

DATOS PARA LA HISTORIA DE LA PSICOLOGIA FISIOLÓGICA

UBEDA PURKISS, M.
CUESTA, U.
Univ. Complutense Madrid

La dedicación durante muchos años a la enseñanza de la Ps. Fisiológica en los Centros Universitarios de Madrid a alumnos y estudiosos que, en la mayoría de los casos, tenían contacto por primera vez con una temática fisiológica, fue uno de los motivos que nos movió a iniciar de la mayoría de los grandes capítulos con una breve introducción histórica. Esto es por una razón sencilla: Los procesos psicofisiológicos en su desarrollo actual son sumamente complejos, en cambio, la exposición de la exposición de los hallazgos iniciales de estos temas, fruto de experiencias y técnicas muy elementales, permite familiarizar al estudiante con datos y métodos sencillos y con interpretaciones teóricas muy simples, a veces hasta ingenuas, que ofrecen un buen punto de partida a raíz del cual la exposición de las nuevas técnicas y de las complejas teorizaciones sobre la significación del sistema nervioso se hacía, en gran medida, comprensible.

Por otra parte, el valor de lo que denominaríamos perspectiva histórica ha sido a menudo desestimado por los científicos. No es infrecuente constatar que las referencias a los antecedentes históricos en importantes obras de Psicología Fisiológica son, sencillamente, inexistentes, o bien, llenos de omisiones, citas e interpretaciones que ponen en evidencia el notable desconocimiento del contexto histórico en el que fueron escritos.

Estos fueron algunos de los motivos que nos llevaron a dedicar particular interés a la investigación de ciertos aspectos fundamentales de los antecedentes históricos de la Psicología Fisiológica, de los cuales ofrecemos al lector de la *Revista de Historia de la Psicología* algunos datos que van desde el siglo XVI-XVII hasta al XIX. Con ellos, el lector interesado podrá beber en las fuentes más válidas, acudiendo a las citas bibliográficas que se ofrecen, tomadas, en su mayoría, de los originales.

Presentamos nuestro trabajo estructurado en dos partes, complementarias pero independientes:

Primera parte:

"Naturaleza origen y medio de transmisión de los 'mensajes' nerviosos".

Exponemos aquí la evolución histórica desde el s. XVI hasta la aparición de la figura de Galvani, periodo este en el que trabajosamente se construyen los cimientos sobre el cual se edificará la moderna Psicología Fisiológica.

Segunda parte:

"Origen y evolución del concepto dinámico del S.N."

Iniciamos una segunda parte revisando las incipientes aportaciones metodológicas (ablación, estimulación...), hasta desembocar en la impresionante figura de Pavlov y sus "escuelas", quizá el máximo y último exponente histórico de la Neurofisiología rusa y universal.

DATOS PARA LA HISTORIA DE LA PSICOLOGIA FISIOLÓGICA (I)

"Naturaleza origen y medio de transmisión de los 'mensajes' nerviosos"

En contraste con la medicina, disciplina que exige una síntesis de sus observaciones, la Fisiología experimental, con su atadura al análisis y al trabajo de laboratorio, tuvo históricamente un desarrollo muy limitado antes de 1600. Los médicos se ocuparon durante siglos de desarrollar y practicar en el campo de la terapia, antes de sentir la necesidad de alcanzar un más exacto conocimiento sobre la naturaleza y funciones de las partes del cuerpo en un verdadero sentido fisiológico, porque fueron filósofos (de naturaleza no metafísica), y no los médicos, quienes se interesaron por ellos.

La Psicología Fisiológica tiene sus antecedentes en las antiguas inferencias y especulaciones sobre datos de observación puramente neuroanatómicos. Aristóteles, a pesar de sus errores, bien conocidos, recoge en sus obras datos de indudable interés, pero no interpretados como lo hizo F. Bacon, quien disuelve las aportaciones aristotélicas, "sin una sola cita de sus obras", con estas líneas que evidencian su ignorancia: "Aristóteles no consultó datos experimentales para hacer proposiciones correctas y axio-

mas, sinó cuando hubo establecido su sistema según su voluntad, forzó, acopló la experiencia a los argumentos de su sistema" (Cfr. Brazier, pag. 1). Muy al contrario, una simple mirada a las obras originales de Aristóteles nos proporciona datos sobre su método de observación de los fenómenos de naturaleza animal y humana.

El siglo XVI produce la injustamente considerada primera obra de Fisiología, de Juan Fernel, médico, investigador y maestro. Fue tan bien recibida que vio a la luz numerosas ediciones. En la novena Fernel cambió el título original por el de Medicina, y la primera edición la dedica a la Fisiología. Según Sir Ch. Sherrington, esta es la primera vez que se utiliza el término Fisiología. Esto no es exacto porque en la Biblioteca Real Danesa, existe un manuscrito llamado *Physiologus* (el cual versa sobre animales y monstruos). Este ejemplar parece ser un versión danesa de un tratado mucho más difundido que el anterior sobre las bestias.

Durante algún tiempo, después de la obra de Fernel, el término 'Fisiología' fue usado para titular obras de filosofía natural. Un ejemplo está en una especie de tratado sobre metales magnéticos publicada en 1600. Aunque apoyada en la antigua teoría de los 4 elementos, la fisiología de Fernel reconoce la existencia de ciertos movimientos automáticos, que son iniciados "reflexivamente", y aunque sólo identificó los músculos voluntarios, sin embargo reconoció que existían movimientos independientes de la voluntad.

Los grabados en madera y las primeras placas en cobre abrieron un amplio campo a la difusión de estudios anatómicos. Entre los primeros se encuentran los dibujos que Jan Stephen de Calcarí hizo de los trabajos anatómicos de Vesalio. Después de siglos, durante los cuales la disección humana sólo se podía hacer furtivamente, en Italia fue abriéndose paso una actitud más liberal. Entre los anatómicos de esta época, Vesalio ocupa un lugar preminente. Aportó un experimento demostrativo de que la vaina del nervio no es esencial para la conducción de los "espíritus". Fue, además, un escrupuloso revisor de las doctrinas de Galeno y corrigió muchos de sus errores anatómicos. En cuanto a su concepto de la actividad nerviosa, no superó la teoría de que los "espíritus animales" que fluyen del cerebro corren hasta los músculos a lo largo de tubos (nervios) huecos, confundidos, como es bien sabido, con las arterias que en las disecciones aparecían efectivamente vacías, y con una consistencia y distribución que indujo a este error mantenido durante siglos.

Para el estudio anatómico del S.N. los dibujos en tizas de Leonardo da Vinci (1492-1519) constituyeron una importante aportación, aunque apenas conocida por sus contemporáneos.

Comienzos del siglo XVII

El suceso más importante para lo que podemos considerar Filosofía Natural en su rama de la neurología, fue la aparición (en 1600) de la obra clásica de William Gilbert, *De Magnete* (op. cit.), y la segunda edición (póstuma) en 1633. Esta obra, más rara aún que en su 1º edición, tiene más ilustraciones y algunas adiciones de W. Lochmann de Pomerania (1594-1653). La importancia de esta obra fue no sólo el establecimiento de una frontera entre las futuras ciencias físicas y la electrofisiología, a través de su insistencia sobre la electricidad y el magnetismo, fue la primera obra de su tiempo que estableció la necesidad de aplicar los métodos empíricos, y en este sentido puede considerársele precursor del movimiento científico del siglo XVII. Si se leen detenidamente los dos últimos capítulos del *'De Magnete'*, la obra resulta revolucionaria en sus planteamientos: en ella el autor clama por "experimentos válidos y argumentos demostrativos que sustituyan a las opiniones probables de los maestros en filosofía".

La primera obra importante que aplicó los principios metodológicos de F. Bacon no fue sobre S.N, sino sobre circulación de la sangre. El magnífico tratado de W. Harvey, *'De Motu Cordis'* fue un ejemplo de trabajo para todas las obras de fisiología. Este librito (72 pags.) fue el primer tratado concebido en términos no estáticos sino dinámicos. Harvey rechazó, a base de datos experimentales, la doctrina galénica según la cual los movimientos de la sangre en los sistemas arterial y venoso era un ritmo de flujo y reflujo independientes, excepto por el intercambio a través de "poros" del tabique interventricular. Por experimentos perfectamente concebidos, Harvey probó su hipótesis de que "la sangre en el cuerpo animal es impulsada circularmente por un impulso de moción ininterrumpida". Harvey había propuesto esta hipótesis en 1616, pero la prueba experimental definitiva no la presentó hasta la publicación definitiva de su obra en 1628. Aún a pesar de este triunfo del método empírico en la localización en la sangre de un alma "animal ipsa esse sanguinis". Harvey siguió a Galeno al aceptar la "reterminable" como destino de la sangre dentro del cráneo, aunque la duda de su existencia en el hombre había sido planteada ya un siglo antes por Berengario da Carpi con un siglo de anterioridad (1470-1550). Harvey planteó sus propios principios sobre la natu-

raleza de la función nerviosa y escribe: "creo que en los nervios no se da una corriente de espíritus, sino una irradiación de acciones de la cual resulta la sensación y el flujo del movimiento, brotando como una luz en el aire, o quizá como el flujo y el reflujo en el mar.

Que los nervios juegan un papel activo operando sobre el corazón como una bomba mecánica fue una doctrina propuesta por Borelli de Napoles, profesor de matemáticas en Pisa y después en Florencia, aplicando principios de la matemática a la fisiología, y presentando modelos mecánicos para representar algunas de las funciones del cuerpo.

Su concepción acerca de la inervación del músculo fue iniciada por la idea de que el fluido nervioso (*succus nerveus*) era producto de una fermentación en el músculo impulsando a la contracción. Tuvieron que pasar muchos años después del descubrimiento de Harvey sobre la circulación de la sangre antes de que se llegara a un concepto dinámico de la actividad muscular. Los músculos periféricos eran considerados como órganos pasivos hinchables como balones por los espíritus conducidos por los canales de los nervios. Borelli diseñó un ingenioso experimento: sumergía un animal en el agua y hacía incisiones longitudinales en el músculo, comprobando que los espíritus no podían ser gaseosos ya que no aparecían burbujas en el agua, a pesar de la existencia de contracciones violentas. Este experimento fue el que indujo a formular la hipótesis de que un medio mezclado con el músculo causaba la contracción por explosión fermentativa (*ebullitio et dispsio*).

Borelli fue miembro de un grupo de científicos experimentalistas reunidos en la Accademia del Cimento bajo los auspicios de los Medici en Florencia. Esta reducida sociedad científica (sucesores de los Linnei) duró solamente una década, pero fue magistralmente importante como grupo dedicado a experimentar en el laboratorio. Surgió con independencia de escuelas cuyos maestros no miraban más allá de los libros para encontrar solución a sus problemas. La Accademia del Cimento, que sólo llegó a incorporar grupos de nueve miembros, tuvo gran influencia en el pensamiento científico experimental europeo. En el último año de su existencia publicaron sus actas. Fundada totalmente en la metodología empírica, estas actas constituyen un verdadero texto científico. Fue escrito en italiano y por eso no alcanzó la debida difusión hasta su traducción al latín por Petrus va Musschenbroek de Leyden. Este libro influyó, por ejemplo, en toda la obra experimental de Esteban Hales. La obra incluye no sólo una serie

de experiencias en animales sino que hace un extenso y fino análisis de los aspectos de la física que son básicos para el trabajo que el fisiólogo hace en el laboratorio.

Primeras influencias cartesianas

Borelli debe a su contemporáneo Descartes la aplicación de la matemática al estudio de la acción muscular. El filósofo francés, que apenas hizo un experimento, escribió su Discurso sobre el método, el cual influyó en todos los experimentalistas (1637). Los filósofos de la naturaleza o "Físicos" apenas habían comenzado a observar la naturaleza y a establecer presupuestos sobre los errores cometidos en los antiguos tratados de filosofía. Las matemáticas constituyeron su principal instrumento de trabajo. No sólo esclarecían los hallazgos del laboratorio, sino que harían posible una teoría integradora de las nuevas ciencias.

Descartes, convencido de que las matemáticas eran el instrumento capaz de alcanzar una teoría unificada de toda la ciencia, explica su papel en la fisiología. De aquí se sigue que el cuerpo animal con todas sus actividades trabaja como una máquina, cuyas operaciones están dirigidas desde "una torre de control". En el cerebro con su desarrollo simétrico bilateral, la unicidad viene representada por la glándula pineal, que en el hombre, además, es la sede del alma. En el concepto del "hombre-máquina", el cuerpo no es impulsado energéticamente por el alma inmaterial. "Es un error (escribe Descartes), suponer que el alma suple al cuerpo con su calor y sus movimientos, (Passoins de de l'Amie, artº 5.), sino que es estimulada por y desde el mundo exterior". He aquí el germen del concepto de la actividad refleja.

Descartes ofreció a las siguientes generaciones de neurofisiólogos la noción de que las "impresiones" que llegan desde el mundo externo son conducidas por los espíritus animales materiales a los ventrículos, y aquí dirigidos por la glándula pineal mediante los nervios tubulares que los conducen a diversas partes del cuerpo, sobre las cuales ejercerán los subsiguientes y adecuados efectos. En los animales es posible que se trate de una acción puramente mecánica, pero en el hombre, el alma, que reside en la glándula pineal, seguirán, por decirlo así, la dirección tomada por esta estación de intercomunicación central. Descartes reconoce, sin embargo, que quizá alguna de estas acciones caen fuera del control de la voluntad, como por ejemplo el brusco movimiento que retira la mano del fuego que la quema.

Todavía dejó Descartes a los neurofisiólogos otro concepto fecundo, que más tarde recibiría el nombre de "Inervación reciproca": para asegurar que mientras los espíritus animales fluyen hacia un tipo de músculos, el opuesto debe relajarse, lo cual tendría lugar mediante la acción de un bloqueo de los primeros regulado por determinadas "válvulas". No sabemos si en esta idea de las válvulas pudo influir la doctrina de Harvey sobre las válvulas venosas, aunque, ciertamente, comentó y conoció el descubrimiento de Harvey.

Descartes fue uno de los miembros que integraron el grupo al cual la generación siguiente, con manifiesta desconsideración, dió el nombre de "balonistas". Descartes, desconocedor probablemente de los experimentos de Borelli, pensó que los espíritus animales son como "el viento o la llama sutil" que "cuando fluyen dentro de un músculo este se rigidiza y aumenta de volumen, como sucede cuando se infla un balón, se hace más duro y se expande la substancia que contiene".

Sobre todos los grandes hombres se han escrito biografías, pero quizá las más vivas resultan de sus contemporáneos. En el caso de Descartes, Borelli escribió un apasionante resumen de su vida y de su filosofía que recomendamos con entusiasmos al lector

Un joven contemporáneo de Descartes, aunque menos directamente influenciado por su doctrina que Borelli, fue William Croone, que trabajó sobre la acción muscular. También él pensó que el "jugo" nervioso debe relacionarse de alguna manera con el músculo: "El líquido espíritoso fluye y se mezcla con el jugo del músculo, y entonces, el músculo se hincha como una vejiga recién insuflada...". Más tarde, Croone cambió esta interpretación por otra, según la cual el músculo estaría formado por pequeñas vejigas correspondientes a cada fibra muscular. Así como Borelli fue miembro fundador de una sociedad científica, Croone también formó parte de un grupo original que en Inglaterra fundó la Royal Society la cual, al contrario de la Academia del Cimento, ha subsistido hasta nuestros días. La Royal Society es la responsable de las famosas "Croonian Lectures", fundación establecida por la viuda de William Croone.

La Royal Society recibió la promoción del "conocimiento natural", y entre sus miembros se cuentan algunos muy ilustres en el campo de la fisiología. Robert Boyle, "padre de la química", fue uno de sus más eficaces impulsores. Aunque famoso por su ley so-

bre la presión de los gases, realizó experimentos fisiológicos sobre la respiración de los animales. Pero tuvieron que pasar muchos años hasta que se demostrase el efecto de la anoxia sobre el SN., y y aún transcurrieron 100 años más hasta los trabajos de Priestley y Lavoisier sobre el papel del oxígeno, pero mucho antes, el mismo Boyle, utilizando una ingeniosa cámara de compresión, demostró que el aire es esencial para la vida.

Los trabajos de John Mayos sobre química de la respiración (15), pasaron casi desapercibidos en su tiempo, aunque después, en cambio, fueron sobrevalorados. Esta publicación, que precedió a los trabajos experimentales, fue contemporánea con las realizadas en la Academia del Cimento.

Las escuelas del siglo XVII

El comienzo del s. XVII se caracteriza por el desarrollo sobre el fundamento químico de los fenómenos vitales, realizados principalmente en Holanda e Inglaterra, en contraste con la orientación físico-matemática de las escuelas francesa e italiana. Estas contrapuestas escuelas recibieron las denominaciones de escuelas "Iatroquímica e Iatromecánica". La iatroquímica ofreció fundamentos, aunque inestables, a los ulteriores trabajos de Van Helmt (1577-1644) y de Sylvius (1614-1672), que a su vez sirvieron a Thomas Willis para sus estudios sobre el SN. Willis, profesor de Filosofía Natural en Oxford, es conocido por su agudeza clínica y por la descripción del círculo que lleva su nombre, así como por sus disecciones de los nervios espinales accesorios: (Galeno había identificado solamente 7 pares craneales). Willis fue colega y colaborador en Oxford de Richard Lower, defensor de una teoría según la cual los espíritus fluirían dentro del corazón desde los nervios, provocando en aquél los correspondientes latidos.

El más espectacular hallazgo experimental realizado por Lower fue, al parecer, una transfusión de sangre primero en el perro y después en el hombre (17).

Por lo que respecta a Willis, aunque superó la doctrina galénica, todavía de actualidad sobre el SN., afirmó que el alma posee dos partes, ligadas a una llama o fuego propio del fluido vital de la sangre, y a una luz, propia del "jugo nervioso". Cuando se funden ambas en el músculo, forman una mezcla altamente explosiva que llena o infla el músculo. Antes de finales de este siglo XVII, surgió una voz contra estas fantásticas explicaciones. Stensen (18), el

gran anatómico danés, escribiendo en Florencia en 1667, afirmó inequívocamente que: "Los espíritus animales, la parte más sutil de la sangre, el vapor de la sangre, y el jugo de los nervios, son nombres usados por muchos, pero son meramente palabras que no significan nada".

Antecedentes del S. XVIII.

El "gran siglo XVII" comenzó gloriosamente con la obra de Magnete y avanzó con los descubrimientos y teorías de Galileo, Kepler, Huygens, Leibnitz y Newton, aunque estos científicos trabajaron principalmente en el campo de la matemática, física, astronomía, todas estas ramas de la ciencia fueron como un fermento que impulsó el crecimiento de otras ramas científicas. La ruptura de la postura dogmática fué todo un acontecimiento, aunque escribe Brazier, (pag 8, op. cit.), el Index Librorum Prohibitorum representó un freno para el avance de las ciencias. La obra de John Milton, Aeropagítica (19) fue todo un llamamiento a la libertad de expresión y de la distribución de libros.

Los estudiosos del SN, pasaron por el más duro trance por causa del dogmatismo, ya que en su campo se incluían aquellas estructuras que son como "guardianes del alma humana". Entre los grandes autores de este tiempo, aparece Locke (20), el padre del empirismo. A pesar de que su preparación fue como médico, sus estudios impulsaron durante varias generaciones los trabajos en sentido del desarrollo de una fisiología de la mente. El Essay on Humane Understanding tuvo una aceptación inmediata y le produjo mayor beneficio económico que a J. Milton su Paradise Lost.

Newton es el científico que realmente marca una separación abismal entre los siglos XVII y XVIII. Amigo de Locke, con él mantuvo una amplia correspondencia cuyo contenido a menudo versa sobre interpretaciones del Nuevo Testamento, uno de los problemas que le preocupó toda su vida. La visión científica de Newton sobre el movimiento y las fuerzas de la naturaleza le condujo a proponer ciertas sugerencias acerca de la actividad del SN, recogidas por los filósofos de su tiempo. Todos los neurofisiólogos del siglo XVIII intentaron encuadrar sus hallazgos en las proposiciones newtonianas. En el General Scholium (21) que añadió en la 2ª edición de sus Principia (26 años después de la 1ª edición), Newton formuló la teoría de la existencia de un eter elástico y difundido, "mucho más raro y sutil que el aire", que aplicado al SN, le lleva a afirmar: "Supongo que los capilares de los nervios son cada uno de

ellos sólidos y uniformes; la vibración de este medio etéreo se propaga del principio al fin de los nervios de manera uniforme y sin interrupción...". Se comprende (ante esta aseveración), como recibieron esta afirmación aquellos que aceptaban la existencia de un principio nervioso que se difunde y corre a lo largo de los nervios, y sin embargo, no habían podido identificar un tal fluido que fuese tan suficientemente sutil e invisible. Y sin embargo, muchos investigadores, como Bryan Robinson, Profesor de física de la Universidad de Dublín, no sólo aceptaron, sino que hasta llegó a afirmar que: "Sir Isaac Newton ha descubierto las causas del movimiento muscular y de la secreción" (22).

El siglo XVIII

En el comienzo del s. XVIII los estudios sobre el SN, habían alcanzado muy diversos niveles en los distintos países de Europa. En Alemania, en la 1ª mitad de este siglo, la guerra de los 30 años suspendió casi totalmente el desarrollo científico, tanto que en los campos de la química y la fisiología vuelve a reaparecer la alusión a la existencia de un alma inmaterial. Todo ello es debido a la aparición de una figura de gran influencia, Georg Ernst Stahl, quien en favor de las mencionadas corrientes retrógradas en los campos de la química y la fisiología, afirmó que las partes del cuerpo no poseen en sí mismas propiedades dinámicas. Como la búsqueda de un agente inmaterial cae fuera del ámbito de la ciencia, el dogmatismo de Stahl anuló prácticamente todos los esfuerzos experimentales. Su doctrina era de tal naturaleza que incluso alguno de sus seguidores (23) llegó a escribir que admitir sus argumentos supone verse involucrado en un laberinto de sutilezas metafísicas".(24).

Este planteamiento metafísico fue rigurosamente criticado por Vicq d'Azyr (25), afirmando que la invención de un alma imaginaria para resolver estos problemas que no pueden ser explicados por las leyes de la física y la química, era simplemente una muestra de ignorancia.

En oposición a las teorías humorales o vitalistas aplicadas al SN, y a la actividad muscular, Giorgio Baglivi, nombrado profesor de medicina y Anatomía en Roma por el Papa Inocencio XII, trabajó sobre fibras de los músculos y de los nervios. Estudió con detalle las fibras musculares y nerviosas y superó las interpretaciones dominantes en el s. XVIII. Desarrolló una teoría según la cual se daría un movimiento oscilatorio de los nervios que expli-

caria tanto su actividad aferente como eferente, considerando que en la duramadre estaria tanto el origen de estos movimientos como el lugar de la actividad de la oscilación de retorno.(26)

El centro médico más importante de Europa en aquel tiempo era la Universidad de Leiden. El impulso hacia una orientación empirica se la dió el físico S'Gravesnde (27) el cual escribe en 1729: "La naturaleza debe ser examinada en si misma y lo más inmediatamente que sea posible, en este campo el progreso será lento, pero los hallazgos serán ciertos".

Por otra parte, Petrus van Musschenbroek (28), Rector de la Universidad de Utrech y profesor de física, en un discurso sobre el método científico, afirmó:

- que la física debe permanecer aparte de la metafísica,
- que el análisis experimental debe anteceder a la síntesis,
- que en la síntesis coherente de evidencias cualquier excepción no debe ser ignorada, y
- que la argumentación por analogía debe mirarse con cautela.

Y, sin embargo, fue por analogía como en los comienzos del s. XVII se consideraron las funciones del S.N.: el cerebro es análogo al corazón y los nervios a las arterias. En el 2º caso, el contenido es la sangre, en el 1º, el fluido nervioso. Algunos autores incluso aludieron a "la sistole del cerebro.... por la cual los jugos animales son impulsados y conducidos por las fibras de los nervios", tal es el

Van Musschenbroek tuvo como discípulo a Hermann Boerhaave, que llegó a ser catedrático de medicina en Leiden. Era fundamentalmente un clínico y estudioso de la química, alcanzando una gran fama como maestro debido a su gran personalidad, aunque nunca fue un verdadero experimentalista, y sus doctrinas no se inclinaron hacia el progresismo. La verdad es que no añadió nada nuevo al conocimiento fisiológico del cuerpo. En sus lecciones sobre el S.N. enseñó que "los ventriculos cerebrales poseen muchos usos y ventajas en la vida, tal como la exhalación permanente de un sutil vapor o de un fluido húmedo". Dedicado principalmente a la química, no trabajó experimentalmente en fisiología, pero formuló teorías de puro antecedente galénico: "Aunque el

jugo nervioso o spiritus separados en el cerebro son los más sutiles y móviles que ningún otro humor del cuerpo, están formados, como todos los demás humores por el mismo fluido denso que es la sangre, pasando por muchos grados de atenuación (refinamiento) hasta que sus partes de se hacen lo suficientemente pequeñas como para difundirse por los últimos vasos de la corteza, donde se hacen los más sutiles fluidos en el cerebro y en los nervios" (30). Estas teorizaciones no se compaginan con lo que afirma en sus Aphorismi (31) cuando escribe que la atención a los datos y la observación son los mejores medios para promover los conocimientos médicos.

Entre los discípulos de Boerhaave se cuentan casi todos los estudiosos del S.N. que alcanzaron renombre en el s. XVIII: Haller, van Swieten, Monro, Cullen, de Haen, Pringle... lo cual demuestra que en su labor magistral fué capaz de despertar entre sus discípulos un fuerte entusiasmo por los trabajos experimentales y la observación. De ellos cabe citar a van Swieten (32), uno de los más prestigiosos científicos, el cual, como católico, tenía pocas posibilidades de éxito en la Univ. de Leiden, por lo que hobo de marchar, bajo el patronato de Maria Teresa de Austria, a la Univ. de Viena, donde fundó la Antigua Escuela de Viena, siguiendo los esquemas de la escuela médica de Leiden.

Durante este periodo alcanzaron gran desarrollo los trabajos experimentales sobre el sistema nervioso orientados en tres direcciones principales: a) esclarecimiento de la función de los nervios periféricos y su diferenciación de los músculos; b) conocimiento de la función de la médula espinal y desarrollo de nuevas ideas acerca de la acción refleja; c) mayor conocimiento sobre el cerebro: su estructura neuronal, liberándolo del antiguo dogma que lo consideraba sede del alma.

Excitabilidad y transmisión en los nervios

En el campo de la fisiología de todo el grupo formado en la cátedra de Berhaave en Leiden, Albrecht von Haller es el investigador más destacado. Nacido en Berna, estudió medicina en Leiden y graduado, regresó a Suiza, donde compartió su tiempo entre la medicina, la poesía y la botánica. En 1736 George II de Inglaterra le nombró para ocupar la cátedra de ciencias médicas mixtas en la recién fundada Univ. de Gotingen: Anatomía, Cirugía y Botánica. En esta Univ. desarrolló la mayor parte de sus trabajos experimentales. Fué un gran hombre de laboratorio y gran compilador teórico, como demuestra su obra *Elemental Physiologiae* (33). la

más famosa, sin duda alguna, del s. XVIII. Publicó también una obra de anatomía (34) con numerosos dibujos y donde consignó una importante compilación bibliográfica que incluye varias decenas de miles de referencias.

Para los neurofisiólogos, la aportación más interesante de Haller es su investigación sobre el mecanismo de la "irritabilidad". Otros discípulos de la escuela de Leiden interesados en los conceptos y mecanismos de la irritabilidad fueron Francis Glisson (1597-1677) y Johannes de Gorter.

Glisson publicó su *Tractatus de Ventriculo Medicae* en 1737 (35), y Gorter, médico de la Emperatriz Isabel de Rusia, publicó su volumen *Exercitationes Medicae* en 1737. Aunque no cita más que una vez a Glisson, parece que se inspira en él. Sea como fuere, el concepto de irritabilidad intrínseca difiere del de Glisson, porque este último lo considera como parte de un esquema dinámico según el cual los movimientos de los músculos y de los nervios actúan mecánicamente, el uno sobre el otro.

Glisson fue uno de los pocos científicos que en s. XVIII probó experimentalmente la doctrina galénica, según la cual la contracción muscular se debe aun influjo del fluido nervioso que dilata el músculo. La demostración consistió en que al sumergir en agua el brazo de un hombre, el nivel no se eleva con la contracción. (Snammerdam, en Holanda, llegó a la misma conclusión experimentando con ranas.). De estos experimentos Glisson llegó a desarrollar el concepto de irritabilidad intrínseca, variable de acuerdo con las diversas funciones nerviosas. Sin embargo Glisson (como Regius), profesor de física en Cambridge, ligado por compromisos "políticos" en su condición de profesor de aquella Universidad, se vió obligado a ceñir sus aplicaciones a las doctrinas galénicas e hipocráticas, con menoscabo de su libertad de investigación experimental; todo ello parece evidenciar el retraso en sus nuevas interpretaciones sobre el mecanismo de irritabilidad. En manos de Haller, esta idea floreció en un concepto que dominó la fisiología durante más de un siglo. Su teoría difiere de la de Glisson en el que el 1º omite un elemento intermediario de percepción psíquica entre la irradiación y la contracción. Su 1ª alusión concreta en su teoría a la relación entre contractibilidad e irritabilidad data del 1739 (consta ya en sus comentarios a las lecciones de Boerhaave), y desarrolla este mecanismo en sus *Elemental Physiologicae*. Pero fue sobre todo en sus lecciones como prof. en Gottingen (1725), publicadas al año siguiente, donde el concepto fue más plenamente

desarrollado y apoyado en datos experimentales (36). La definición de Haller de la doble propiedad y sensibilidad es la siguiente: "Yo considero que parte del cuerpo es irritable, porque se hace más corta al ser tocado (estimulado) por un estímulo débil. Considero que una parte sensible del cuerpo humano que es tocada (estimulada táctilmente) transmite la impresión al alma; y en los animales, donde la existencia del alma no es clara, llamo a estas partes 'sensibles', porque su irritación evidencia en el animal dolor e inquietud".

En este texto inmediatamente se pone de manifiesto que los fisiólogos de este tiempo, tenían que recurrir al alma para diferenciar los procesos animales de los humanos. Haller descubre en estos términos su diseño experimental: "Tomo animales vivos de diversas especies y edades, y después de descubrir (disecar) aquella parte que quiero estudiar, espero hasta que el animal esté tranquilo, entonces irrito la parte en estudio, por una corriente de aire, o un instrumento caliente, o con alcohol, vinagre o antimonio amargo. Entonces observo atentamente si la irritación por contacto, el calor, el corte o la laceración de aquella parte se inquieta, si emite algún sonido (el animal), o retira el miembro sometido a estas irritaciones; por último, si dicha parte entra en movimientos convulsivos o si no sucede nada".

Haller afirma que los nervios son "la fuente de toda sensibilidad", pero aplicando su dicotomía de irritabilidad/sensibilidad a varios tipos de nervios, observa que no todos son irritables según su definición, aunque algunos sí muestran contracción. Así propone una 1ª diferenciación entre nervios motores y sensitivos. Por desgracia, en su hipótesis, incorpora el concepto de fluido nervioso dentro de los nervios, propuesto hacia nada menos que 1600 años.

Descubierto el microscopio, la difícil cuestión acerca de la estructura íntima de los nervios no quedó definitivamente esclarecida. En efecto en 1674 Leeuwenhoek (37), con la muy limitada ampliación de su rudimentario microscopio, buscó aquellos "túbulos" huecos en los nervios de la vaca, y sus resultados fueron equívocos; tanto que 100 años más tarde y con microscopios más perfeccionados, el problema permanecía sin resolver.

La única hipótesis que competía con los anteriores puntos de vista y que tuvo pocos partidarios, sostenía que los nervios son cordones que comunican las sensaciones al cerebro por medio de vibraciones; fue rechazada por Boerhaave porque "...repugna a la

naturaleza suave, pulposa y flácida de los nervios". Pero fue también rechazada por Haller al destacar que "cómo sería posible que un fluido pudiese extenderse por un nervio de tales cualidades". Haller insistió en que debe existir un fluido sumamente sutil, imperceptible a la vista y, sin embargo, más substancial que el mismo calor, que el eter, la electricidad o el magnetismo. En otro comentario, Haller afirma que "la electricidad debe constituir el más poderoso estímulo para el nervio, pero parece improbable que el estímulo natural del nervio sea eléctrico".

Otros investigadores contemporáneos a Haller vieron las cosas con más certera anticipación: toda una corriente de anatómicos y fisiólogos ponían en la electricidad el medio de transmisión nerviosa. Por ejemplo, Alexander Moro, prof. de la Universidad de Edimburgo y discípulo de Boerhaave. Toda la dinastía de los Moro sostuvieron que al no poderse descubrir ninguna cavidad o hueco en la estructura del nervio, era imposible que ningún tipo de fluido fuera el conductor de sus actividades. Sólo muy cautelosamente hacen alusión a la electricidad como posible conductor de la acción nerviosa. Pero es que estos autores consideraban la electricidad como difundándose a lo largo del nervio como si fuera un hilo sin atslamiento alguno que pudiera prevenir las fuerzas del flujo eléctrico. Así Haller escribe "No tenemos suficientes conocimientos acerca de las propiedades del eter o de otro tipo de efluvios eléctricos capaces de difundirse por todo el cuerpo, y así ser aplicados a la economía animal; resulta difícil concebir cómo puede ser retenido o conducido a lo largo de los cordones nerviosos"(38).

Stephen Hales (1677-1761), al refutar la teoría de la "insuflación" de los músculos debida al flujo sanguíneo, propone que el fenómeno se debe a la corriente eléctrica (39). Hales, sin formación científica cualificada, pero con una gran agudeza para la observación y la experiencia, llegó a ser reconocida autoridad en el conocimiento de la circulación. Refiriéndose a los nervios escribe: "Desde la minúscula fuerza de la presión arterial en las fibras musculares, no podemos concluir con fundamento que sea capaz de producir un tan grande efecto; hasta el momento no ha sido explicado este misterio de la naturaleza, por tanto, debemos concluir que se debe a una energía más intensa cuya fuerza es regulada por los nervios; pero no sabemos si esta energía está contenida en canales dentro de los nervios, o actúa a lo largo de su superficie en forma de fuerza eléctrica".

La Figura de Galvani

Concluiremos esta 1ª parte de nuestros Datos para la historia de la Ps. Fisiológica con algunas de las experiencias de Galvani. El profesor de Bolonia hizo una aportación transcendental a la ciencia, una aportación que cierra una puerta en la historia de la fisiología para llamar a la siguiente. La teoría de Galeno sobre el SN agoniza. Sus espíritus animales son ahuyentados. Se abre un nuevo universo ante los exploradores del cerebro. Pero ello será materia de la 2ª parte de nuestros Datos.

Los famosos Comentarios de Galvani se publicaron por 1ª vez en 1971, en un momento en que la atención se centraba en el problema de la electricidad. La demostración realizada por Esteban Gray (40) según la cual el cuerpo humano puede ser "electrizado", fue difundida y hasta popularizada por el Abbé Nollet (1700-1770) (41), profesor de matemáticas en Leipzig. Estos dos autores repitieron las experiencias de Gray suspendiendo a un muchacho del techo por medio de unas cuerdas, y poniendo próximo a sus pies un tubo de cristal que había sido previamente cargado de electricidad por frotamiento, observando la atracción de un electroscopio aproximado a la nariz del sujeto.

Fue van Musschenbroek, en su empeño en conservar la electricidad en un conductor y valorar la pérdida de su carga en el aire (utilizando agua como conductor y una botella de cristal como aislante del aire) quien descubrió el primer condensador eléctrico, aunque, bien es verdad, por puro azar su ayudante, Adres Cuneus, mientras sostenía la botella que contenía el agua con la carga eléctrica, accidentalmente tocó el conductor insertado en la botella, sintiendo una descarga eléctrica. Es decir, que con su mano había hecho una "placa", mientras que la otra "placa" era el agua cargada de electricidad, y la botella el dieléctrico intermediario (42). Van Mussechenbroek escribió a Réamur dándole cuenta del hallazgo. Desde este momento se hizo posible la retención de electricidad.

Tanto el electroscopio, como la botella de Leyden, fueron utilizadas por Galvani en los experimentos que realizó alrededor de 1780). Galvani conocía también la existencia de ciertas especies animales, como el torpedo marino y la anguila eléctrica, que poseen electricidad propia. Los conocimientos científicos sobre este tipo de animales "eléctricos" comenzaron con los trabajos de John Walsh, de tanto interés que han continuado hasta nuestros días (43). En aquellos tiempos, la producción de una "chispa" era

"condition sine que non" para aceptar la naturaleza eléctrica de un fenómeno. Esta condición faltaba en el fenómeno de los animales, hasta que Matteucci demostró la naturaleza eléctrica de sus descargas. Por otra parte sabemos, que muchos años antes de las conclusiones formuladas por Galvani, el experimentador y médico Swammerdam y el anatómico francés Joseph Guichard Duverney, demostraron la posibilidad de provocar convulsiones musculares en el miembro de la rana por irritación mecánica y por electricidad aplica directamente al músculo (44).

Una de las primeras demostraciones de estimulación de un músculo por irritación de su nervio tuvo lugar ante la Academia Real de la Ciencia de Paris en 1700, según se recoge en la Historia y Memorias de dichas Academia en la siguiente forma:

"M. du Verney presentó una rana recién muerta, y descubriendo en ella los nervios del muslo y pierna, e irritándolos un poco con el escalpelo, provocó temblor y convulsión en el miembro. A continuación seccionó los nervios del abdomen, y manteniendo el animal en alto sostenido por su mano, obtuvo el mismo resultado por irritación con el escalpelo. Si la rana estaba muerta hacia tiempo, el fenómeno no se presentaba, luego sería debido probablemente a que en estos nervios permanecía durante cierto tiempo un líquido cuya ondulación causaba el temblor de los músculos, lo cual indicaba que los nervios son simplemente tubos huecos conductores, y su acción depende del líquido que ellos contienen".

Las 3 conclusiones propuestas por Galvani, deducidas de sus numerosos experimentos, y recogidas en sus Comentarios (45), fueron las siguientes:

a) la preparación músculo-nerviosa de una rana, colocada a cierta distancia de una máquina electrostática en funcionamiento, reaccionará con contracción cuando el experimentador esté en contacto con dicha máquina. (Posteriormente, a este fenómeno le ha denominado "inducción a distancia").

b) la electricidad atmosférica puede utilizarse para estimular los miembros posteriores de la rana cuando un hilo conductor largo se cuelga en posición vertical en tiempo de tormenta. (Principio del conductor de descarga).

c) las patas de la rana se contraen si se cuelga el animal con un gancho de bronce a una barandilla de hierro, y esto, en ausencia de tiempo tormentoso.

Este último descubrimiento es el más importante y significativo. Se debía a la existencia de una corriente que fluye entre metales diferentes cuando se conectan formando un circuito. Galvani no llegó a explicar este fenómeno; lo atribuía a ciertas propiedades de la electricidad intrínseca del animal.

Los *Comentarius* tuvieron 3 ediciones, 2 en 1791 y posteriormente en 1792 (año turbulento en Francia). Fue con esta última edición cuando llegó a los científicos fuera de Italia, y comenzó la gran controversia provocada por Volta (a la que Galvani nunca respondió públicamente debido, probablemente, a su gran timidez), y que continuó, después de su muerte, en 1798. A su sobrino Aldini (entusiasta defensor de las teorías de su tío) se deben 2 importantes campos de conocimiento como ampliación de las observaciones originales. Uno fue el reconocimiento y esclarecimiento de las propiedades eléctricas del músculo y nervio, que condujeron casi directamente a los descubrimientos de du Bois Reymond un siglo después, sobre la acción potencial del nervio; el otro, no menos importante, fue el desarrollo del fenómeno de la electricidad bimetálica, hasta la obtención (por Volta) de la pila eléctrica, uno de los pasos más importantes dados por la ciencia del s. XVIII.

Volta insistía en explicar todos los experimentos de contracción muscular en la rana por el principio de las corrientes bimetálicas. Para producir electricidad son necesarias 3 substancias, 2 metales heterogéneos y un tercero que actúa como conductor material y que cierra el circuito. Se este tercer material es el músculo de la rana, actuará en virtud de su irritabilidad reaccionando a la corriente bimetálica (46). Cuando J. Aldini (47), demostró que introduciendo la preparación neuromuscular en un recipiente con mercurio se obtienen los mismos efectos que se pueden obtener con un sólo metal, Volta replicó que la superficie en contacto con el aire sufre una carga que la hace heterogénea con la parte sumergida o profunda. Esta compleja y arbitraria réplica fue rechazada por Humboldt (48).

Antes de la muerte de Galvani un autor anónimo (49) publicó una importante obra, probablemente consecuencia de unos trabajos que hizo en colaboración con Galvani. En ella se describe

un experimento sobre contracción muscular en ausencia de cualquier metal como fuente de electricidad, tanto interna como externa. Cuando se secciona la porción caudal de la médula de la rana y se toca el nervio ciático, se produce una contracción muscular. En este caso, la fuente de electricidad se denominó "corriente de estimulación cruenta". Después de estas experiencias, Volta explicaba el fluido de la corriente como resultado de una heterogeneidad de tejidos: músculo y nervio.

El estudio del diseño de las experiencias de Humboldt y la claridad de sus razonamientos frente al carácter de las controversias con que fueron recibidos los hallazgos de Galvani, resultan del mayor interés incluso para el investigador de nuestro tiempo. Humboldt, sin dejarse influir por el apasionamiento de estas controversias, repitió una y otra vez estas experiencias, revisó insistentemente sus interpretaciones, diseñó nuevos experimentos para probar las hipótesis y así llegó a la conclusión de que Galvani confundía 2 fenómenos distintos: la electricidad bimetalica y la electricidad intrínseca de los animales, y que ambos fenómenos no se excluían uno a otro. Humboldt demostró que tanto Galvani como Volta erraban en la interpretación de sus experiencias, y, sin embargo, toda esta controversia dió como resultado el nacimiento de la pila eléctrica. Humboldt no sólo esclareció las erróneas interpretaciones de Galvani y Volta, sino también las de otros estudiosos que intervinieron en la discusión con precipitación y sin suficiente base experimental, tales como Christopher Henri Pfaff (50), Richard Fowler (51), Eusébe Valli (52) y Edmund J. Schmuck (53), todos los cuales fueron refutados teóricamente y experimentalmente por el maestro Humboldt.

Los trabajos de investigación sobre electricidad animal se cultivaron en numerosos países, pero la contribución más valiosa fué la de los investigadores italianos. Sus trabajos se facilitaron y desarrollaron con el descubrimiento del electromagnetismo por Oersted (54), y con el descubrimiento del galvanómetro de Nobili.

Es curioso destacar que el importante descubrimiento de Oersted se debió (55) a la fidelidad de este autor a un principio metafísico de plena actualidad en la filosofía kantiana alemana entre 1810 y 1840, que al rechazar el valor de todo empirismo y sentir toda la filosofía sobre las bases universales de un a priori conocido por intuición, impulsó a Oersted a realizar un experimento ante sus estudiantes en la Universidad de Copenhague. El experimento resultó satisfactorio: cuando la corriente fluye en un hilo

en espiral, una pila-ímán colocada debajo se movía, era atraída. Este descubrimiento dió lugar al perfeccionamiento de instrumentos con hilos conductores embobinados, y al descubrimiento del galvanómetro de cuerda con bobina de inducción móvil.

Respecto a Nobil, profesor de Física e Historia Natural de la Univ. de Florencia, su mayor aportación consistió en el galvanómetro astático o móvil, en el que 2 bobinas enrolladas en dirección opuesta eliminan los efectos del magnetismo terrestre (56).

Carlo Matteucci, uno de los hombres prominentes del "Risorgimento" italiano, gran liberal que pretendió unificar los movimientos liberales europeos, profesor de Física en Pisa, fué quien puso las bases para una electrofisiología muscular (57), ampliamente desarrollada después por du Bois Reymond. Matteucci fué uno de los primeros ministros de Instrucción Pública en Italia, después de la unificación de este país en 1859. Sus aportaciones nunca han recibido un justo reconocimiento, sobre todo después de los crudos ataques de que fué objeto por du Bois Reymond, que siempre tendió a quitar importancia científica a sus polémicas con Matteucci. Este electrofisiólogo italiano fué el primero en plantear el por qué en la unión neuro-muscular se afirma que la electricidad reside únicamente en el músculo. La preparación experimental de Matteucci consistía en el miembro posterior de una rana seccionada por encima del plano de la sección (es decir, la rodilla). Galvani mantenía en su preparación parte de la médula espinal de la rana en el punto en que el nervio se inserta en el segmento de la médula. La preparación de Matteucci, en cambio, consistía en detectar:

a) por una galvanómetro la corriente que fluye entre el corte de un músculo y su superficie intacta. La demostración de la existencia de esta corriente la hizo tanto en rana como en el hombre.

b) la multiplicación de la corriente por un dispositivo de cortes en serie de un músculo dispuesto de tal modo que la sección transversal de cada uno toque la sección longitudinal del siguiente,

c) la disminución de esta corriente durante la contracción tetánica producida por la estricnina. Esta conclusión iniciará el conocimiento de la corriente de acción, (58)

d) la capacidad de la contracción del músculo de la rana para generar suficiente electricidad como para estimular el nervio de otra preparación neuro-muscular cuando se pone en contacto con la primera ("ranreoscópica") (59).

Matteucci no fué consecuente en la interpretación de sus hallazgos y puso de manifiesto sus dudas entre un interpretación en términos eléctricos y otra basada en términos de fuerza nerviosa, a la cual denominó "contracción secundaria". Describió fenómenos experimentales tan importantes como la diferencia, en un efecto estimulante, entre "make" y "break" (dados o provocados), y el efecto de polarización de un flujo prolongado por una corriente aplicada por un electrodo. Destacó que la polarización puede tener lugar en el interior del músculo, es decir, que puso las bases para la descripción de los fenómenos de "electrotonó" y de "polarización".

No podemos concluir estas primeras Notas sin citar brevemente al más grande fisiólogo de aquel tiempo: Johannes Muller. El *Handbuch der Physiologie* (60) fue la obra más importante de fisiología del s. XIX. La revista fundada por él *Muller's Archives für Anatomie und Physiologie*, que sucedió a la 1ª revista de fisiología fundada por Reil, era en aquel tiempo la publicación más acreditada en estudios de fisiología y el medio de comunicación entre los grandes investigadores de aquel tiempo. Los trabajos de mayor interés publicados por Muller versaron sobre fisiología sensorial y su nombre quedó para siempre ligado a su famosa ley de la energía nerviosa específica.

Sus discípulos fueron grandes maestros e investigadores, tales como du Bois Reymond, von Helmholtz, von Bruke y el ruso Sechnov, precursor y maestro de Pavlov. Con ellos se abre una nueva etapa en la historia de la Ps. Fisiológica. Pero ello quedará recogido en la 2ª parte de nuestro trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Fernel, J. (1497-1558): De Naturali Parte Medicinæ. Paris, Simon de Colines, 1542.
- 2.- Physiologia. Paris, Wechsel, 1554.
- 3.- Sherrington, Ch.: The Endeavour of Jean Fernel. Cambridge.

- 4.- Gilbert, W. (1540-1603): De Magnete Magnetisque Corporibus et de Magno Magnete Tellure: Physiologica Nova plurimis et argumentis demonstrata. (Traducido en London, Chiswick Press, 1900).
- 5.- Vesalio, A. (1514-1564): De Humani Corporis Fabrica. Basile: Oporinus, 1543. (Traduc. y reprod. láminas en Laboratorios Beechan, Monografías. Barcelona, 1983).
- 6.- Harvey, W. (1578-1657): Exercitatio Anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus. Frankfurt, Fitzer, 1628. (Trad. en London, Cardiac Classicus, 1941).
- 7.- Berengario de Carpi (1470-1550). Commentaria cum amplissimus additionibus super anatomia mundini. Bologna: Benedictis, 1521.
- 8.- Borelli, G. (1608-1679): De motu animalium. Roma: Bernardo, 1680. (Trad. en London, Cambridge, 1981).
- 9.- Saggi di naturali esperienza fatte nell'Accademia del Cimento. Magalotti. Firenze, 1667.
- 10.- Petrus van m. (1692-1761): Testamina Experimentorium naturaliu captorum in Accademia del Cimento. Leyden, 1731.
- 11.- Descartes, R: Passions del l'Ame. Amsterdam, 1649.
- 12.- Carta de Descartes a Mersenne, 1632. Citada en Oevres Completes de Descartes. Paris, Adam-Tannery, 1910, vol II.
- 13.-Borel, P. (1620-1689): Vitae renati cartessi, summi philosophi compendium. Frankfurt, Sigmund, 1676.
- 14.- Croone, W. (1633-1684): De ratione motus musculorum. Londres, Hayes, 1664.
- 15.- Mayow, J. (1645-1678). Tractus duo, quorum prior agitae de respiration: alter de radutiones. Oxford, Hall, 1668.
- 16.- Lower, R. (1631-1691): Tractatus de corde item de motu & Calore sanguinis et cycli cum transitu. London, Alestry, 1669. (Trad. en Oxford, 1932, vol 9).

- 17.- Lower, R.: The method observed in transfusing the blood out of one live animal into the another. London, Phil. Trnas. 1665.
- 18.- Stense, N. (1638-1686): Elementorum myologiae specimen. Florende, Stella, 1667.
- 19.- Milton, J.(1608-1674): Aeropagica. A speech for the liberty of unlicensed printing to the paliment of England, 1644.
- 20.- Locke, J.: An essay concerning humane understanding. London, Holl, 1690.
- 21.- Newton, I.: Opticks. 24 th Query, London 1717.
- 22.- Ryan, R. (1680-1754): A treatise of the animal oconomy. London, innys. 1738.
- 23.- Bostock, J. (1773-1846): Sketch of the History of medicine from its origin to the commencement of the nineteenth century. London, Sherwood, Gilbert and Piper, 1835.
- 24 Stahl, G.E. (1660-1734): Theoria media vera physiologiam et pathologium tanquam doctrinae medicae partes veres contemplatives et naturae et artis veris fundamentis. Halle, 1708.
- 25 - Vick, F. (1748-1794): Ouvres de Vick d'Azyl. Paris, 1805, vol 4.
- 26.- Begliavi, C.: De fibra motrice et morbosen. In Omnis. Leyden, Antonii Servant, 1733.
27. S Gravesande, W (1688-1742): Physices elementa mathematica experimentis confirmata sive onductio ad philosopham newtonianam. 2ª ed. 1725, Leyden, 2 vols.
- 28.- Van Musschenbroek. (1692-1761): Discours a l'organization de l'experiance. Paris, 1730
- 29.- Robinson, N: A new system of the spleen vapours and hypochondriak melancholy. London, 1729.
- 30 - Boerhaave, H. (1668-1738): Institutions medicae in usus animal exercitationes domesticae. Leyden, 1708.

- 31.- -----, Aphorismi de cognoscendi et curandis morbis. Leyden, 1709.
- 32.- Gerhard, L.B. (1700-1772): Commentaria in hemanni boerhaave aphorismos, de cognoscendis et curandis morbis. Leyden, Verbeek, 1742. 6 vol.
- 33.- Haller, A. (1708-1777): Element physiologicae corporis humani. Lausanne: Marci-Michael Bousquet et Soc., 1757, 8 vols.
- 34.- -----, Icones anatomicae. Gottingen: Vandenboeck, 1747.
- 35.- Glisson: Tractatus de ventriculo et intestinis. London, Henry Brome, 1677.
- 36.- Haller, A.: De partibus corporis humanis insensibilibus et irritabilibus Commen. Soc. reg. Sc. Gottingen, 1753.
- 37.- Van Leeuwenhoek, A. (1632-1723): Phil Trans., 1674.
- 38.- Haller, A. y Monro, A.: The works of Alexander Monro. Edinburgh, Ch. Eliot, 1781.
- 39.- Hales, E. (1677-1761): Statical Essays. London: Innys and Manby, 1726
- 40.- Gray, S. : Experiments concerning electricity. 1731.
- 41.- Nollet, J.A. (1700-1770): Essai sur l'electricite des corps. Paris, Guerin, 1746.
- 42.- Nollet, J.A.: Memoire de l'Academie Royale de Sciences. Paris, 1746.
- 43.- Walsh, J. (1725-1795): On the electric property of the torpedo. Phil. Trans, 1773.
- 44.- History and memoirs of the Roy. London, Knapton, 1742.
- 45.- Galvani, A. : De viribus alectricitatis in muto musculari. Comentarius. De Bononiensi Scientiarum et Arium Instituto atque Academia Commentar.7:363, 1791.

- 46.- Volta, A. (1745-1827): On electricity excite by the more contact of conducting substances of different kinds. Phil. Trans. 90:403, 1800.
- 47.- Aldini, G. (1762-1834): De animal electricitate dissertationes duae. Bologna, 1794.
- 48.- Von Humboldt, F.A. (1769-1834): Versuche Uber die gereizte Muskel und Nervenfasser. Posen und Berlin, 1797.
- 49.- Anonymous. Dell'use e dell'attivit  dell'Arco conduttore selle contrazioni del muscoli. Bologna, S. Tommaso Aquino, 1794.
- 50.- Pfaff, C.H. (1773-1858): Abandlung Uber die sogenannte thierische electrizaitat. Gree's J. Physik. 8, 2: 196, 1798.
- 51.- Fowler, R.: Experiments and observation relative to the influence lateli discovered by M. Galvani and commoly called Animal Electricity. Edinburgh: Duncan, 1793.
- 52.- Valli, E. (1755-1816): Experiments in Animal Electricity. London, Johnson, 1793.
- 53.- Schmuck, E.J.: Beitrage zur neuen Kenntniss der thierische Elektricitat. Manheim, 1792.
- 54.- Oersted, H.C. (1777-1851): Experiences sur un effet que le courant de la pile exciere dans l'aiguille aimantee. J. Phys. Chim. 91: 72, 1820.
- 55.- -----, Galvanic magnetism. Phil. Mag, 56: 394, 1820.
- 56.- Nobili, C.L. (1784-1853): Uber einen neuen Galvanometer. J. Chem. u. Phys. 45: 249, 1825.
- 57.- Matteucci, C. (1811-1865): Lecons sur les phenomenes physiques des corps vivans. Paris, Masson, 1847.
- 58.- -----, Deuxieme memoires sur le courant electrique prope de la grenouille et des animaux a sang chaud. Ann. Chim. et phys. 80: 301, 1842.

59. Sur une phenomene physiologique produite par les muscles en contraction. Compt. ren. Acad. sc. Paris, 4: 797, 1842
60. Muller, J. (1801-1858): Handuch der physiologie des menschen. Coblentz, Holscher, vol.I, 1834