaba 63 años fue invitado por su amigo el Papa Inocente XII para que se estableciera en Roma y se desempeñara como su médico personal. Pero ya para esa época decrece su actividad científica y la tranquilidad debía durarle poco, ya que fallece de apoplejía en el Palacio Quirinal en 1694.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MALPIGHI M. De Pulmonibus Epistolae II ad Borelium. Bologna. 1661.
- (2) FORSTER M. Lectures on the History of Physiology. London & New York. Cambridge Univ. Press, The Macmillan Co. 1901.
- (3) MALPIGHIM. Exercitationes de Structura Viscerum, Nominatim Hepatis, Cerebri, Corticis, Venum, Lienis cum Dissertatione de Polypo Cordis. London. 1659.
- (4) MALPIGHI M. Exercitatio Anatomica de Structura et usu Renum. 1662.

LA ESFIGMOMANOMETRÍA

STEPHEN HALES
(1677-1761)

- El padre de la esfigmomanometría.
- Introducción de la mensuración cuantitativa al campo de la biología.
- La primera medición de la presión sanguínea sistémica.
- Determinación del volumen ventricular, del gasto cardíaco y de las variaciones de la resistencia periférica. Estudio de los fluidos en animales y plantas.
- Haemastaticks: obra pionera en el campo de la hemodinamia.
- Fundador de la gasometría cuantitativa.
- La influencia newtoneana: la aplicación de las matemáticas a la medicina.

Harvey había fallecido en el año 1657, después de aportar la prueba experimental de la circulación sanguínea, concepción medular dentro del campo de la fisiología científica y de haber contribuido con el método fundamental para su estudio, el experimental. Veinte años después nacía, también en Inglaterra, el Reverendo Doctor Stephen Hales, el clérigo científico a quien se le debe, sin que hubiese recibido una formación médica, una notable contribución en el campo de los estudios hemodinámicos y gasométricos.

Hales nació en la población de Bekesbourne en Kent, Inglaterra, el 17 de septiembre del año 1677. Era el último de seis hermanos, y quien debía llevar una vida plena, tanto en el ámbito científico como en el religioso, hasta su muerte acaecida en el año 1761, cuando contaba 83 años. Hales recibió su educación básica en las escuelas de Kensington y de Orpington. Ingresó cuando contaba 19 años de edad, en el Colegio del *Corpus Christi* de la Universidad de Cambridge (previamente denominado Colegio de Bene). Recibe su diploma de “Bachiller en Artes” en 1699. Su vocación se dirigía hacia el sacerdocio, dentro de la Iglesia Anglicana, su programa de estudio abarcaba, además de la teología y de la filosofía, los clásicos, las matemáticas y las ciencias. En 1703 alcanza el grado de “Maestría en Artes”, es ordenado párroco de la Parroquia de Budgen e ingresa al cuerpo docente del *Corpus Christi*, donde iba a permanecer otros cinco años siendo ordenado en 1711.

Ciencia y religión. La influencia de Newton

En el período durante el cual Hales, estudiaba para Bachiller en Artes, Isaac Newton (1642-1727) era profesor de matemáticas en el *Trinity College* (Colegio de La Trinidad), desde el año 1667, cátedra que desempeñó durante 34 años, como profesor Lucasiano, en el campo de las matemáticas. En el año 1699, el cual coincide con el grado de Hales de Bachiller en Artes, es cuando Newton es trasladado a Londres a la casa de la moneda (Maestría de Mint) junto con John Locke y John Somers con la finalidad de darle a Inglaterra una mayor estabilidad

monetaria. La atmósfera que prevalecía en Cambridge era de gran entusiasmo por la ciencia. La gran contribución newtoneana en el siglo XVIII había sido la noción de que el universo era un sistema ordenado y equilibrado, siendo la fuerza gravitacional un factor primordial de ese equilibrio. Inglaterra, con Newton, había provocado una verdadera revolución en el campo de la ciencia y Cambridge se inclinaba por ensanchar la dimensión científica de su enseñanza a expensas del estudio de los clásicos y de la teología. Durante la actividad desplegada en Cambridge por Newton durante treinta y cuatro años, había sentado las bases del método científico desarrollando los dos grandes polos de su actividad creadora, que fueron el cálculo y la gravitación, con su aserto *Non fingo hypoteses*, “yo no invento hipótesis”, Newton quería establecer que no ofrecía teorías sobre bases que no estuvieran apoyadas en la observación rigurosa de los fenómenos.

Newton presentó a la *Royal Society* en 1685 sus puntos de vista sobre el movimiento y la gravitación en un tratado que denominó *Propositiones de Motu* y en 1686 presentó a esa Sociedad, el libro I *De Motu Corporum* del *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, el cual fue completado para el año 1687. Después de veinte años de preparación, Newton había lanzado el libro científico de mayor relevancia del siglo XVII.

La Universidad de Cambridge

La fundación de este centro de estudios superiores y una de las grandes instituciones docentes de Europa se remonta al siglo XII, la cual se debió a algunas órdenes religiosas, franciscanas y dominicos. En el siglo XIII estaba ya constituido el núcleo inicial, cerca del año 1209. El primer colegio establecido fue el de *Peterhouse*, por Hugh de Balsham, Obispo de Ely. En 1318 el Papa Juan XII le concedió el status como de *Studium Generale* o sitio de estudio, lo cual quiere decir el status de una universidad. Entre los siglos XIV al XIX se fueron fundando progresivamente los diferentes colegios de

Cambridge y otras instituciones colegiadas. La Universidad de Cambridge se constituiría en un bastión de la reforma protestante durante el siglo XVI. La Capilla del Colegio Real (*King's College Chapel*), una edificación del siglo XV, es de una gran belleza y uno de los ejemplos más finos de la arquitectura gótica en Europa. Desde 1513 hasta 1514 el sabio erudito Desiderius Erasmus, se desempeñó como profesor de griego y de religión. Pero sería después determinante el énfasis que pone Cambridge en el estudio de las matemáticas y de las ciencias naturales, a partir del aporte de los científicos, encabezados por Sir Isaac Newton. Un clérigo inglés John Harvard, recibió su grado en Cambridge y de él derivó el nombre de Harvard College y posteriormente el de la Universidad de Harvard. También se graduaron en Cambridge, el político y estadista Olivero Cronwell, quien encabezó la Revolución Inglesa (1640-1660), el poeta John Milton y el científico Charles Robert Darwin a quien le debe las ciencias biológicas la teoría de la evolución y de la selección natural. Es dentro de esta pléyade de insignes pensadores que han emergido de este reputado centro de estudios superiores que hay que inscribir al Reverendo Stephen Hales.

Hales debería ser uno de los primeros investigadores, discípulo de Newton en aplicar criterios cuantitativos al campo de la fisiología animal y vegetal. Efectivamente, después de haber sido incorporado como Miembro del Colegio empezó a desarrollar su inclinación por las ciencias naturales. Esa inquietud la compartió con un estudiante de pregrado de nombre William Stukeley. En 1708 fue publicado el importante libro sobre anatomía y fisiología de John Keill que es razonable considerar que ejercería una influencia estimuladora sobre Hales para investigar la fisiología cardiovascular. En unión de su compañero, se dedica al estudio anatómico practicando disecciones y recolectando plantas. Sus áreas de interés las constituyen la química (campo en donde amplía sus conocimientos asistiendo a conferencias y repitiendo los experimentos de Boyle) la física y la astronomía habiendo asimilado los principios newtoneanos,

en matemáticas y en óptica. El conocimiento del macrocosmos debido a Newton incitaba a Hales a los estudios del microcosmos, y al descubrimiento de las funciones cumplidas en los animales y en las plantas. En 1709, Hales abandona a Cambridge para establecerse en Teddington en Middlesex, pequeña población ubicada a pocas millas, en las afueras de Londres. Recibe el nombramiento de “Curador (o conservador) a Perpetuidad”, cargo que ejercerá hasta su muerte acaecida en 1761. Había recibido el grado de *Doctor of Divinity*, expedido por Oxford, cuando contaba 56 años. Durante su estancia en Teddington, realizó muchos de sus trabajos experimentales y dirigió su búsqueda en el sentido de lograr una aproximación cuantitativa y exacta en el dominio de la biología, que tenía su inspiración en la contribución newtoneana en el campo de las ciencias físicas^(1,2).

Obras

Vegetable Statics (1727). Estática de los vegetales. Los estudios de Hales en el campo de la botánica tenían como finalidad establecer las fuerzas determinantes del movimiento de la savia en las plantas y en los árboles. Los resultados de los estudios en el campo de la química y de la fisiología vegetal fueron objeto de una comunicación preliminar a la Sociedad Real de Londres (*Royal Society of London*) en 1719 de la cual había entrado a ser miembro a partir del año 1718, bajo la presidencia del propio Newton. Años después, en 1727, publicaría la versión completa de su primer libro: *Vegetable Statics*. Sus estudios experimentales permitieron estimar la fuerza propulsiva de la savia en el tallo y realizar el estudio cuantitativo de la absorción acuosa por las raíces y de la transpiración foliar, y aun cuando los gases atmosféricos no habían sido identificados planteó la hipótesis de que una sustancia presente en el área era suministrada a la planta a través de las hojas. También aportó precisión sobre el crecimiento de los tallos.

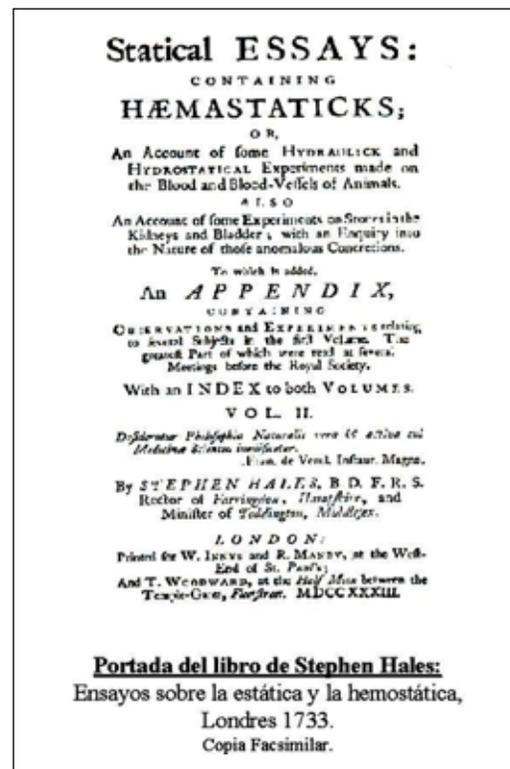
Statical Essays (1733) obra que contiene el *Haemastatics*. “Ensayos sobre la estática”. “La estática de la sangre”⁽³⁾.

Hales se dedicó durante un largo período de su vida, estimado en cerca de veinte años, al estudio de la dinámica de la circulación de la sangre, a la vez realizando mediciones y efectuando cálculos. Su primera contribución fue el descubrimiento del fenómeno fisiológico de la presión arterial. Hales puede ser con justicia considerado como el padre de la esfigmomanometría. Sus experimentos sobre la circulación los empezó en Cambridge y luego los prosiguió en Teddington.

Contenido

La Dedicatoria. Como era la costumbre de la época: “Al Rey su muy Excelencia (Graciosa) Majestad”.

El Prefacio. Espacio en donde el autor plantea su visión general como científico, la validez del método experimental y el imperativo de proceder a la cuantificación. Señala que el uso de experimentos debe realizarse aun cuando sean incontables, en vista de que “las prioridades de los cuerpos son variadas” que solo nos quedaremos en la superficie de las cosas, lo cual no debe ser motivo de desaliento en la búsqueda del conocimiento. Señala que esta aproximación a la verdad, crecerá en proporción al número de las observaciones realizadas. Debemos entender que “nosotros mismos vemos las cosas como si las miráramos a través de un vidrio oscuro y debemos colocarnos lejos de cualquier pretensión de infalibilidad. En el campo concreto, expone que “como los fluidos animales se mueven en atención a leyes hidráulicas e hidrostáticas, así yo he hecho alguna pesquisa en la naturaleza de sus movimientos mediante una serie de experimentos convenientes”. También señala que como “todas las cosas están ajustadas en número, peso y medida, se requiere acumular muchos datos obtenidos de los experimentos, sobre los cuales poder fundar los cálculos, a sabiendas de las limitaciones impuestas por la inexactitud de las medidas en relación con la misma naturaleza del tema. Pero aun así, permitirán derivar deducciones racionales en relación con la economía animal.



El contenido. 25 experimentos. En esta sección del libro el autor hace un recuento de veinticinco experimentos realizados. Utilizó para este fin principalmente perros, pero también caballos, carneros y liebres.

La introducción. En este breve aparte (2 páginas) expone su propósito. Al lograrse el importante descubrimiento de la sangre, se hace necesario hacer estimaciones sobre la fuerza y la velocidad con que los fluidos son impelidos, mediante la realización de experimentos que permitirán obtener datos los cuales suministren las bases para realizar los cálculos que permitan un acercamiento a la verdad. Después de realizar estos experimentos durante 25 años en perros, los repitió en el lapso de seis años en dos caballos y una liebre, aun así reconoce su desaliento al toparse con las dificultades inherentes a las disecciones anatómicas. Pero después reanudó sus experiencias, agregó la inyección de los vasos capilares y utilizó la infusión de diversas sustancias.

Deduce de su vasto trabajo experimental que “los fluidos animales se mueven obedeciendo las leyes de la hidráulica y de la hidrostática”. Consecuente con su visión religiosa del mundo, finaliza diciendo que “la admirable sorprendente textura” de la fábrica del cuerpo animal establece su origen divino.

Un relato de algunos experimentos hidráulicos e hidrostáticos, realizados mediante la sangre y en los vasos sanguíneos de animales.

Son estos los experimentos que le permitirán a Hales descubrir el fenómeno fisiológico de la presión arterial. Determinará el gasto cardíaco, el volumen ventricular, la velocidad y la resistencia al flujo de la sangre.

Su instrumental no puede ser más sencillo: 1) el manómetro es un tubo de vidrio insertado en una arteria del animal que se utiliza en el experimento; 2) una conexión plegable, una tráquea de ganso, a falta de conexiones plásticas usadas en el presente. Resulta muy interesante transcribir un experimento de los realizados por Hales, ya que permite apreciar la metodología experimental y cómo el autor pone de manifiesto los diferentes factores involucrados en el determinismo de la presión arterial.

Experimento I

1. En diciembre, yo dispuse de una mula, la cual estaba atada y echada sobre el dorso, tenía una altura de unas catorce palmas de mano, era de cerca de catorce años, presentaba una lesión en su lomo, no era ni muy delgada, ni muy robusta: habiendo practicado una abertura en la arteria crural izquierda, a tres pulgadas de su abdomen, yo inserté en ella un tubo de cobre cuya luz era de un sexto de pulgada de diámetro; y a ese, por medio de otro tubo de cobre que se adaptaba con precisión a él, yo fijé un tubo de vidrio de casi el mismo diámetro, el cual medía nueve pies de longitud: entonces aflojando la ligadura de la arteria, la sangre se elevó en el tubo hasta la altura de ocho pies tres pulgadas (aproximadamente 2,51 m) perpendicularmente sobre el nivel del ventrículo izquierdo del corazón: pero ella

no alcanzó su altura máxima de una vez; se elevaba y descendía con cada pulsación, en dos, tres o cuatro pulgadas; y algunas veces podría descender doce o catorce pulgadas y presentar en ese nivel, por algún tiempo, las mismas oscilaciones hacia arriba y hacia abajo, que tenía cuando se encontraba en su altura máxima; a la cual se elevaría otra vez, después de cuarenta o cincuenta pulsaciones.

2. El pulso de un caballo, que se encuentra en buenas condiciones y no esté atemorizado ni sufra dolor, es de alrededor de treinta latidos en un minuto, lo cual es cerca de la mitad de la frecuencia de un hombre saludable: el pulso de esta mula era de alrededor de cincuenta y cinco latidos en un minuto, o a veces cincuenta o cien en caso de experimentar dolor.
3. Entonces, yo saqué el tubo de vidrio y permití a la sangre de la arteria elevarse al aire libre, observándose que la altura del chorro, no alcanzaba a subir dos pies.
4. Yo medí la sangre al mismo tiempo que salía de la arteria y después de cada cuarto (medida de capacidad, aproximadamente 1,0567 l.) de sangre extraída, yo volví a fijar el tubo de vidrio a la arteria de modo de ver cuánto de la fuerza de la sangre había sido abatida; esto yo lo repetí hasta el octavo cuarto, y entonces como su fuerza estaba muy disminuida, yo apliqué el tubo de vidrio después de que cada pinta (0,4732 l.) había fluido hacia el exterior: el resultado de cada prueba fue como se presenta en la tabla siguiente, en la cual se nota, las alturas mayores alcanzadas después de cada extracción: tardó usualmente después de transcurrir un minuto antes de que se elevara a estas varias alturas, y no se elevaba gradualmente, sino que podía permanecer durante varias pulsaciones mucho más baja que la que podría finalmente alcanzar, cuando de modo repentino podría elevarse, por algún tiempo a cuatro, ocho, doce o dieciséis pulgadas, más alto de donde podría permanecer por algún tiempo y entonces experimentar una caída repentina de cuatro, ocho, doce o dieciséis pulgadas (Tabla anexa)

(equivalencias: 1cl=0,338 onza; 1 pulgada = 2,54 cm, 1 pie = 0,3048 m).

Aproximadamente se perdió un “cuarto” al hacer las diferentes pruebas, así había fluido al exterior un total de diecisiete cuartos y una media pinta (dos pintas equivalen aproximadamente a un cuarto) después de la última prueba cuando expiró. La cantidad total de sangre fue igual a 1.185,3 pulgadas cúbicas (0,6102 pulgada cúbica = 1 cm, es decir, 1.185,3 pulgadas cúbicas equivalen aproximadamente a dos litros: 1.942,5).

- Nosotros podemos observar en esta tabla cómo la disminución de la fuerza de la sangre en las arterias no era proporcional a las varias cantidades de sangre, las cuales habían sido extraídas; si consideramos la prueba N° 8 cuando se habían extraído siete cuartos, la altura de la sangre alcanzaba a 4 pies 8 pulgadas (aproximadamente 1,42 m), después de lo cual disminuyó en las cinco pruebas

siguientes a 3 pies y diferentes valores de pulgadas (3 pies=0,92 m, aproximadamente), algunas veces unas pulgadas más bajas, y otras unas pulgadas más elevadas. Pero al llegar a la prueba N° 14, después de haberse extraído diez cuartos y una pinta, se elevó a una altura de 4 pies, tres y media pulgadas y volvió a cerca de la misma altura otra vez en la prueba N° 21, cuando 13 cuartos y una pinta se habían extraído.

- Esta desigualdad desproporcionada en las varias alturas alcanzadas se debía principalmente al esfuerzo violento de ella (la mula) por liberarse de las ataduras, lo que hizo a la sangre en la prueba N° 14 elevarse a mayor altura de lo que había hecho en varias de las pruebas precedentes.
- Al realizar la prueba N° 20 el animal parecía débil e inquieto y la respiración se le volvió rápida: el esfuerzo violento para intentar soltarse, que contrajo muchos de sus músculos, especialmente los abdominales, impelía la sangre de todas partes hacia la vena cava y en consecuencia había mayor aporte hacia el corazón, el cual debía expulsar más a cada pulsación y por ende aumentar la fuerza de la sangre en las arterias.
- También, por la misma razón, experimentó la altura alcanzada alguna elevación adicional en relación con el esfuerzo intenso desplegado, por lo que los pulmones presentan un mayor movimiento al estar más dilatados, la sangre pasa más libremente y en mayor cantidad hacia la aurícula izquierda y de aquí al ventrículo.
- Esto claramente demuestra cómo el esfuerzo implícito en la lucha aumenta la fuerza de la sangre y en consecuencia y en forma proporcionada reanima y alivia a la naturaleza cuando se encuentra afectada con un movimiento bajo del flujo como es el caso de aquellos que se encuentran deprimidos y tristes.
- También queda puesto en evidencia que la sangre se mueve más rápida y libremente a través de los pulmones cuando se encuentra en un estado de dilatación: por esta razón

42 HÆMASTATICS.						
The several Animals	Weight of each	Height of the blood in the Tube from Jugul.	Height of the Blood in Tube fixed to the Arteries.	Capacity of the left Ventricle of the Heart.	Area of the Orifice of the Aorta.	Velocity of the Blood in the Arteries.
	Pd. Ou.	Inches.	Feet Inch.	Cubick Inchet.	Square Inchet.	Feet Inch in a Minute.
Man	160		7 6	1.650	0.4187	56.55
Horse 10		8	8 3	3.218		113.3
20		12	9 8			
30	825	12 3/4	9 6	10	1.036	86.85
Ox	1500			12.5	1.539	76.95
Sheep		5 1/2	5 5/8	1.85	0.472	174.5
Dog			4 2	5	0.470	
18	5	6	5 8	1.172	0.195	144.77
20	24	7	2 8	1	0.187	130.9
30	12	5	4 8	0.633	0.118	130
4	11	4	3 3	0.5	0.101	120
5	11	4	at. crural	1.25	0.110	144.28
7	43		Arter.	1.172	0.196	
8			5 8	1.172	0.179	116.79
9			6 6			
10			3 1			
11	15	7 1/4	1 6			
12	37	8 1/2	4 9			
13	36		6 7			
14	24	5 9/16	4 11			
15	8		5 8			
16			5 8			
17	5	10	5 8			
18	15	14	5 8			
19	35	5	4 7			
20	34	6 9/16	3 11			
21	23	7	4 10			

Stephen Hales

Tabla tomada del "Hæmastics" en donde se presentan el peso, la presión venosa y arterial, la capacidad del ventrículo izquierdo del corazón, el área del orificio aórtico y la velocidad de la sangre en diferentes especies.

es que los animales cuando están próximos a expirar, usualmente respiran con mayor rapidez, los pulmones tienen que trabajar más para expandirse, de modo de que la flojedad de la sangre pueda entonces tener un curso más libre a través de ellos, para alimentar las para ese momento casi exangües pulsaciones del corazón, como hemos visto en el caso de esta mula, cuando su sangre se encontraba cercana al agotamiento.

11. Cuando se había extraído entre 14 y 15 cuartos y por consiguiente, la fuerza de la que permanecía en los vasos se encontraba grandemente disminuida, entonces la mula presentó sudores fríos pegajosos, tales como los que presentan las personas moribundas, lo cual demuestra cuan reducida se encuentra para ese momento la fuerza vital de la sangre: por lo que vemos que esta débil sudoración no es ocasionada por una mayor fuerza propulsiva de la sangre sino más bien por una “relajación de los poros” así como de todas las otras partes del cuerpo. Así también parece probable que el rigor de la sangre en las arterias también se encuentra muy abatido cuando las personas que no están en la condición crítica de morir, tengan sudores profusos como en los dolores cólicos violentos, temor intenso, etc.
12. A la apertura del cuerpo de la mula, yo encontré poca o ninguna sangre en la aorta, cerca de una onza en el ventrículo izquierdo pero nada en el derecho; la vena porta y las cavas estaban repletas; así, sangró dos o tres onzas, pero muy lentamente y no sin presionar, la vena yugular, la cual fue abierta tan pronto el animal había expirado.
13. Podría haber quedado cerca de dos o tres cuartos de sangre en las grandes venas, lo cual, junto con la extraída de las arterias alcanza a veinte cuartos, igual a 154 pulgadas cúbicas o a cuarenta y cuatro libras, lo cual permite una estimación por lo bajo del cálculo de la cantidad actual de la sangre de un caballo, el cual es sin duda bastante mayor, pero no es fácil determinar cuánto es de más.
14. Como se demuestra por este experimento, se puede establecer en qué proporción la fuerza de la sangre presente en las arterias va a disminuir en relación con los diferentes grados de extracción; de manera que puede ser de utilidad para guiar sobre la cantidad que hay que extraer de una sola vez durante el período de sangrado; porque cualquiera que sea la verdadera cantidad de sangre circulante, es cierto que el estimado de lo que pueda ser extraído con seguridad de una sola vez debe ser establecido de acuerdo con la proporción que guarda con la cantidad total de sangre, la cual se derramará hacia el exterior de la vena o de la arteria del animal, hasta que este fallezca.
15. Nosotros también deducimos, tomando como punto de partida este experimento, cuáles son las bases racionales de la práctica del sangrado, en varios intervalos distanciados, como es el caso cuando se requiera extraer una buena cantidad de sangre, de no proceder a hacerlo, todo de una sola vez, lo cual podría debilitar demasiado la fuerza. Como se puso en evidencia en varios ejemplos, en el curso de este experimento, cuando la fuerza de la sangre estaba muy deprimida a causa de las extracciones, podría elevarse considerablemente otra vez por la acción de los músculos, a través de cuyos finos y largos vasos capilares se mueve pero con lentitud, así como también por el movimiento de todas las regiones corporales de la mula; como también es indudablemente el mismo caso, cuando el vigor de la sangre se encuentra reducido en cualquier grado en los grandes vasos, debido a la extracción de la sangre que el vigor pueda ser restablecido en poco tiempo, en alguna medida, no solamente por la acción de las varias partes de su cuerpo, ya que la sangre tendría tiempo para fluir desde todas las regiones corporales para suplir los vasos mayormente exangües sino también para que pudiese haber un vaciamiento justamente proporcionado de todas las partes, y también para que los mismos vasos tuviesen, de esta

manera, tiempo para contraerse ellos mismos, en una cierta proporción, que sea adecuada al grado de su vaciamiento.

Determinación del volumen ventricular. En el experimento III (págs. 17-19), Hales da cuenta del método que utilizó para obtener el moldeado de la cavidad ventricular mediante el empleo de la cera de abeja fundida.

Dice textualmente: 16 (pág. 19) de modo que esta pieza de cera, así formada, puede tomarse muy razonablemente como una aproximación a la cantidad de sangre recibida por el ventrículo en cada diástole y la cual desde aquí es propulsada hacia la aorta en las sístoles subsiguientes.

Después el autor hace (No. 17) la equivalencia del volumen del molde obtenido mediante la cera con la capacidad del ventrículo izquierdo, que para el experimento referido resultó ser igual a diez pulgadas cúbicas (aproximadamente $163,87 \text{ cm}^3$; $1 \text{ pulgada cúbica} = 16,387 \text{ cm}^3$), siendo el animal utilizado en este experimento una mula.

Estimación del gasto cardíaco. Continúa con la exposición para calcular el gasto cardíaco mediante la multiplicación del volumen ventricular determinado por el procedimiento anteriormente expuesto por la frecuencia del pulso N° 28 (pág. 24): este ventrículo al expulsar diez pulgadas cúbicas cada vez, expulsará en las treinta y seis pulsaciones por minuto, 360 pulgadas cúbicas equivalentes a 13:75 libras (aproximadamente $5.899,32 \text{ cm}^3$), y al cabo de una hora alcanzan a 825 libras, lo cual equivale aproximadamente al peso del caballo.

El autor estudia con gran prolijidad otros parámetros de importancia hemodinámica, tales como: el diámetro de la sección transversal de la aorta (1,15 pulgada, área 1.036 de pulgada cuadrada), el diámetro de sección de la aorta ascendente (0,74, área 0,369), el diámetro de la aorta descendente (0,93, área 0,677).

También se refiere (N° 25) al hecho de que “las sístoles del ventrículo durante las cuales esa cantidad de sangre es propulsada, se efectúan en un tercio del espacio de tiempo entre cada pulso”. Estos datos permiten también, una estimación de la velocidad de la sangre.

El estudio de la resistencia periférica. Hales pasa a exponer al final del experimento VIII, N° 24, p. 47, la siguiente tesis: “pero por lo que se deriva del siguiente experimento, la obstrucción principal al progreso de la sangre arterial se encuentra en las arterias capilares”. Y a continuación describe los resultados obtenidos en el experimento IX pág. 48; yo practiqué una incisión usando unas tijeras, desde un extremo hasta el otro del intestino, en el lado opuesto al sitio donde se realiza la inserción de las arterias y de las venas mesentéricas; y habiendo fijado un tubo de $4 \frac{1}{2}$ pies de altura, a la aorta descendente un poco por debajo del corazón, yo vertí agua a la temperatura de la sangre caliente, mediante un embudo dirigido hacia el interior del tubo, y el líquido descendía hacia la aorta con una fuerza igual a aquella con que la sangre es impelida allí por el corazón: esta agua afluía a través de los orificios de los innumerables pequeños vasos capilares, los cuales habían sido succionados y separados, a todo lo largo de la incisión del intestino.

Pero sin embargo, a pesar de ser impelida con una fuerza igual a aquella de que está provista la sangre arterial en el perro en vivo, aun así, no brotaba bajo la forma de pequeños chorros individuales sino que solo parecía rezumar hacia fuera por los orificios muy finos de las arterias, de la misma manera como lo hace la sangre al salir de las arterias capilares de un músculo que ha sido seccionado transversalmente. En el apartado N° 19 señala textualmente: “Y es a esta resistencia que la sangre tiene que vencer al pasar por las arterias capilares, a lo que se debe la gran diferencia de la fuerza de la sangre que existe entre las arterias en relación a la de las venas, es decir, de 10 a 12 en relación a 1. En el N° 21 expone “pero la resistencia que la sangre encuentra en esos pasajes capilares, puede experimentar grandes variaciones, ya sea en relación con diferentes grados de constricción o relajación de esos finos vasos; ejemplo de lo cual se pueden observar en los experimentos XV, XVI, XVII, XVIII”. Y continúa en el apartado N° 22: y como el estado de la sangre o de los vasos sanguíneos se encuentra en esos aspectos variando continuamente debido a diversas causas

tales como el movimiento, el reposo, el alimento, las evacuaciones, el calor, el frío, etc., de modo que nunca llega a ser la misma dentro de un lapso de dos minutos a lo largo de toda la vida de un animal; así pues, la naturaleza ha sabiamente previsto que una considerable variación en esos (factores) no causará gran perturbación en el estado de salud del animal.

Estudio de los factores que modifican la resistencia periférica. El autor pasa luego a estudiar algunos factores que pueden modificar la resistencia vascular. En el experimento XV empieza con la siguiente exposición:

1. Este método hidráulico e hidrostático de examinar los canales de los animales no es solamente de utilidad para mostrar tanto la fuerza de la sangre en las venas y en las arterias como la gran resistencia ofrecida a través de los finos vasos capilares, y muchas otras cosas pueden ser demostradas y deducidas de los experimentos siguientes: pero también puede servir para mostrar el efecto que puede tener la aplicación de diferentes licores, es decir, cuando están calientes o fríos o que tengan diferentes grados de restricción u otras cualidades.

El autor utiliza en este experimento una preparación canina acondicionada de una manera similar a la relatada en el experimento IX:

4. Primero, vertí el contenido de siete envases llenos de agua caliente, el primero de los cuales pasó al exterior en cincuenta y dos segundos, y los seis restantes, en forma gradual necesitaron menos tiempo, de modo que el último pasó en cuarenta y seis segundos.
5. Entonces, vertí, cinco envases de brandy corriente, o de espíritu de malta no refinado, el primero de los cuales tardó 68" en pasar y el último 72".
6. Entonces introduje un envase de agua caliente la cual tardó 54" en pasar.
7. De aquí podemos observar que el brandy contrae los capilares finos de las arterias del intestino y que el agua pronto los relaja otra vez, al diluir y arrastrar la parte espirituosa del brandy, el cual como es bien sabido, no solo

contrae las capas de los vasos sanguíneos, sino que también espesa la sangre y los humores, ambos efectos contribuyen al calentamiento repentino de la sangre, al aumentar por consiguiente su fricción en los vasos capilares contraídos.

Como desprende de la lectura del contenido de su libro *Haemastatics*, Hales había diseñado un método experimental adecuado para mensurar lo que denominaba la fuerza de la sangre presente en las arterias y en las venas, equivalente en la nomenclatura contemporánea a la presión arterial y a la presión venosa. Hales no solo busca cómo determinarla sino que va a ser uno de los primeros autores en establecer la interrelación entre dos variables hemodinámicas: un factor constituido por el gasto cardíaco y el otro por la resistencia opuesta al paso de la sangre en los lechos vasculares periféricos.

Después se aproxima a la determinación del volumen ventricular y toma en consideración la frecuencia del pulso, siendo diferentes estos factores, según la especie del animal utilizado en el experimento. Esto le permite obtener el valor aproximado del gasto cardíaco. Luego relaciona el valor de la presión arterial en diferentes especies con talla del animal (los animales grandes tienen una mayor resistencia periférica, la frecuencia cardíaca es mayor en los pequeños). El autor estudia las modificaciones de la volemia en relación con la extracción de la sangre y su repercusión sobre las cifras de la presión arterial. Advierte que el esfuerzo físico y el estado de tensión emocional influyen sobre el valor de las cifras tensionales. Es capaz de intuir el papel desempeñado por la intervención neurogénica. Así, al referirse al movimiento muscular, al cual considera como "maravillosa y hasta ahora inexplicable misterio de la naturaleza", debe sin embargo, ser debido a alguna energía más vigorosa y activa, cuya fuerza es regulada por los nervios: pero si es confinada en los canales dentro de los nervios o actúa a lo largo de sus superficies como poderes eléctricos, es un asunto no fácil de determinar. Después dirige su atención sobre la resistencia vascular periférica y utiliza intervenciones térmicas y químicas obteniendo

cambios regionales, que le permitan fundamentar la hipótesis de que cambios similares también pueden producirse en el ser humano.

Hales también condujo sus experimentos para estimar la velocidad circulatoria y la pérdida que experimenta este parámetro como resultado de la progresiva ramificación vascular.

“Vegetable Staticks” o La estática vegetal

Medición de la fuerza ascendente de la savia. Hales considera que existe una gran analogía entre las plantas y los animales y que la “vida vegetal es promovida y mantenida como también la de los animales por el movimiento regular y pleno de sus fluidos”.

Hacia el año 1720 demostró una vez más su capacidad creadora, al idear un dispositivo el cual consistía en “atar una vejiga sobre el corte transversal del tallo” y encontró que “la fuerza de la savia provocaba una importante distensión de la vejiga”. Después de lo cual pasó a acoplar un tubo largo de vidrio sobre el tallo “de la misma manera como yo lo había hecho antes con las arterias de diferentes animales vivos”.

Análisis del aire. Constituyó otra área de su interés, la cual abordó desde el punto de vista experimental. Presentó el resultado de sus investigaciones a la Sociedad Real (*Royal Society*) en 1725, y luego publicará el material que incluía setenta experimentos químicos, en el capítulo séptimo del *Vegetable Staticks*, publicado en Londres en 1727, con la aprobación de Newton.

Los experimentos le permitieron aproximarse a: a) la absorción por las raíces y la respiración efectuada por las hojas de las plantas; b) la estimación del área de superficie disponible por las hojas y las raíces; c) la velocidad con la cual fluye el agua en las diferentes partes de la planta; d) las fuerzas que condicionan el flujo del agua y de la savia, pudiendo establecer que la transpiración a través de la superficie de las hojas es un factor determinante del flujo de la savia y del agua en las plantas; e) las influencias climáticas, los árboles perspiran más cuando el clima es caluroso; f) la presión de la savia

mediante el empleo de manómetros abiertos de mercurio y también descubre la presión de las raíces, aun cuando establece que no es la única responsable de la presión de la savia en las ramas.

Hales se ocupó también del aire ambiental, y dedica al análisis químico del aire un espacio considerable en la “Estática Vegetal”. Lo caracterizaba esencialmente por su propiedad física, la elasticidad, ya que desconocía la composición química que posee el aire. El anhídrido carbónico (aire fijo) no había sido todavía identificado.

A los 43 años Hales contrae matrimonio, sufriendo la pérdida de su esposa un año después. Recibe el grado de “Doctor de la Divinidad” de Oxford por sus aportes en el campo de la clerecía y por su naturaleza virtuosa. En 1739 se hizo acreedor a la “Medalla Copley” de la Sociedad Real por sus experimentos sobre la solubilidad de los cálculos del tracto urinario.

Hales fue un espíritu creador, pero que poseía al mismo tiempo una vocación pragmática. Se abocó al estudio de convertir el agua salada en agua apta para el consumo humano y en el desarrollo de ventiladores para ser utilizados en prisiones o en ambientes cargados de gente.

En 1732 es designado como uno de los “Depositarios” (del fideicomiso) destinados a la colonia Americana de Georgia, habiendo desempeñado un papel destacado dentro de la Junta del Fideicomiso y en el “Consejo del Pueblo”. Hales muere en el año 1761 cuando contaba 83 años.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALLAN DGC, SCHOFIELD RE. Stephen Hales: Scientist and Philantropist. London: Scholar Press; 1980.
- (2) CLARK KENNEDY AE. STEPHEN HALES, DD.,F.R.S. An eighteenth century biography. Cambridge: Cambridge University Press, 1929.
- (3) HALES S. Statical Essays: Containing Haemastaticks; or an Account of Some Hydraulick and Hyddostatical Experiments made on the Blood and Blood-Vessels of Animals, vol 2. London: W Innys and R Manby; 1733.

