

# PRESENTACIÓN

Sean las primeras líneas de agradecimiento y felicitación al Profesor Godofredo Diéguez Castrillo por esta interesante iniciativa editorial que compila toda una vida dedicada a la docencia y la investigación en circulación cerebral.

El cerebro en general y la circulación cerebral en particular constituyen un apasionante reto para estudiantes, residentes y especialistas de Medicina. Todos conocemos las importantes funciones cerebrales y sus estructuras anatómicas macro y microscópicas. Llegar a este nivel de conocimiento se ha logrado gracias al esfuerzo y la curiosidad incansable de numerosos científicos a lo largo de más de veinticinco siglos. En el libro que tienen en sus manos se repasan los principales hallazgos anatómicos y fisiológicos relacionados con el cerebro y su circulación a lo largo de la historia de la Medicina hasta llegar a nuestros días. Es importante destacar la activa participación del Profesor Diéguez en algunos de los trabajos científicos que se describen en la obra. En todo libro es importante conseguir aunar rigor y amenidad, tarea no siempre fácil. En este libro gracias a las acertadas figuras, esquemas y fotografías se consiguen los dos objetivos citados, permitiendo al lector avanzar y disfrutar en su lectura. La estructura, los contenidos, la iconografía y finalmente la relevante bibliografía son muy adecuados para adquirir los conocimientos teóricos que permitan posteriormente ponerlos en práctica en el día a día de la atención a nuestros pacientes.

En la Universidad además de transmitirse conocimiento científico, ha de generarse conocimiento y finalmente aplicar dicho conocimiento en los pacientes. En la formación en Medicina se produce un continuum formativo: grado, postgrado (Máster y especialización), doctorado y formación continua o mejor aún desarrollo profesional continuado. Dado que tenemos un tiempo limitado para formarnos y actualizar conocimientos es esencial escoger acertadamente las herramientas formativas. El libro que tiene en sus manos le va a permitir profundizar en este interesante campo de la Medicina: la esenciales para posteriormente conocer la patología neurológica cerebral. La circulación cerebral es crítica y sus alteraciones dan lugar a importantes enfermedades. El estudio integral del cerebro es fundamental para entender la fisiopatología y la semiología neurológica. Sir William Osler recomendaba a sus alumnos de Medicina mantener, cultivar y acrecentar a lo largo de su vida profesional las tres «H»: humanidad, humor y humildad. Estas tres virtudes junto con el sentido común son fácilmente reconocibles en el día a día del Profesor Diéguez y una vez más ha sabido transmitirlo a su obra.

Finalizo este prólogo. Nuestro querido Profesor Godofredo Diéguez Castrillo vuelve a darnos una importante alegría y un motivo evidente para mostrarnos orgullosos de su pertenencia al claustro docente de la Facultad de Medicina de la Universidad CEU San Pablo.

TOMÁS CHIVATO,  
*Decano de la Facultad de Medicina  
Universidad CEU San Pablo  
Madrid*

# PRÓLOGO

Este libro se ha hecho con la idea de contribuir al conocimiento de la fisiología de la circulación cerebral, especialmente de sus mecanismos reguladores. Para ello, se hace un breve recorrido a lo largo de la historia, resaltando los hechos más destacados y los personajes que, a mi entender, más han contribuido al estudio de la circulación cerebral o de aspectos relacionados con ella, aportando sobre todo las ideas, las técnicas y los procedimientos adecuados para avanzar en su conocimiento.

Se repasa la morfología de la circulación arterial, capilar y venosa, la innervación vascular, la barrera hemato-encefálica, el líquido cefalorraquídeo, las técnicas para estudiar la circulación cerebral y el flujo sanguíneo cerebral, así como los mecanismos reguladores del flujo sanguíneo cerebral. Por último, se comentan dos aspectos que son de actualidad en la investigación de la circulación cerebral: la unidad neurovascular y la respuesta vascular conducida. Aunque se comentan aspectos relacionados con la fisiopatología y la clínica, esto no es el objetivo principal de este libro. Como tampoco lo es la consideración que se hace sobre las técnicas de neuroimagen.

En la elaboración de este libro ha influido mi experiencia personal en el estudio de esta circulación, en el que intervine durante varios años en el Departamento de Fisiología de la Facultad Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid, donde tuve el honor y la suerte de trabajar. Y en este Departamento tuve la fortuna de ser un aprendiz y de colaborar con dos personas, dos verdaderos maestros, que me

enseñaron cómo enfocar los problemas en el laboratorio y cómo tratar de resolverlos. Estas dos personas fueron Salvador Lluch (fallecido en 2019) y Bernardino Gómez (fallecido en 2012). En este estudio colaborarían después conmigo otros jóvenes investigadores.

Aprovecho esta ocasión para agradecer a la Universidad CEU San Pablo, en particular a su Facultad de Medicina y a su Decano, por acogerme como uno de sus profesores y por su interés para publicar este libro.

Madrid, octubre de 2019

«Cuanto más lejos puedas mirar hacia atrás,  
más lejos podrás ver hacia adelante»

(Winston Churchill, conferencia impartida en el Royal  
College of Physicians de Londres, marzo de 1944)



*Nabucodonosor*; pintura realizada por William Blake, pintor británico (1757-1827).

«Para ver lejos, hay que subirse a hombros de gigantes»

(Isaac Newton a Robert Hooke, finales del siglo XVII)



# INTRODUCCIÓN



El interés por el conocimiento de la circulación cerebral deriva de que el riego sanguíneo es esencial para el cerebro y de que las enfermedades cerebrovasculares son muy frecuentes y tienen gran relevancia médica y social. Estas enfermedades representan la primera causa de invalidez y la segunda o tercera causa de mortalidad en las personas de los países desarrollados. El interés por esta circulación se refleja en la extensa literatura dedicada a conocer sus diferentes aspectos.

El cerebro es un órgano complejo y heterogéneo, y «casi» podría ser válido todavía lo que dijo Nicolás Steno en 1669: «el cerebro, obra maestra de la creación, es casi desconocido para nosotros». Este órgano depende críticamente del riego sanguíneo y este riego está fina y específicamente regulado en las diferentes regiones del cerebro. Para entender esta regulación, tanto en condiciones normales como patológicas, hay que considerar aspectos morfológicos, bioquímicos, farmacológicos y, por supuesto, fisiológicos.

Desde muy antiguo, el cerebro se ha relacionado con la magia y la mitología. «Las primeras manifestaciones escritas que se conservan sobre el estudio del cerebro proceden del antiguo Egipto, aunque también se hallan en la Biblia y en documentos chinos»; «en el Neolítico ya se llevaban a cabo trepanaciones con alguna base mágico-ritual para dar solución a problemas como las cefaleas o la epilepsia»<sup>1</sup>. «Aún hay algunos pueblos africanos, e incluso sectas, que consideran que la trepanación permite alcanzar un estado superior, o que mejora la inteligencia». Curiosamente, los fragmentos de cráneo que

contenía el orificio de la trepanación se utilizaron como amuletos o adornos a lo largo de la historia, debido a las propiedades protectoras y mágicas que se les atribuían a esos fragmentos<sup>1</sup>.

Ya los antiguos griegos se dieron cuenta de la importancia del cerebro para la vida de los seres humanos, e Hipócrates consideraba que el cerebro era la sede del pensamiento y que necesitaba abundante riego sanguíneo. «Debe saberse que la fuente de nuestro placer, alegría, risa y diversión, así como la de nuestro malestar, dolor, ansiedad y lágrimas no es otra que el cerebro» (Hipócrates)<sup>1</sup>. Aristóteles no estuvo de acuerdo con esta idea, pues consideraba que la sede del pensamiento era el corazón y dijo: «Y por supuesto, el cerebro no es responsable de ninguna de las sensaciones. Lo correcto es que la sede y fuente de la sensación están en la región del corazón»<sup>2</sup>. Claudio Galeno, basado en los estudios de Hipócrates y de la Escuela de Alejandría y en sus propias ideas, fue uno de los primeros en mencionar la función vital que jugaba el cerebro como rector de las funciones del resto del organismo<sup>1</sup>.

El sistema de la función cerebral, introducido por la Escuela de Alejandría y elaborado por Galeno, concedió a la sangre y a los espíritus que esta contenía, un papel vital en el organismo, tal que se debía prestar mucha atención a los vasos sanguíneos y a las cavidades que contenían sangre u otros líquidos. Por supuesto, el concepto de circulación de la sangre en un órgano no podía existir antes de las ideas de Harvey (siglo XVII), y aun así en el caso del cerebro debía esperar otros dos siglos más. La historia de la circulación cerebral debe ser considerada como solapada y en paralelo en sus aspectos anatómicos y fisiológicos. No obstante, la distinción entre la anatomía y fisiología de un órgano es relativamente reciente y artificial.

Merece señalarse que según datos recientes, se ha propuesto que los sistemas vascular y nervioso de los vertebrados comparten un desarrollo paralelo. El paralelismo entre estos dos sistemas llega hasta niveles moleculares, pues recientes estudios sugieren que son similares los mecanismos moleculares implicados en la especificación, diferenciación y organización de ambos sistemas. A este respecto, se han descrito sustancias (efrina, semaforina, netrina) que forman parte de vías de señalización con implicaciones en el desarrollo vascular<sup>3</sup>.

Las ideas filosóficas y religiosas, junto con la complejidad de la circulación cerebral, dificultaron el avance en el estudio de esta circulación. Desde un principio se sospechó que el cerebro necesita un riego sanguíneo adecuado para evitar las graves consecuencias de un déficit en este riego. En la Antigua Grecia se insistía que el espíritu animal, el más sutil, se elaboraba a partir del espíritu vital en la *rete mirabile*, y la creencia de que la rete estaba presente en los seres humanos perduró, al menos, hasta el siglo XVIII, hasta que A. Vesalio, J. Wepfer y T. Willis empezaron a negar la presencia de la rete en los seres humanos y a describir las arterias cerebrales<sup>4</sup>. No fue hasta finales del siglo XVIII y comienzos del XX que los descubrimientos de las arterias encefálicas no fueron consistentes. Durante este periodo, anatomistas de varios países aportaron detalladas descripciones del sistema arterial cerebral y aparece la primera generación de neurólogos vasculares, entre los que está Charles Foix, considerado el fundador de esta disciplina. Posteriormente se introdujeron nuevas técnicas que han permitido describir con más detalle las arterias cerebrales, sus trayectos, su histología y sus elegantes imágenes radiológicas<sup>2, 5</sup>.

En el Renacimiento, con la escuela de los grandes anatomistas italianos, se empezó a hablar del cerebro como un órgano específico, distinto de la cabeza<sup>1, 2</sup>. Y algo que ha cambiado poco en todos estos siglos es el estigma social que rodea a algunas enfermedades mentales (la epilepsia, la histeria, las enfermedades psiquiátricas, las migrañas con representaciones visuales, los ictus). Los antiguos también adscribieron algunas alteraciones del comportamiento humano a la transmisión de humores al cerebro o a la salida de humores del cerebro, lo que ahora conocemos como circulación cerebral; la llegada de mucha o de poca sangre al cerebro podría ser causa de anomalías en el cerebro y, por consiguiente, de alteraciones del comportamiento. En el papiro egipcio de Smith y en los textos hipocráticos hay referencias a las alteraciones relacionadas con lesiones cerebrales, particularmente de origen traumático, y referencias a sus tratamientos<sup>2</sup>.

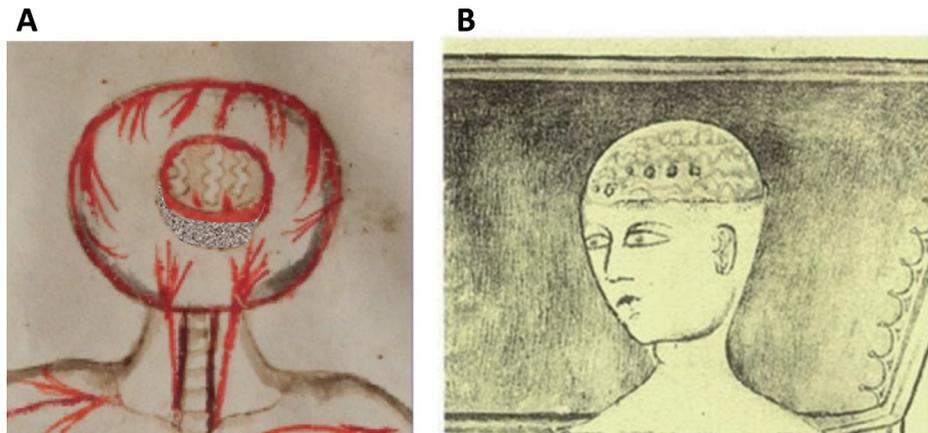
Se considera que las ilustraciones anatómicas del cerebro se iniciaron en la Escuela de Alejandría hacia el año 300 a. C. y existe un grupo de figuras de esta época que fueron estudiadas por el historiador alemán Karl Sudhoff (1853-1938) y representan dibujos sencillos.

El cerebro se conoce desde muy antiguo, pero parece ser que sus representaciones anatómicas no se hicieron (o no se conservan) antes de la Escuela de Alejandría (siglos III-IV a. C.) y no es probable que las ilustraciones se utilizaran en la enseñanza de la Medicina en la Antigua Grecia. Herófilo y Erasístrato, miembros de la Escuela de Alejandría, dieron detalles de la anatomía del sistema nervioso central en general y del cerebro en particular, con algunos apuntes sobre su función, e hicieron ilustraciones anatómicas. Galeno, que estudió en la Escuela de Alejandría y fue el mayor anatomista de la antigüedad, era más partidario de que sus alumnos aprendieran directamente de las observaciones anatómicas más que de las ilustraciones, probablemente porque éstas eran representaciones simples y rudimentarias, especialmente las del cerebro<sup>1, 2</sup>.

Las ilustraciones anatómicas empezaron a ser más frecuentes en los siglos XII-XIV y, sobre todo, en el Renacimiento<sup>1</sup>. La mayoría de las ilustraciones medievales del cerebro eran diagramas conceptuales y utilizados para iluminar conceptos. Se conservan ilustraciones del cerebro de los siglos XIII y XIV, basadas en observaciones durante disecciones anatómicas. Una Ilustración de un texto procedente de Salerno, de aproximadamente el año 1250, se refiere a la disección del cadáver de un hombre que fue ejecutado mediante ahogamiento. Esta ilustración muestra una estructura circular dentro del cráneo donde se intenta representar las circunvoluciones del cerebro (Figura 1 A). Esta ilustración supuestamente podría estar copiada de una fuente anterior (tal vez de la Escuela de Alejandría, c. 300 a. C.)<sup>1</sup>.

**Figura 1**

- A. Esta ilustración, de autor desconocido, pertenece a una serie de cinco figuras encontradas en manuscritos médicos orientales y occidentales, que supuestamente son copias de una fuente anterior (tal vez Escuela de Alejandría, c. 300 a. C.). La parte interior posiblemente es la primera representación del cerebro, donde se puede ver lo que podrían ser las circunvoluciones del cerebro, y debajo (en cuadrícula) está representada la *rete mirabile*. En esta ilustración aparecen representados vasos sanguíneos del cuello, vertebrales y extracraneales<sup>1</sup>.
- B. Ilustración que aparece en el libro *Anathomia Designata per Figures* (año 1345) de Guido de Vigevano, y muestra un vago patrón de la superficie del cerebro, que tal vez sea un intento de mostrar las circunvoluciones del cerebro. Guido de Vigevano (c. 1280-1349), italiano, fue alumno de Mondino en Bolonia y llegó a ser médico en varios tribunales de justicia<sup>2</sup>.



La primera fotografía, tomada de una litografía del cerebro, se publicó en 1854 (Emil Huschke, 1797-1858) y se considera el primer paso hacia la fotografía directa del cerebro<sup>2</sup>. Los detalles y la calidad de las ilustraciones anatómicas del cerebro fueron creciendo hasta llegar a las actuales e increíbles técnicas de imagen.

El desarrollo del conocimiento, especialmente el del cerebro en sus diferentes aspectos, ha estado sometido al influjo de las ideas políticas y religiosas más que al influjo del interés científico. El conocimiento científico del cerebro realmente empezó en los siglos XVI-XVII. Respecto a la circulación cerebral, en la evolución de su conocimiento se pueden distinguir dos aproximaciones, que están solapadas entre sí y se han desarrollado en paralelo: la primera, la relacionada con su anatomía y la segunda con su fisiología. La anatomía de la circulación cerebral se conoce relativamente bien, y quizá la primera ilustración donde se pueden reconocer los vasos sanguíneos cerebrales la hizo A. Vesalio. Su fisiología y fisiopatología, sin embargo, se están empezando a comprender en nuestros días.

La Escuela de Alejandría y Galeno dieron gran importancia al flujo sanguíneo y a los espíritus contenidos en la sangre como fuente de alimentación para el cerebro. Aristóteles y sus seguidores, sin embargo, consideraron que los vasos cerebrales eran meros conductores de sangre que llega al cerebro para enfriarse, única función atribuida al cerebro por estos filósofos. Dos tipos de descubrimientos realizados a lo largo de los siglos XVI y XVII cambiaron las ideas vigentes hasta entonces sobre la circulación sanguínea en general, y sobre la circulación cerebral en particular. Respecto a la circulación sanguínea, las ideas se habían originado en la Grecia clásica y se mantendrían durante largo tiempo. Se creía que la sangre se movía en flujo y reflujo, como las olas del mar en la playa, pero no circulaba y que la sangre, formada en el hígado, estaba en las venas por virtud de «espíritus naturales». La sangre pasaba por las arterias, aunque algunos creían que las arterias contenían aire. Esto cambió con las aportaciones de William Harvey (1578-1657) quien propuso que la sangre se mueve describiendo un círculo; después se describirían la circulación sistémica (mayor) y pulmonar (menor). Esto implicaba, entre otras cosas, que la sangre llega al cerebro por las arterias y sale por las venas. Respecto a la circulación cerebral se consideraba que la *rete mirabile* era el sistema especial donde el espíritu vital se transformaba en

espíritu animal y la circulación cerebral servía para transmitir calor al cerebro. Esto empezó a cambiar cuando Vesalio dijo que la *rete mirabile* no está presente en los seres humanos y se echaron por tierra las ideas sobre su función. En los siglos siguientes llegaría la explosión sobre el estudio y conocimiento de la circulación cerebral, y se empezaron a obtener resultados en animales de laboratorio y más tarde también en seres humanos. Estos estudios sugieren, entre otras cosas, que las características funcionales de la circulación cerebral no son iguales en todas las especies de animales, y que su organización y control es muy compleja y muy delicada. Y la historia de cómo se regula esta circulación sigue sin terminar.

Hasta el siglo XIX se sabía muy poco sobre la fisiología de la circulación cerebral, aparte de la Doctrina de Monro-Kellie (1783, 1824) y los datos obtenidos a partir de la técnica de la ventana craneal de F. Donders (1850). El estudio sistemático de la fisiología de la circulación cerebral, con datos más o menos objetivos, comenzó en la segunda mitad del siglo XIX con los estudios de Angelo Mosso, Charles Roy y Charles Sherrington. El primero de estos autores obtuvo registros de las pulsaciones del cerebro y de las variaciones del volumen intracraneal relacionados con la temperatura corporal y con la actividad mental, que son la base de las técnicas de imagen actuales. Roy y Sherrington propusieron en 1890 que la actividad metabólica cerebral y el flujo sanguíneo cerebral están estrechamente acoplados entre sí; esta idea sigue vigente hoy. En la primera mitad del siglo XX los estudios de la circulación cerebral estuvieron relacionados especialmente con el desarrollo de la metodología para medir el flujo sanguíneo cerebral, con la introducción de métodos cualitativos y semicuantitativos, así como con el estudio de los mecanismos que controlan el flujo sanguíneo cerebral. La era moderna de la investigación sobre la circulación cerebral comenzó con la introducción de métodos cuantitativos y su aplicación en la clínica (p. ej., el método del óxido nítrico de Kety y Schmidt, 1948), así como con las más recientes técnicas de imagen que representan una verdadera revolución en el progreso del conocimiento de la circulación cerebral en los seres humanos.

## 1. ANTIGUO EGIPTO

---

El origen y desarrollo de los conceptos fisiológicos, verdaderos o falsos, no se pueden precisar. Probablemente, el hombre primitivo conoció los principios de la anatomía y fisiología a través de la caza, pesca y preparación de alimentos de origen animal. Desde muy pronto el hombre se dio cuenta de que el corazón y el cerebro son dos órganos muy importantes, y de que existe relación entre estos dos órganos; por ejemplo, los antiguos egipcios se dieron cuenta de que el cerebro pulsa con el mismo ritmo que late el corazón (Papiro de Smith).

Los antiguos egipcios eran muy religiosos y creían en la inmortalidad y reencarnación del alma. Estas creencias hicieron que conservaran los cuerpos y estructuras para poder alojar el alma reencarnada, lo cual dio lugar a la práctica de la momificación o embalsamamiento. En el embalsamamiento, el corazón (sede del alma e inteligencia) era extraído, acondicionado y devuelto al cuerpo; el hígado, estómago, pulmones e intestinos se lavaban y limpiaban, y se depositaban en jarros diferentes (jarros canópicos). El cerebro no era tenido en cuenta. El proceso de embalsamamiento se hacía para que el difunto llevara a cabo, en las mejores condiciones posibles, su viaje al Más Allá y acceder a la inmortalidad; el proceso completo encerraba un ritual muy complejo y prolongado en el tiempo. Esta actividad permitió que los antiguos egipcios aprendieran mucho sobre anatomía humana, lo cual ha quedado reflejado en los papiros.

PAPIRO DE SMITH. Data del siglo XVII a. C., aunque parece ser que fue escrito 1000 años antes por Imhotep, el primer médico conocido. Menciona el corazón y sus movimientos, y vasos del corazón que llegan a todas las partes de cuerpo. En este Papiro se menciona por primera vez la palabra *cerebro*. Y se menciona que el cerebro pulsa durante la vida; esta idea parece que la obtuvieron a partir de las observaciones de personas que trabajaban en la construcción de las pirámides y sufrían un traumatismo craneal; a través de las heridas del cráneo podían ver directamente los vasos sanguíneos cerebrales superficiales. Es probable que Imhotep se interesara por los traumatismos craneoencefálicos de los obreros que trabajaban en la construcción de las pirámides y en este papiro la palabra «cerebro» aparece seis veces, frecuentemente en el contexto de una lesión

craneal (Figura 2). Se describen las circunvoluciones de la corteza cerebral, la pérdida de líquido a través de la duramadre rota, así como las pulsaciones del cerebro.

Figura 2

Símbolos tomados del Papiro de Smith (s. XVII a. C.): esta representación significa cerebro. La palabra «cerebro» aparece 8 veces en el Antiguo Egipto, 6 de las cuales están en este Papiro. Al menos que se conserven, no aparecerían más referencias al cerebro durante los siguientes 2000 años, hasta el siglo VI a. C. Esta palabra tal vez la pronunciaban como «ah-i-s» y su significado podría ser «desperdicios de la cabeza», «algo roto» o «algo que se mueve» (que se mueve, quizá porque «late, pulsa»)<sup>1</sup>.



Los papiros revelan que los egipcios entendían las funciones de la mayoría de los principales órganos, aunque invirtieron las funciones del corazón y del cerebro. En esencia, los egipcios creían que el cerebro bombeaba la sangre y que el corazón controlaba los sentimientos y los pensamientos. En el Papiro de Ebers se utiliza la misma palabra (*met*) para nombrar el corazón y el cerebro<sup>1</sup>.

## 2. ANTIGUA GRECIA

---

Los habitantes de las ciudades-estado o colonias griegas sintieron el deseo de explicar mediante causas naturales los fenómenos de la naturaleza, lo cual tuvo gran trascendencia para el desarrollo del pensamiento en el mundo occidental. Se debe decir, no obstante, que antes de los griegos también se hicieron contribuciones científicas y médicas, pues cientos o miles de años antes de aparecer la cultura griega, otros pueblos (Mesopotamia, Egipto, La India) habían recogido muchas y valiosas observaciones donde «bebieron» los griegos.

Los antiguos griegos tuvieron la capacidad y el mérito de dar coherencia a los conocimientos disponibles, sistematizando este conocimiento y concibiendo el orden natural como necesaria expresión de leyes generales, pasando del «mitos» al «logos». Este paso fue crucial y a partir de este momento los filósofos griegos trataron de separar lo susceptible de investigación de lo que es inexplicable y misterioso. Por tanto, Grecia clásica puede ser considerada como el origen de la medicina racional y científica, además de las matemáticas, astronomía, física, etc. Es donde por primera vez surge el deseo de explicar las apariencias de la naturaleza como efectos de causas naturales.

HOMERO y sus obras, la *Iliada* y la *Odisea* (siglos VIII-IX A.C.), dan idea de lo que se pensaba en aquellos tiempos. Para ellos, el yo estaba formado por varios agentes vitales y fuerzas: una es la *psyche* (etimológicamente cercana a respiración, alma, aire) que se refiere a la fuerza vital que mantiene a la persona viva; es inmortal y abandona el cuerpo después de la muerte; no tiene función intelectual; otra es el *thymos*, la fuente de la emoción que impulsa a la persona a entrar en acción; otra es el *noos*, sede del intelecto, que Homero localiza en el tórax. En la *Iliada* y *Odisea* aparecen palabras que forman parte de nuestro vocabulario actual, algunas de las cuales nombran partes del cuerpo. Por ejemplo, aparecen tres palabras relacionadas con el cerebro:

- ~ *Encephalos*, lo que hay dentro de la cabeza, y de ella deriva la palabra encéfalo.
- ~ *Muelos*, que se refiere a la médula situada dentro del canal raquídeo, y de ella deriva médula espinal.
- ~ *Nerve*, para referirse a ligamento, tendón, nervio, y daría lugar a las palabras nervio y neurona1.

Entre los griegos clásicos, hubo filósofos tan destacados como PITÁGORAS DE SAMOS (c. 580-495 a. C.) y EMPÉDOCLES DE AGRIGENTO (c. 495-435 a. C.) que todavía aceptaban la teoría de que el corazón era el principal órgano del cuerpo como fuente del razonamiento. De hecho, Empédocles parece ser que fue el primero en postular que los vasos sanguíneos transportan *pneuma* a todo el cuerpo y creía que la sangre que rodea el corazón era la sede del alma, y el origen del pensamiento y del razonamiento; incluso llegó a proponer que la inteligencia dependía de la composición de la sangre. Estos dos filósofos no consideraban al cerebro como órgano del pensamiento1.

ALCMEÓN DE CROTONA (c. 510-440 a. C.) nació en Crotona (Italia) y fue discípulo de Pitágoras. De su supuesta obra se sabe especialmente a través de Teofrasto y Aecio1. Fue una figura oscura y, según Teofrasto, fue el primero en hacer disecciones en animales, en las que observó algunas estructuras del sistema nervioso central que le llevaron a decir que «todos los sentidos están conectados con el cerebro». Parece ser que también fue el primero en realizar experimentos en animales vivos con el fin de resolver cuestiones fisiológicas y médicas. Aecio afirma que Alcmeón también dijo «el gobierno de la

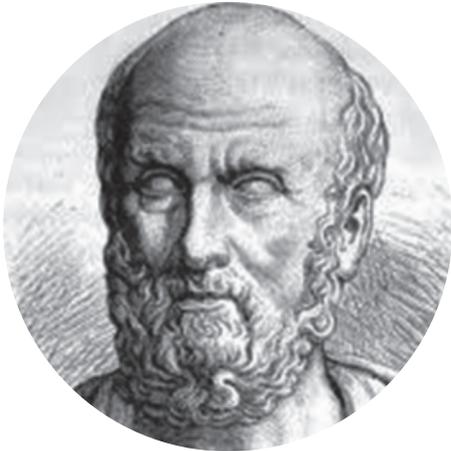
inteligencia está en el cerebro». Si ambas afirmaciones son correctas, las ideas de Alcmeón representan una revolución en lo que supone para el hombre el conocerse a sí mismo. Consideró el cerebro como el lugar central del microcosmos humano y como un órgano asociado con los órganos de los sentidos.

Consideraba que la sangre era muy importante para la función mental del cerebro y que la retirada de la sangre del cerebro producía el sueño, y la entrada producía la vigilia.

Algunos comentaristas modernos consideran que los logros de Alcmeón de Crotona son comparables a los logros de Copérnico y los de Darwin<sup>1</sup>.

HIPÓCRATES DE COS (C. 460-370 A. C.)<sup>1,6</sup>

---



El verdadero origen de la medicina europea tuvo lugar en los tiempos de Pericles (493-429 a. C.) y la figura más influyente de la época fue Hipócrates de Cos.

Se cree que nació en la isla de Cos hacia 460 a. C. y es considerado el fundador de la medicina científica occidental. Fue un Asclepiáde (clan de médicos hereditario que se consideraban descendientes de Asclepio), enseñó medicina y tuvo gran éxito y reputación. Fue contemporáneo de figuras tan sobresalientes como Pericles, Eurípides, Sófocles, Esquilo, Sócrates, Platón, Aristóteles, Demócrito, Heródoto, Tucídides, Jenofonte, Fidias, Praxíteles, Diógenes de Apolonia. Fue en este periodo cuando la medicina se estableció como una ciencia y un arte de elevado nivel ético. En esta transformación, Hipócrates fue un líder y afirmó que «ninguna enfermedad es más divina o humana que otra, y ninguna se produce sin causa natural».

Creyó erróneamente que las arterias estaban llenas de aire y las venas de sangre; esta creencia se mantuvo durante mucho tiempo debido al hecho de que en el cadáver las arterias se quedan vacías de sangre. Consideró que la experiencia racional a través de la observación metodológica, más que a través del empirismo ciego, es el fundamento de la práctica médica, y esto le hizo enseñar al lado de la cama del enfermo y a comentar casos clínicos.

Hipócrates tuvo discípulos (el más devoto de ellos fue su yerno Polibio), quienes curaban según sus enseñanzas, por lo que fueron llamados médicos «Hipocráticos». Los textos escritos por estos discípulos y por el propio Hipócrates constituyen el *Corpus Hipocraticum*; el texto más importante atribuido a Hipócrates es «Aforismos». En el *Corpus Hipocraticum* se hacen varias referencias al cerebro, y esto se hace especialmente en el texto *Sobre la enfermedad sagrada* (epilepsia). En este texto se hace referencia explícita a que el cerebro es la sede de nuestra actividad mental. Los médicos hipocráticos consideraron que el cerebro era la sede y agente del pensamiento, que este órgano recibía sangre del hígado y bazo, y recibía *pneuma* del corazón a través de los vasos carotídeos. Las lesiones del cerebro producían parálisis en el lado opuesto del cuerpo; las de la médula espinal producían parálisis, alteraciones sensoriales y alteraciones del control de la micción y defecación.

En *Sobre la enfermedad sagrada* se escribió sobre la epilepsia y se hace una relativamente buena descripción anatómica del cerebro y de los vasos del cuello. Se dice que muchos de sus vasos sanguíneos son blandos y que hay dos que son robustos y vigorosos (probablemente se está refiriendo a las carótidas y vertebrales). Hipócrates creía que la sangre estaba llena de «espíritu vital», lo cual aportaba vida y fuerza espiritual al cuerpo. Y dejó escrito que «ningún constituyente del cuerpo... contribuye más a la inteligencia que la sangre».

Hipócrates concibió al cerebro como el principal controlador del cuerpo: «los hombres deberían saber que del cerebro y nada más que del cerebro vienen las alegrías, el placer, la risa, el odio, y también las penas, el dolor, el abatimiento y las lamentaciones».

Las heridas abiertas en la cabeza se dejaban así, pero las cerradas, producidas por fuertes golpes sin fractura ósea, se trataban frecuentemente mediante trepanación, perforando el cráneo. De acuerdo con la teoría humoral, un golpe en la cabeza podía formar una acumulación malsana de sangre y otros humores que degenerarían en «pus», entorpeciendo las funciones cerebrales. Con un agujero en el cráneo, estos humores eran drenados y expulsados al exterior. Irónicamente, aunque la explicación humoral de base era errónea, sus conclusiones resultaron apropiadas en muchos casos y es probable que se salvaran vidas de pacientes que sufrían hemorragias cerebrales.

Las ideas hipocráticas dominaron la medicina occidental durante 500 años, hasta la llegada de Claudio Galeno<sup>1</sup>.

ARISTÓTELES (384- 322 A. C.)<sup>1,6</sup>

---

Nació en Estagira (Macedonia), se consideraba descendiente de Asclepíades, fue el discípulo más destacado de Platón y murió en Atenas. Fundó el Liceo en Atenas y durante un tiempo fue preceptor de Alejandro Magno. Dejó dicho que «El saber en época de prosperidad sirve de adorno, y en época de adversidad de refugio», y que «Los sabios se diferencian de los ignorantes lo mismo que los vivos de los muertos». Sus mayores contribuciones las hizo en el campo de la biología, especialmente en la zoología, siendo el origen de la anatomía comparada. Sus estudios en el embrión de pollo son los primeros estudios de embriología. Consideró que el cerebro enfriaba el corazón evitando su sobrecalentamiento, y que el corazón era el primer órgano en tener vida y el último en morir. Tuvo gran influencia sobre W. Harvey. En sus escritos incorporó todos los conocimientos anatómicos, fisiológicos y zoológicos en un sistema de filosofía natural. Todos los organismos están formados por materia y espíritu. El hombre es el ser superior sobre la tierra y posee un alma racional con funciones sensoriales y vegetativas. El cerebro carece de arterias y sangre, está frío y no está conectado a los órganos de los sentidos. El cerebro desempeña un papel secundario en el cuerpo y sólo sirve para refrigerar la sangre; es un lugar donde el calor es atemperado para producir el moco que escapa por las fosas nasales. El enfriamiento del cerebro produce el sueño. La red de vasos que recubren la superficie del cerebro tiene que servir para enfriar la sangre caliente que llega desde el corazón. Debido a esta función y a que los seres humanos tienen la sangre más caliente que otros vertebrados, el cerebro tiene que ser grande para enfriar la sangre; el cerebro no es grande porque sea la sede de la inteligencia.

En resumen, Aristóteles consideraba más aceptable que el corazón fuera el origen del pensamiento: se mueve, es caliente, contiene sangre, y si se detiene cesa la vida y toda actividad anímica. Esta idea de Aristóteles tuvo partidarios hasta el siglo xvii. Aristóteles se apoyó en lo que veían sus ojos: el corazón late, se mueve, y el movimiento era la clave para distinguir a los animales de las rocas

y otros seres inanimados y los muertos. Además, veía que algunos animales inferiores, carentes de cerebro, eran capaces de moverse y de tener sensaciones, por lo que pensaba que el cerebro no parecía ser el responsable de esas funciones. También era sabedor de que en muchos embriones se podía ver pulsar el corazón antes que el cerebro. Consideraba al corazón como el sitio donde todos los sentidos se reúnen (lo que él llamó sentido común).

### 3. LA ESCUELA DE ALEJANDRÍA

---

A la muerte de Alejandro Magno, uno de sus generales, Ptolomeo, se erigió en rey de Egipto con el nombre de «Ptolomeo I Soter», desplazando el centro cultural de Atenas a Alejandría. Esta ciudad llegó a ser el patrón del arte y cultura helénica. Y su Escuela contribuyó a conocer la Anatomía, y muy poco la Fisiología. Entre sus personalidades destacan Euclides (330-260 a. C.), matemático; Aristarco de Samos (310-288 a. C.), astrónomo que enseñó el sistema planetario heliocéntrico quince siglos antes de nacer Nicolás Copérnico; Teofrasto (372-288 a. C.), botánico, y Herófilo (335-280 a. C.) y Erasístrato (310-250 a. C.), médicos. Hay datos para pensar que en este periodo se hicieron ilustraciones para representar el cuerpo humano, y en particular el sistema nervioso, pero no se conserva ninguna de estas ilustraciones<sup>1</sup>.

**HERÓFILO DE CALCEDONIA** (hacia 300 a. C.). Nació en Calcedonia (Bitinia) y se fue a vivir a Alejandría, llamado por Ptolomeo I Soter. Para algunos fue el primero que hizo disecciones en cadáveres humanos. Su mayor contribución la hizo al conocimiento del sistema nervioso: describió los ventrículos cerebrales, vasos meníngeos, plexos coroides, distinguió cerebro y cerebelo, separó nervios y tendones, y relacionó los nervios con el cerebro. Describió las meninges y la confluencia de los senos venosos de la duramadre (prensa torcular de Herófilo). Restableció la idea de que el cerebro es la sede de la inteligencia y de la consciencia, distinguió entre nervios sensoriales y motores. Distinguió entre arterias y venas, aurículas y ventrículos. Contó el pulso con el reloj de agua, comentó las fases del corazón (sístole y diástole). Demostró que las arterias contienen sangre durante la vida pero se quedan vacías al morir. Concibió cuatro fuerzas: