

SUBSTANCIA RETICULAR**

Por J. O. TRELLES Y EDMUNDO BETETA

Al abordar el tema de la substancia reticular, nada mejor que repetir la frase de HARVEY CUSHING, quien abre su libro sobre hipotálamo, "en verdad no hay nada nuevo e interesante bajo el sol, lo que es nuevo nos parece que es algo nuevo de algo viejo", y JEAN LHERMITTE añade, "al que dudara de la exactitud de esta reflexión, que no es mas que una antigua idea, le aconsejaríamos tomar la evolución actual de la neurología". Y nosotros parafraseando al maestro, reabrimos el debate en el complejo problema y las múltiples teorías sobre la formación reticular. Lo que traemos no es novedad científica, se trata sólo de viejos tópicos puestos sobre el tapete bajo nuevos puntos de vista condensados en hipótesis que quizá puedan convencernos hoy, pero que no resisten a la crítica implacable de la evolución del pensamiento en el tiempo.

La substancia reticular ha sido estudiada desde muchos ángulos y presentada en numerosos enfoques, por lo que pensamos necesario clarificar sus diferentes aspectos en una guía práctica y didáctica, útil a los estudiantes amantes de la neurología. En primer lugar, su compleja descripción anatómica con los detalles de límite y fina estructura; luego, un aspecto fisiológico esbozando las posibles funciones de este sistema; en fin, las consecuencias fisiopatológicas especialmente

(**) El presente trabajo reúne las conferencias presentadas por uno de nosotros en el Instituto de Neurocirugía e Investigaciones Cerebrales de Santiago de Chile, debido a una cordial y honrosa invitación del Prof. Alfonso Asenjo (1956).

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Jorge Bauer y a los Srs. Luis Palomino y Artidoro Cáceres, quienes han colaborado en la recopilación del material y desarrollado la guía de ilustraciones.

relacionadas con el problema de la conciencia y las explicaciones doctrinarias que podrían deducirse de su correlación anátomo-clínica.

Anatomía de la substancia reticular

Parece que el primer en estudiar el sistema reticular fue LENHOSSER (1855), quien denominó "procesus reticularis" del tronco encefálico a las células y corpúsculos irregularmente distribuidos a lo largo de la calota del rombo y mesencéfalo. DEITTERS (1865), designa con el nombre de "formatio reticularis" el conjunto de una intrincada red resultante de una peculiar disposición de las substancias gris y blanca. BECHTEREW (1880), describe un núcleo específico en la parte alta de la substancia gris reticular de la protuberancia. VICENZI (1885), KOLLIKER (1891), HELD (1893) y sobre todo CAJAL (1895) en su magistral descripción, completan el estudio hasta comienzos del siglo presente.

Substancia reticular según Ramón S. Cajal

En 1895, CAJAL verifica y corrige las descripciones de los núcleos reticulares esbozados por VICENZI, KOLLIKER y HELD: Las células se encuentran tanto en la substancia reticular blanca como en la gris, aunque menos numerosa en la primera y faltando totalmente a nivel de la raíz del V par, la cinta de Reil, y la vía piramidal. Se le observa recién en el bulbo desde el entrecruzamiento piramidal, netamente a nivel de las olivas y región acústica, y en menor grado ascendiendo al mesencéfalo.

Describe dos tipos celulares; un tipo pequeño y mediano con células de 12 a 14 micras y característico de la substancia reticular gris y, el tipo de grandes células y gigantes de 30 a 90 micras, abundantes en la substancia reticular blanca y zona interna de la gris. Su morfología le parece como a KOLLIKER, semejante al tipo motor: estrelladas, triangulares o fusiformes, con brazos protoplasmáticos espesos, vellosos, que se descomponen inmediatamente en dendritas secundarias muy largas y divergentes, mientras que el axon sinuoso y con algunas colaterales se continúa siempre por uno de los tubos de la substancia reticular gris o blanca; las neuro-fibrillas son abundantes, complejas, de tipo fascicular. En las células pequeñas la red neurofibri-

lar es muy laxa y pálida, mientras que las células grandes retienen cuerpos cromáticos análogos a las de las células somato-motoras.

Si seguimos estrechamente la descripción genial de RAMÓN S. CAJAL, encontramos tres grupos celulares: 1º) *Células del rafe*, que se extienden sobre la línea media, desde el núcleo del hipogloso hasta el mesencéfalo; grandes, medianas y pequeñas, irregularmente diseminadas, faltando a nivel del cuerpo trapezoide; las células son más numerosas en la protuberancia y en la región más anterior del rafe. En el tercio superior del bulbo son muy abundantes y se agrupan en una zona anterior o post-piramidal, una intermediaria entre las dos cintas de Reil y una posterior en la vecindad de la calota protuberancial formada por células grandes.

2º) *Células de la substancia reticular blanca*, comparativamente raras y ordinariamente gigantes, aunque existen pequeñas: estrelladas con largas dendritas espinosas, radiantes algunas de las células se entrecruzan con sus congéneres formando una comisura protoplasmática: hacia adentro y dirigiéndose hacia el rafe, integra la substancia reticular opuesta comportándose como las células comisurales de la médula espinal, o bien de recorrido muy complejo y colaterales peculiares y al final bifurcándose o trifurcándose como lo señalara HELD.

3º) *Células de la substancia reticular gris*, de talla muy variable, por lo general pequeñas, más numerosas en la región lateral aunque más pequeñas, con axones que dan algunas colaterales.

Es difícil reunir estos grupos celulares en núcleos, pero se puede intentar en: A) El núcleo magno celular reticulado de Kolliker, subdividido por Cajal en el núcleo celular anterior cerca del haz piramidal y formado por neuronas gigantes, y el núcleo magno celular posterior, también formado por células gigantes; B) El núcleo de Roller; C) El núcleo lateral del bulbo.

CAJAL describe además los plexos intersticiales de la substancia reticular —más densos y complejos en la substancia reticular gris— formados por el entrelazamiento de tres clases de fibras: 1) De los axones de células reticulares; 2) De las colaterales de estos axones en su trayecto horizontal; 3) De los colaterales de los mismos axones en su trayecto vertical y colaterales de la vía motriz. Estos plexos se complican aún más por los colaterales de las vías sensitivas, ramúsculos que terminan por arborizaciones largas, varicosas, alrededor de

las células reticulares formando verdaderos nidos con botones terminales semejantes a los que rodean las motoneuronas.

CAJAL supone que los núcleos magnocelulares podrían ser células intercalares entre la vía piramidal y los núcleos motores ponto-bulbares, mientras que las células más pequeñas le impresionan —al igual que KOLLIKER— como neuronas sensitivas de tercer grado.

En resumen, las células de la substancia reticular no tienen las mismas funciones ni las mismas conexiones: las más numerosas son neuronas sensitivas de tercer orden y están —por sus colaterales— baja la influencia de las vías sensitivas centrales: las menos son, neuronas motoras de segundo orden, encargadas de transmitir a las motoneuronas ponto-bulbares, las incitaciones de la vía piramidal. Las fibras de la substancia reticular provienen de cuatro fuentes importantes: a) De la médula espinal mediante fibras ascendentes; b) De las células reticulares motoras del bulbo por fibras ascendentes y descendentes; c) De las células sensitivas de tercer orden, también, por fibras en doble sentido; d) De los núcleos sensitivos de Goll y Burdach; amén de fibras de origen cerebeloso, acústico y cuadrigeminal.

Substancia reticular según J. Dejerine

DEJERINE en su tratado de Anatomía de los centros nerviosos (1906), emplea nada menos que 34 páginas (11 Vol. A. de S. N.: 550-584) y describe la formación reticular como una estructura que ocupa casi toda la calota del tronco encefálico, esencialmente formada por una serie de columnitas de substancia gris, dispuestas bajo la forma de una red que sostiene en sus mallas, fibras longitudinales entrecruzadas con fibras arciformes y radiadas. Entre las fibras longitudinales, unas se agrupan en pequeños fascículos aislados que merecen el nombre genérico de fascículos longitudinales reticulares, mientras que otros forman verdaderos haces importantes, entre los cuales sobresale el haz longitudinal posterior, el haz central de la calota y la cinta de Reil. De las fibras arciformes destacan en el mesencéfalo las fibras de entrecruzamiento de Meynert, formado por fibras tectales, y las fibras del entrecruzamiento de Forel, que reúne fibras de origen rubral; en la protuberancia el cuerpo trapezoide; en el bulbo las fibras olivo-cerebelosas y aquellas de la decusación piniforme. Las fibras radiadas y sagitales son numerosas y escapan a esta clasificación.

En cuanto a los núcleos grises de la formación reticular, desde la región subóptica hasta la médula cervical, la red gris es irregular y forma en algunas regiones trabéculas que se ensanchan y en otras adelgazan y desaparecen. En el mesencéfalo destaca el núcleo innominado de Bechterew; en la protuberancia los núcleos lateral de Kolliker, central superior de Bechterew, circunflejo, reticular y central inferior; en el bulbo, los núcleos central inferior, anterior y lateral forman el campo motor de Meynert.

De este modo, podemos apreciar a través de las descripciones magistrales de CAJAL y DEJERINE, que las finas estructuras intuían funciones que estaban al margen de la novedad, puesto que la atención en ese tiempo estaban dirigido a otros problemas de mayor interés.

Roussy y Mossinger (1935), realizan nuevo estudio histológico de la formación reticular y actualizan sus posibles funciones. Ellos insisten en las funciones asociativas —de importancia vital en el tronco cerebral— aseguradas por células especiales, constantes en los vertebrados y cuya estructura tiene íntima vinculación a su función: elementos multipolares con dendritas destinadas a recoger múltiples excitaciones sensoriales y sensitivas, mientras que sus axones se relacionan con formaciones motoras. En el curso de la evolución filogénica, aparecerían en la sustancia reticular los centros motores infraestriados, especializados en verdaderas funciones efectorias y secundariamente conectados con la corteza de modo rudimentario.

Roussy y Mossinger añaden a la descripción de los clásicos la sustancia reticular diencefálica, que comprende las regiones talámica, hipotalámica y metatalámica, formaciones que integrarían el nivel vegetativo de la región subóptica; describen los núcleos reticulares difusos y las agrupaciones de núcleos reticulares diferenciados, así como la zona enrejada de Arnold, la zona incerta, los núcleos de los campos H1 y H2 de Forel, el cuerpo de Luys, el segmento ventral del genicular externo, el núcleo rojo, el locus niger, el núcleo intersticial de Cajal, el núcleo de Darskewicht y el núcleo dorsal de Gudden. Agrupan las células reticulares en cinco tipos: 1) Las pequeñas células reticulares que revisten diferentes aspectos; el común, el de la zona incerta, el tipo luysiano y el tipo rúbrico parvo-celular; 2) Las grandes células reticulares comunes, multipolares, con gruesa substancia cromidial irregularmente dispuesta, a menudo hasta el origen de las dendritas; 3) Las grandes células rúbricas magno-celulares; 4) Las células nigricas multipolares con pigmento melánico; 5) Las pequeñas células indiferentes bipolares con nucleolo grande.

La FORMACION RETICULAR está constituida por estructuras irregularmente dispuestas en niveles bulbo-póntico, mesenfálico y diencefálico. En el nivel bulbo-póntico (Figs. 1, 2, 3,) existirían tres segmentos



Fig. 1

reticulares: a) los segmentos mediales que comprenden los núcleos central superior de Bechterew, reticular protuberancial mediano, de Roller, y reticular del hipogloso; b) el segmento lateral que comprende el núcleo lateral de Kolliker o paraleminiscal, y las substancias peritrigeminal, periacústico-vestibular, perifacial, y periolivar; c) el segmento intermedio que comprende la substancia reticular difusa. En el me-

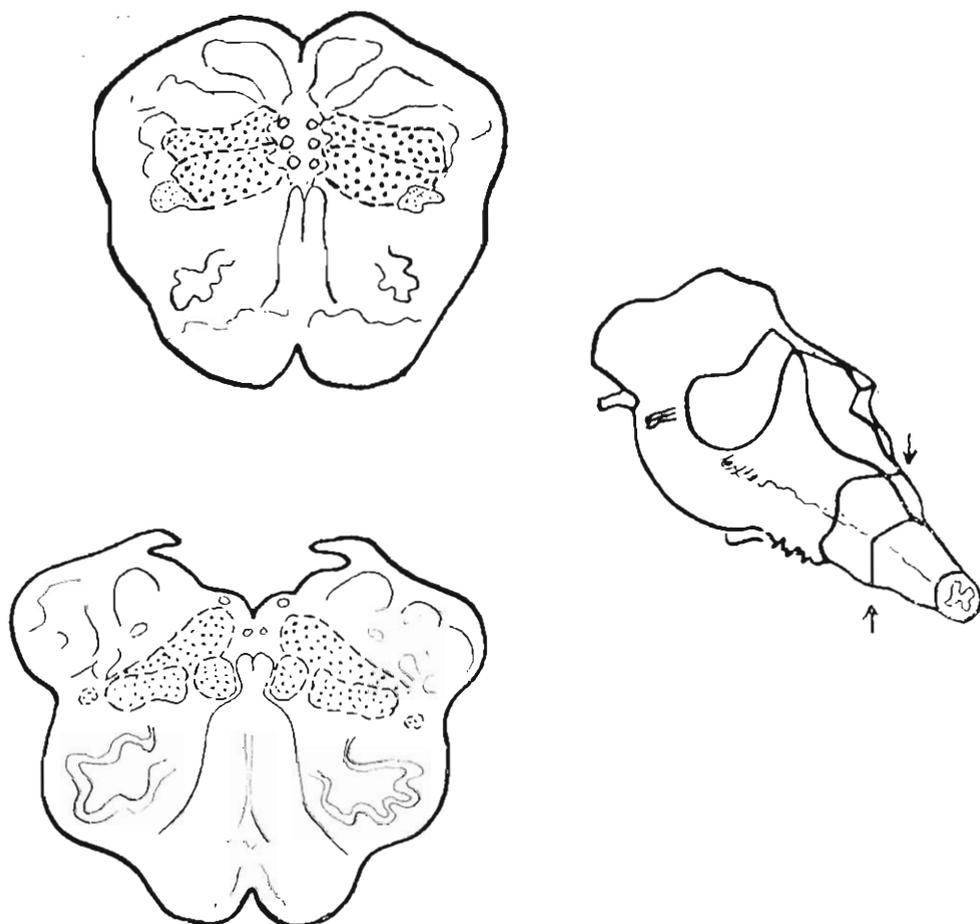


Fig. 2

sencéfalo, son dignos de mención el grupo interno dorsal constituido por los núcleos intersticial de Cajal, de Darskewitch, de Gudden, y el intersticial del haz central de la calota; el grupo interno ventral formado por los núcleos rojo y reticular retro-rúbrico; los grupos mediano y paramediano que reúnen las células cupuliformes peri-retro-rúbricas; el grupo medio que ocupa la casi totalidad del tegmento; el grupo lateral o paraleminiscal que comprende los núcleos innominado de Bechterew y el reticular de la cinta de Reil lateral; grupo peri-ento-peduncular, formado por los tres segmentos compacto, reticular y lateral del locus niger, y por el núcleo de haz peduncular transverso. En el diencéfalo, destacan el núcleo anterior constituido por el segmento paretencial, el nú-

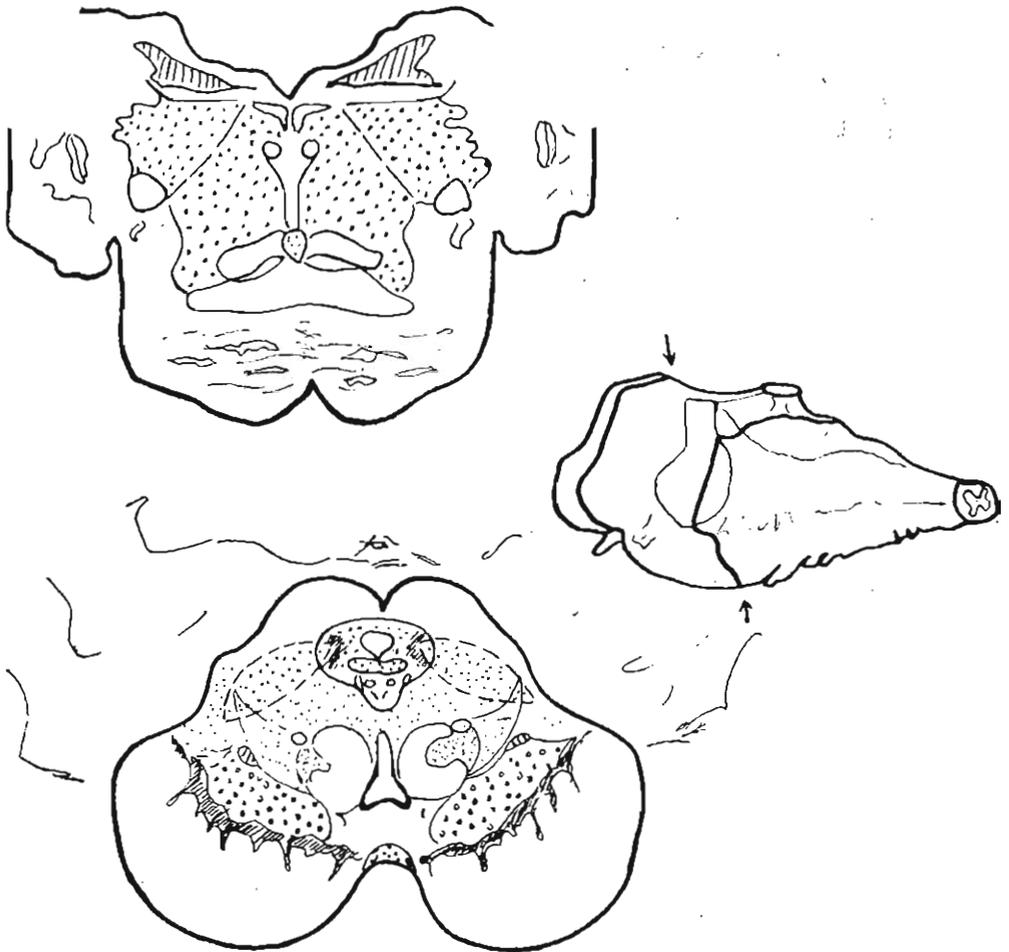


Fig. 3

cleo reticular anterior talámico, el segmento hipotalámico y el núcleo reticular posterior con sus segmentos externo, medio e interno.

Al final de la descripción, ROUSSY y MOSSINGER concluyen en un vasto sistema de coordinación, cuyas fibras aferentes provienen de todas las formaciones sensitivo-sensoriales centrales y de las áreas vegetativas superiores, entrelazadas gracias a ricas conexiones de vías cortas y largas difíciles de esquematizar.

Más recientemente OSLEWSKI, en el Symposium Laurentiano, expone su concepto personal sobre la citoarquitectura de la formación reticular, basado en investigaciones realizadas en el Vogts Brain Research Institute y en el Montreal Neurological Institute (1947): Anatómicamen-



- I.C. - N. INTERCALATUS
- Cnd. - N. MEDULLAE OBLONG. CENTRALIS SUBNUCLEO DORSALIS
- Cn.V. - N. MEDUL. OBLONG. CENTRALIS SUBNUCL. VENTRALIS
- MC. - SUBNUCL. MAGNOCELLULARIS
- Z. - SUBNUCL. ZONALIS
- SUGL. - SUBSTANTIA GLIOSA CENTRALIS

- RO. - N. ROLLER
- SUB. - N. MEDULLAE OBLONGATAE SUBTRIGEMINALIS
- Sp. V IP. - N. TRACTUS SPINALIS TRIGEMINE INTERPOLARIS
- ST. GL. - STRATUM GLIOSUM SUBPENDYMALE.



- Cn. Sd. - N. CENTRALIS SUPERIOR, SUBNUCL. DORSALIS
- Cn. Sm. - N. CENTRALIS SUPERIOR SUBNUCLEO MEDIALIS
- Gr. Cn. PO. - GRISEUM CENTRUM PONTIS
- COE. - N. LOCUS COERULEUS
- Le Lu. - N. LENINISCI LATERALIS VENTRALIS
- P. PA. - N. PAPILIFORMES
- PO. O. - N. PONTIS CENTRALIS OVALIS
- S. CO. D. - N. SUB COERULEOS DORSALIS
- S. CO. V. - N. SUB COERULEOS VENTRALIS
- T. Tr. Cn. - TRACTUS TEGMENTALIS CENTRALIS

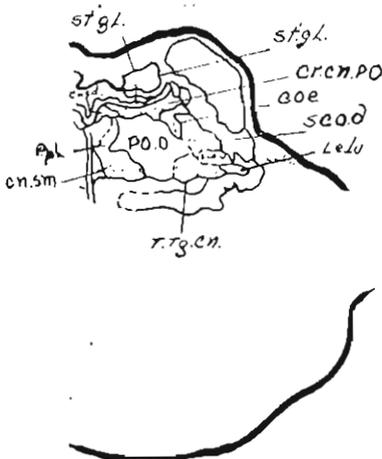


Fig. 4

te la formación reticular es una estructura pobremente definida, donde las concepciones anatómica y fisiológica no marchan paralelas, y donde la unidad morfológica ha sido reemplazada por un conglomerado de núcleos con estructura muy diferente; así, describe cerca de

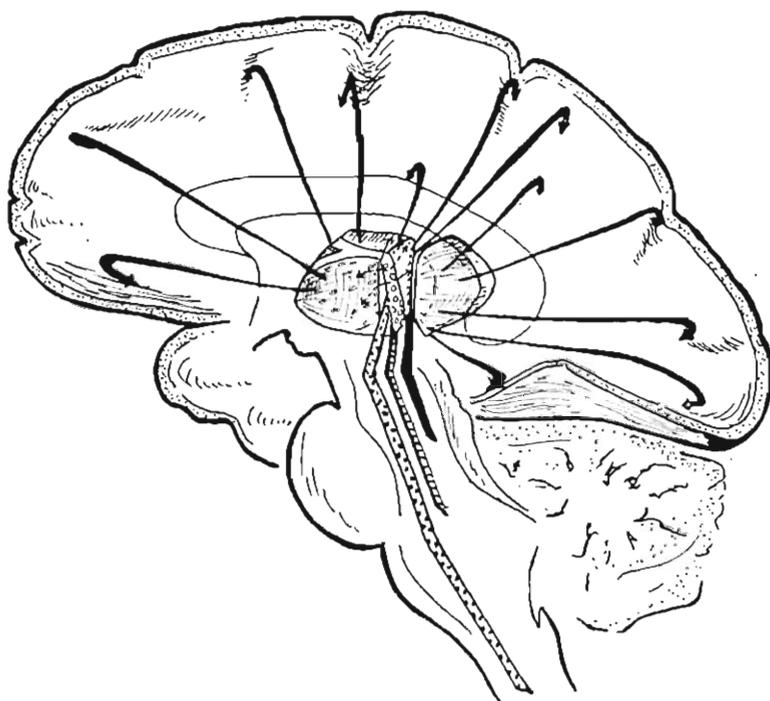


Fig. 6

sencefálico y se integrarían en la substancia intralaminar del tálamo; los tractos tegmento-talámico que terminaría en el núcleo parafascicular, tecto-talámico en el centro mediano de Luys, y reticulo-talámico en el centro medial, luego, una sinapsis con el sistema reticular externo del tálamo y partiría una irradiación a toda la corteza cerebral. (Fig. 6).

Las observaciones de PAPEZ y la concepción de un sistema reticular talámico descrito por la Escuela de Montreal (JASPER y Col.), nos lleva a detenernos brevemente en las formaciones de la capa óptica que anatómicamente y fisiológicamente se relacionan con la substancia reticular.

De acuerdo a la clasificación de HUBLENBECK, interesan tres grupos nucleares: 1) El grupo mediano que comprende los núcleos medialis dorsalis, del centro mediano y parafascicularis, y que se halla situado entre la lámina medular interna y los núcleos de la línea media. El núcleo medialis dorsalis es el más rostral e interno y confina hacia atrás con el pulvinar; el núcleo del centro mediano o centro mediano de Luys de los clásicos, aparecen en los cortes medios del tálamo por

debajo y algo por fuera del núcleo medialis dorsalis y se extiende más caudalmente que él; el núcleo parafascicularis —el más caudal— se encuentra por debajo del medialis dorsalis y por dentro del centro mediano, y parece ser un núcleo intersticial del tracto habénulo-peduncula o fascículo retoreflexo de Neynert. 2) El grupo de la línea media, ubicado hacia la cara interna del tálamo, por fuera de la sustancia gris subependimaria, y comprende —de arriba abajo— los núcleos paraventricularis, rhomboidalis, centralis medialis y reuniens, los tres últimos prácticamente incluidos en la masa intermedia o momisura gris. 3) El grupo intralaminar, que ocupa la lámina medular interna y comprende el núcleo paracentralis que es ventro-mediano y el núcleo centralis lateralis que es dorsolateral.

Las conexiones fundamentales de estos grupos nucleares, se realizan con la corteza cerebral y con el hipotálamo. Con la corteza cerebral las conexiones se establecen mediante las radiaciones o pedúnculos talámicos y especialmente por intermedio de las radiaciones talámicas fronto o pedúnculo anterior, y temporal en su pedúnculo infero-interno; con el hipotálamo a través del sistema fibrilar periventricular.

Desde el punto de vista funcional, los grupos nucleares descritos, tienen diferente significación: el grupo mediano con núcleos de sistemas corticales de retorno o moduladores corticales directos en correlativos sistemas de retorno con la sustancia reticulada, el tegmento mesencefálico y los tubérculos cuadrigéminos; los grupos de la línea media e intralaminar son "una continuación del sistema reticular del cerebro medio". KUHLENBECK hace notar, que, si bien hay ciertas relaciones funcionales entre núcleos talámicos y sistema reticular, unos y el otro tienen orígenes filo y ontogénico diferentes, así como significación morfológica: la formación reticular es un derivado de la lámina basal y tiene un extremidad rostral en el lindero mesencefalo-diencefálico; los núcleos intralaminares y de la línea media derivan del tálamo y por consecuencia de la lámina alar, por otra parte, estos núcleos no tienen las características histológicas de la "formatio reticularis vera". Existe indudablemente, un núcleo reticular del tálamo derivado de la porción subtalámica y con estructura reticular, pero sus funciones no son bien conocidas y se le considera un núcleo intersticial para fibras de paso.

En esta forma el tálamo óptico se constituye en la articulación de un sistema aferente específico —sensitivo y sensorial—, y otro inespecífico representado por la radiación reticular: los fascículos espino-talámicos en la parte posterior del tálamo; la vía del lemnisco medial en

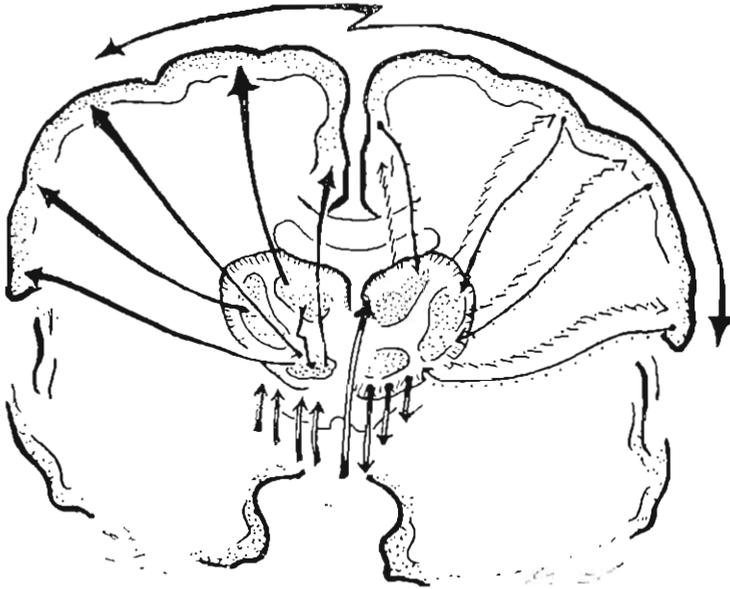


Fig. 7

el mismo núcleo latero-ventral, un poco más adelante; la proyección de las vías cerebello-talámicas más anteriores; en fin, la articulación de las vías estrío-talámicas en la misma zona —más adelante que las otras— en el núcleo oro-medio-ventral. (Fig. 7).

Fisiología de la sustancia reticular

En la época de las primeras investigaciones se hacían una serie de consideraciones más o menos hipotéticas; los investigadores, principalmente rusos, en especial BECHTEREW y su discípulos MISLAWSKI y SESTHENOV, desarrollaron un labor importantísima, porque pudieron determinar las funciones bulbo-protuberanciales y bulbo-medulares de la sustancia reticular (1890), muy discutidas posteriormente por los estudiosos en la materia, y verificándose en estos últimos tiempos —mediante experimentos sencillos— la justeza de sus conclusiones.

Debemos al descubrimiento del estereotaxímetro de HORSLEY y CLARK, el haber permitido abordar esta zona tan escondida del sistema nervioso, y su utilización sistemática en una investigación metódica por el gran investigador suizo WILLIAM HESS, que no estudió sino la región hipotalámica, en una serie de trabajos que se llevaron a cabo durante 25 años, en un modelo de precisión, continuidad en el es-

fuerzo y modestia en las conclusiones obtenidas. WILLIAM HESS en Zurich, se dedicó a perfeccionar los electrodos impolarizables y actuaba en animales despiertos: una primera operación fijando un porta-electrodo al cráneo del animal, luego, introduciendo a través de él, numerosos electrodos. La excitación de cada uno de estos electrodos produce un efecto X que se fotografía, después se pasa una corriente electrolítica y se sacrifica el animal, obteniéndose de este modo el documento histológico. Sus experimentos se extienden desde 1925 a 1953, publicando su libro "Las funciones del cerebro intermedio", en el que se ocupa sobre todo del dispositivo regulador de la vigilia y el sueño.

RANSON y col., principalmente MAGOUN (1936), reactualizan el estudio del tegmento del tronco encefálico y su interpretación fisiológica; la aplicación sistemática de los métodos estereotáxicos por RANSON (1940-41), en particular a la región del bulbo y la protuberancia, logró precisar las funciones viscerales de la substancia reticular correspondiente. Poco después un discípulo de HESS y RANSON, el Prof. M. MONNIERE de Ginebra, investigó y focalizó aún mucho más estas funciones vegetativas y algunas de motilidad conjugada de los ojos y del tronco, es decir, de los movimientos adversivos e ipsiversivos, así como de rotación por excitación de la región de la calota bulbar y protuberancial.

No sólo estos métodos han hecho avanzar lo que podríamos llamar la fisiología de la substancia reticular sino sobre todo, la introducción de los métodos electrónicos, la electroencefalografía y la neuronografía ideada por DUSSEY DE BARENNE, que consiste esencialmente en depositar un poco de estriquina en una zona cerebral y registrar las corrientes de acción potencializadas por esta estriquinización, que permite seguir la marcha de los impulsos en este sistema, llevando a suponer por su función, aquello que anatómicamente es invisible.

Todas estas investigaciones han permitido resolver un tanto el problema, al descubrir un sistema reticular no solamente alto, en el tegmento mesencefálico, sino la continuación insensible de este sistema reticular a través de la región subtalámica, de la zona incerta, de la zona enrejada de Arnold, alrededor del tálamo óptico, el sistema reticular intratalámico y últimamente las correlaciones fundamentales entre estas dos zonas, intralaminar talámica y entorrinal del lóbulo temporal; investigaciones hechas con una precisión que admira y que ha llamado tanto la atención de los anatomistas.

De este modo, si el problema fisiológico —hoy de mayor actualidad— que corresponde al sistema reticular que llamamos talámico, sis-

tema actividad de la corteza cerebral, no es menos cierto que debemos ver en la substancia reticular, una formación nerviosa muy especial que se extiende prácticamente a lo largo de todo el eje encéfalo-medular, en el cual podrían establecerse diferentes niveles, probablemente en relación con la evolución onto y filogénica. Un primer nivel *bulbo-póntico* o sistema de correlación somato-vegetativa, que comprende a la vez, mecanismos de regulación de funciones vitales y mecanismos de inhibición o dinamogenia en el sentido de MACOUN; un nivel *mesencéfalo-diencefálico* o sistema víscero-afectivo probablemente en relación con la actividad instintivo-afectiva del individuo; finalmente un nivel *diencefalo-cortical* en relación con los fenómenos de mayor integración psicológica, vale decir los problemas del pensamiento.

Como se ve la fisiología y la fisiopatología, son un tanto movedizas, existiendo partes que conocemos bien y terrenos de frontera en los que realmente uno se pierde. De otro lado, no existe una correlación absoluta entre las investigaciones fisiológicas y las conclusiones fisiopatológicas, faltándonos lo que podría denominarse la inscripción estructural de estas funciones en centros anatómicos. A pesar de ello, esto no debe extrañarnos y no sabemos por qué en neurología debería ocurrir otra cosa que en patología general: *No son los anatomistas quienes han indicado el camino a los fisiólogos y clínicos, y es evidente que la medicina científica no ha precedido a la medicina empírica, al contrario, siempre es el clínico quien muestra el camino al fisiólogo y éste quien dirige al anatomista, que vendría a ser el tamiz, el registro ya definitivo.* Algunas veces, evidentemente el anatomista ha permitido al fisiólogo adelantar sus conclusiones, y desde luego las proyecciones clínicas, pero es al contrario lo que ocurre siempre. Por esto, podemos pensar bien, si tratamos de lograr que las consecuencias fisiológicas sean tamizadas por anatomistas, por histólogos; investigación anatómica sumamente difícil desde luego, porque el neurofisiólogo deberá ser un anatomista microscópico.

Actualmente, de una manera casi rutinaria en algunos grandes centros de investigación, se ha podido utilizar micro-electrodos capaces de excitar una sólo célula, y dentro del sistema reticular un sólo elemento ganglionar, que excitado determina una corriente de acción susceptible de seguirse. Pero, las conclusiones que se derivan de estos hechos han sido también criticadas, no tanto por anatomistas cuanto por neurofisiólogos, como FRENCH, y sobre todo por neurocirujanos eminentes como PERCIVAL BAYLEY, quien piensa que cuando se excita una neurona y se determina una corriente de acción, se está admitiendo una

presunción que puede ser falsa, es decir, que esa corriente de acción es la función de las células; y esto no podemos saberlo, ya que ella puede ser sólo un acompañante del influjo nervioso. Por otra parte, estas corrientes determinadas son antidrómicas, es decir, que recorren la neurona en un sentido que puede ser real pero que no es el que la neurofisiología clásica admite desde Cajal, es decir, una corriente que va de la dendrita al cuerpo celular y de éste hacia el cilindro eje, aquí una nueva excitación y se produce la corriente en ambos sentidos. Vemos pues, porque los resultados pueden no ser justos si se analizan así. El mismo FRENCH, colaborador de MAGOUN y al mismo tiempo de JASPER, se preguntaba, frente a las imágenes citológicas obtenidas con el microscopio electrónico, si en realidad los resultados que aporta la neurofisiología son tan válidos y si no deben ser sometidos a una cierta crítica. La verdad es que esta crítica no se ha ejercitado siempre porque hay cosas novedosas que superan la frontera del especialista e incluyen directamente al no especialista, llegando inclusive el reflejo de éste a inducir a error al primero. Aquí la anatomía ha precedido a la fisiología, que en realidad es el estadio terminal; es el hecho patológico que nos debe llevar a la función y luego a la anatomía.

Si se trataba de hacer una correlación anatómo-funcional y de acuerdo con los estudios llevados hasta hoy, habría que considerar dos tipos de substancia reticular. *La substancia reticular gris*, la más importante, formada por núcleos con diferentes tipos de células, que son los centros propulsores, centros de correlación. Los autores han empleado mucho este término de "sistemas correlativos", en los cuales se ejercería la conjunción entre las dos actividades orgánicas del individuo, en su actividad interna y externa. Los sistemas de correlación en que se hace el acorde entre nuestra vida consciente y nuestra vida interna, inconsciente. Luego, *la substancia reticular blanca*, constituida por una serie de vías cortas, con una velocidad de conducción más lenta, y que no son sino vía de relación entre estos diversos escalones grises. Desde este punto de vista, la vía piramidal, la vía cortical, es de adquisición sumamente reciente en la escala animal y es evidente que los animales inferiores de la escala zoológica, que tienen una motilidad bien adaptada a su vida, la hacen sin vía piramidal, es decir, a través de aquello que KINNIER WILSON llama la "vía motora antigua" que no es sino el conjunto de estas vías que atraviesan la calota.

Con una frase sumamente elegante, MORUZZI, el gran neurofisiólogo italiano, compara la substancia reticular con el rostro de Jano: una

cara que mira hacia el bulbo y médula, y la otra que mira hacia el sistema cortical. En la primera está el centro inhibitor bulbo-medular de MAGOUN, que estaría a su vez unido a esa zona inhibitora, supresora cortical —actualmente bastante discutida—, y unida igualmente a las funciones inhibitoras del cerebelo, conocidas desde antiguo. Finalmente, en relación con el núcleo caudado, que sería un sistema inhibitor. Dentro de la concepción de MAGOUN y RHINES, este sistema inhibitor juega un papel sumamente importante en la producción de la espasticidad, y por ello persiste aquella vieja querella que no se ha zanjado todavía, sobre todo con S. TOWER, quien pretende que la hemiplejía bulbar es predominantemente flácida; asunto que tal vez sea cierto, pero en realidad no demostrado en el hombre.

Esta sería la actividad de la substancia reticular bulbo-protuberencial; por una parte, sobre la motilidad, sobre la función de relación, facilitando o inhibiendo el movimiento. Se comprende recordando que la excitación de estos centros, sea del inhibitor o del facilitador, ejerce una facilitación o una inhibición sobre la musculatura estriada, que se traduce por un aumento o disminución de los reflejos miotáticos y por ende, exageración o disminución del tono muscular. Pero que esto se ejerza sobre los motoneuronas, no quiere decir que la misma acción no la puede ejercer el haz piramidal. Esta es la falla de los autores americanos que han sido un poco deslumbrados por lo que han encontrado y luego admitido una errónea interpretación, lo cual es concebible si se recuerda que ellos han querido destruir todo lo que se había logrado —sobre todo en Europa— acerca del tono muscular, a pesar de lo cual, en la actualidad han vuelto sobre estos antiguos conceptos, readmitiendo la noción de los diferentes tipos de tono muscular.

Los autores americanos, especialmente MAGOUN y JASPER, los electroencefalografistas de la escuela de PENFIELD, han descubierto algo que ha hecho olvidar un tanto la parte baja de la formación reticular: un sistema de conducción que denominan inespecífico formado por vías que ascienden mirando a la corteza y toman las colaterales de los fascículos de la sensibilidad; descendería, sin ser muy preciso en sus límites bulbares, y se extendería sólo desde el mesencéfalo, tomando el tálamo mismo, repartiéndose allí. Sería un sistema de activación cortical que ejercería "una acción específica de inespecificidad" y gracias al cual se mantendría la vigilancia telencefálica, es decir, en una organización más perfecta se tendrían vías activadoras del estado vigil, del despertar.

La substancia reticular en su función, podría recordar el condicionamiento del neurópilo, que exhibe como lo demostrara HERRICK (1924), una articulación de varias neuronas condensadas; este retículo de neuronas y entrelazamiento de fibras longitudinales, horizontales y radiadas en el sentido antero-posterior y medio-lateral, realizaría tres clases de operaciones según FESSARD:

1º *La substancia reticular aparece como un sistema múltiple de transmisión por intermedio de vías aferentes y eferentes bien definidas.* La transmisión de mensajes a través de barreras sinápticas sucesivas, supone su transformación a cada paso de este sistema: no existen líneas privadas, las colaterales axonales forman campos envolventes y las superficies somato-dendríticas son lugares de impulsos convergentes, donde cada uno de ellos pierde su individualidad (WALTER). Se trata de un grupo de neuronas —“neuronas en masa”— que funcionan paralelamente, donde los influjos de entrada y salida remediarían la transmisión monosináptica espinal (LLOYD, 1943). Existiría una transformación semejante en cada fila de barreras sinápticas que el impulso nervioso debe atravesar, hasta que la masa total llegue alcanzar completamente el nivel deseado (ROSENBLUETH y col., 1949), pero si el mensaje no es suficientemente intenso, decrece gradualmente hasta detenerse en alguna parte de la red, o tal vez, la curva de transmisión se detiene abruptamente jugando papel esencial en el mantenimiento de la “ultraestabilidad” (ASHBY); en fin, ofrece al análisis la variación funcional entre la detención y el aumento gradual del influjo, condiciones básicas en la respuesta por reclutamiento.

2º *La substancia reticulada actúa como un sistema de integración, pudiendo recibir mensajes sin enviar inmediatamente las órdenes correspondientes, estableciendo campos polisinápticos que funcionan en tres sentidos:* a) La sincronización más simple, suponiendo que los mensajes bien agrupados de una homogénea población de aferentes, han sido detenidos y transformados en potenciales locales, es decir, cada neurona sometida al campo eléctrico creado por la actividad total de sus vecinas y modificada en un sentido a través de acciones positivas o negativas electroónicas; b) La convergencia de descargas —“volleys”— de origen diferente hacia un campo polisináptico bien definido, por lo que una neurona aislada merced a la riqueza de sus conexiones colaterales, puede recibir mensajes de diferente origen como corresponde a la forma más evolucionada de integración nerviosa; c)

Activación difusa, donde la estimulación homogénea es distribuida a través de la red, resultando variaciones periódicas y sincronizadas de potencial, y así, la llegada de mensajes fuertemente diferenciados puede desincronizar esta actividad.

3º *El sistema reticular funciona como un distribuidor* —“pace maker”— exhibiendo actividades espontáneas y señales rítmicas que lo hacen generador autogénico para otras regiones del sistema nervioso.

En un análisis de este funcionamiento, podemos observar que ya había sido intuido por RAMÓN S. CAJAL, quien refiriéndose a los mecanismos de las neuronas de axon corta, explicaba la dinámica mediante “su hipótesis de funcionamiento”, determinada por los axones de las células de asociación que apoyan la marcha del influjo; otra “hipótesis de inhibición” que detiene la corriente nerviosa; y en fin, “la hipótesis del refuerzo nervioso” donde las células atesoran energía y descargan una especie de condensador que reforzaría el paso de ciertos influjos nerviosos.

Con estas teorías se ha podido esquematizar el juego de las neuronas reticulares en los sistemas de transmisión, integración y acti-

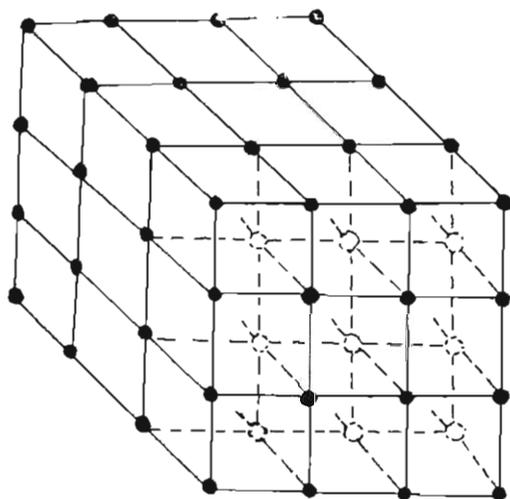


Fig. 8

vidades autogénicas, mediante dos tipos extremos: a) Una disposición no sistemática de neuronas, entrelazadamente distribuidas y regularmente conectadas; b) Conexiones neuronales en cadenas de tendencia

direccional, con campos envolventes de colaterales que terminan en barreras sinápticas: Un tipo lineal que funciona en las operaciones de integración, y otro divergente —no representado— en relación a las actividades autogénicas. En este complejo mecanismo funcional dos estructuras elementales destacan: los campos de interacciones neuronales en masa, dirigidos por un modelo estructural de sinapsis conectivas, convergentes y divergentes y, la actividad total determinada más por los potenciales somato-dendríticos que por espigas axonales. (Fig. 8).

FISIOPATOLOGIA Y CLINICA

Substancia Reticular y Conciencia

El sistema reticular, lugar donde se realiza la costura entre alma y el cuerpo, —“c'est lieu entre l'âme et le corps”— según la bella comparación de MONTAIGNE; sistema coordinador de funciones vegetativas, específicas viscerales y somáticas con el sistema nervioso de la vida de relación, e integrado en niveles anatomo-funcionales que al llegar al último escalón tálamo-cortical, suscita y plantea el intrincado problema de la localización de un centro de correlaciones gracias al cual pensamos, tenemos noción de nuestro cuerpo, del mundo que nos rodea y, tal vez, de lo que en realidad somos, prácticamente lo que VON MONAKOV y MOURGUE llaman el acorde entre la esfera de la orientación y de la causalidad con el mundo instintivo; en última instancia LA CONCIENCIA.

¿Qué entendemos por conciencia? Desde el punto de vista filosófico es toda la actividad mental, por eso HEAD, el gran neurólogo de Queen Square, refiere la definición a una serie de acepciones metafísica, psicológica, filosófica, y sentidos psiquiátrico, neurológico, médico y moral, rematando su concepto en el término de VIGILANCIA, es decir, aquella actividad del sistema nervioso que focaliza nuestra atención y toda nuestra existencia, de acuerdo a una organización estructurada en niveles: la corteza cerebral contralora del cuerpo estriado y éste a su vez de los mecanismos infraestriados, troncales, medulares y periféricos.

HENRY Ey nos dice que la conciencia sería la experiencia sensible inmediata del presente representada en ese momento; recibimos el mundo externo en una pantalla interna que nosotros iluminamos y allí está nuestra conciencia. FESSARD en el Symposium Laurentiano, describe la conciencia como la integración de una experiencia vivida; en

fin, la conciencia se confunde con la vida misma: vivimos luego tenemos conciencia y JUNG el gran neurofisiólogo de Friburgo, piensa que la conciencia es como un gran faro de luz que surge del inconsciente y va a iluminar un sector dado del organismo, sin embargo, el fenómeno de introspección más sencillo nos da cuenta que cuando dormimos la conciencia no está abolida, se mantiene más o menos neta en vigilancia y, aunque la realidad del mundo ha cambiado, en la actitud oniroide ella está presente.

El problema de la conciencia cuando se analiza es sumamente difícil y la peligrosa aventura de localizar el espíritu, el sensorio común, en un lugar dado del cuerpo o del cerebro, ha tentado siempre a los investigadores y ha conducido y conduce todavía a muchos ilustres científicos a demasías o desvaríos. Es este uno de tantos problemas milenarios, fascinantes, que seducen la imaginación al igual que el de la piedra filosofal, la fuente de Juvencia, y otros. Y a su atracción no han podido resistir muchos de los más grandes investigadores.

Se podrá argüir que estos problemas que parecían solamente fruto de tropical y desbordante fantasías, han caído hoy dentro del campo de solución teórica y realización práctica; y la transmutación de metales al oro, como el de los viajes interplanetarios están realizados. En esta peligrosa desviación, se ha evolucionado con movimiento pendular entre la localización subcortical y la cortical. Como lo apunta con ironía EY, hace 100 años se discutía como lo hacen hoy, MAGOUN y FRENCH, oponiendo las funciones centrales y corticales.

ERASISTRATO (1800-1900 a. c.) de la Escuela de Alejandría, localiza la conciencia en los ventrículos laterales. DEMÓCRITO antes de ARISTÓTELES, localiza la vida consciente en el cerebro y relaciona actividad intelectual y encéfalo. En 1641, JEAN COUSIN, presentó una tesis en la Facultad de París, bajo el título de "An *χοναφτων* sensus communis sedes", en la que sostiene que hay una glándula medial —en medio de los ventrículos —hacia la cual convergen las sensaciones externas", como líneas trazadas de la circunferencia al centro" y luego de una larga disertación concluye "ergo *χοναφτων* sensus communis sedes". Poco tiempo después, DESCARTES (1649), en su tratado sobre "Les Passions de l'âme" sigue la corriente de la época: "el hombre es una máquina pensante, esta máquina se comporta bajo formas de reflejos cada vez más organizados y ésta tiene un centro en el *Conarium*"; sin embargo, Descartes no hizo sino participar de un error común y DIEMERBROECK de Utrecht (1609-1674) afirma que la localización del sen-

sorio comune en la glándula pineal era cosa corriente, sostenida y difundida en su tiempo.

Los ecos de la gran discusión sobre la localización de alma, llenan todo el siglo XVIII; se discute y rebate la localización de la pineal como centro de los "espíritus animales" —más tarde influjos nerviosos—, y se defienden elegante pero vanamente el centro oval (VIEUSSENS), el cuerpo caloso (LA PEYRONIE), el tercer ventrículo (LA METTIRIE), el origen de los nervios (HALLER) y en los ventrículos laterales (SUMMERING). Pero toda la sistemática del pensamiento da un vuelco con KANT, quien demuestra en un análisis metafísico sumamente minucioso, que no puede localizarse una cosa tan difusa, inmaterial e impalpable, y de este modo concluye el debate y se cierra el problema que enmascarado con otros matices, no volvió a decorrerse sino dos siglos después, a fines del siglo pasado.

Y cuando GALL y SPURZHEIM (175E-1832) abren la etapa moderna de las localizaciones cerebrales, focalizan todas las funciones psíquicas en la corteza cerebral; es muy conocido pero vale la pena recordar las conclusiones del informe de CUVIER (1808) —sobre el relato de Gall y Spurzheim— a la Academia de Ciencias de París, calificado de malevolante por J. SOURY, y que dice: "en tanto ignoremos las funciones de la hipófisis, del infundíbulo-tuber, de los cuerpos mamilares, de la pineal y de sus habenaes, etc, será de temer que una doctrina cualquiera de las funciones del cerebro sea muy incompleta, puesto que no abrazará esas regiones tan numerosas, tan importantes y tan íntimamente ligadas al conjunto de esa noble víscera"... y que los presenta de una luminosa y penetrante concepción.

Se comienzan entonces, los estudios de excitabilidad del sistema nervioso; se experimenta sobre las partes sensibles del encéfalo y se mantiene el dogma de la inexcitabilidad de la corteza cerebral sostenido desde Erasistrato y por los más valiosos investigadores de la época. Fue aquí cuando afloran los trabajos de HITZIG y FRITSCH (1870), quienes basados en observaciones de la guerra Franco-prusiana, comienzan a trabajar en su laboratorio y excitan el gyrus crucial del perro originando fenómenos de respuesta motora a la excitabilidad cortical; se había roto el dogma y la atención se vuelca totalmente hacia la corteza cerebral, insistiéndose —por un acuerdo tácito de los investigadores— en localizar aquí la conciencia y los fenómenos psíquicos más importantes.

Pero más tarde, FLECHSIG (1896) menciona expresamente la función de la substancia reticulada como centro de la conciencia y en las

líneas siguientes que no sabemos si son de Flechsig o de Soury —tal vez del último parafraseando a Flechsig— se admite lo siguiente: "Es que si la conciencia de los atributos externos de la personalidad, nuestro nombre, nuestro estado, nuestros recuerdos de infancia y de familia, nuestras ideas del mundo y de la vida, tienen efectivamente por asiento la corteza del cerebro anterior... el ser sin nombre que reacciona obscuramente bajo el empuje de las tendencias y de los instintos organizados de la especie, está una primera vez representado en todo ese gran centro nervioso formado de conjuntos más o menos considerables de neuronas, a menudo de un volumen notable, que se extiende de la médula al tálamo. *La formatio reticularis*. Y examinando otro párrafo de una visión cuya profundidad y penetrante lucidez podemos apreciar bien hoy. "Es allí, en esas regiones inferiores, que por primera vez, antes de estar representado en la corteza cerebral, el individuo se conoce vagamente, sufre, respira, grita y encuentra totalmente organizados los mecanismos más antiguos de la succión, de la masticación y de la deglución, de la prehensión, de la locomoción; en suma, de la mayoría de los movimientos automáticos y reflejos necesarios a la realización de las tendencias, a la satisfacción de los apetitos, a la prosecución de los instintos. De este modo desconocido y por siempre inconoscible para toda conciencia telencefálica, de cualquier esencia que sea o pueda ser, las excitaciones resuenan en el bulbo directa o indirectamente por la médula y, reaccionan sobre los nervios craneales determinando reacciones motrices apropiadas, movimientos de defensa, de protección, de satisfacción.

No hemos podido resistir a la tentación de reproducir un pasaje del texto de J. Soury, pero da bien una idea exacta que las polémicas actuales que muchos creen novísimas, no son sino un eco vívido y planteado en términos más rigurosos de discusiones tan apasionadas y tan prolongadas como las de hoy, que se realizaron el siglo pasado.

En la evolución del pensamiento, a fines del siglo pasado, surgen una serie de hechos clínicos que hace pensar a los autores que quizá la "vigilancia" se encuentra en la profundidad del sistema nervioso; en efecto, MAUTHNER, tiene oportunidad en Viena de examinar una epidemia de encefalopatía de Wernicke y señala trastornos del sueño en lesiones de los tubérculos mamilares y regiones hipotalámica y mesencefálica. De la misma idea son las aportaciones y trabajos posteriores de HASKOVEC (1901), con localización en el ventrículo medio y segmento posterior de tálamo; CAMUS y ROUSSY (1911), con datos clínicos y experimentales con el hipotálamo y región central del tercer ventrícu-

lo; VON ECONOMO con el estudio de las observaciones anatómico-clínicas en la epidemia de encefalitis letárgica (1917); LHERMITE y TOURNEL, en un trabajo fundamental, donde demuestra que existe en la región media del tercer ventrículo, una substancia gris que en sentido antero-posterior va del espacio interpeduncular hasta la lámina supraóptica y lateralmente a la región pálido-infundibular, donde las lesiones perturban la alternancia de la vigilia y del sueño; VON ECONOMO, BRAILOWSKY, SCHECK, CLOETTA, DEMOLE, realizan estudios eléctricos experimentales y dividen este dispositivo —de sueño y vigilia— en una zona anterior con función activadora y otra posterior inhibidora y responsables del sueño: MARTÍN REICHARDT (1909-1918), señala graves alteraciones de la conciencia acompañadas de otras psicopatológicas, amén de desórdenes respiratorios y vasomotores premortales en los accidentes de las punciones suboccipitales; JEAN LHERMITTE (1922-1932) realiza estudios sobre la alucinosis peduncular en un caso con una lesión vascular muy pequeña localizada en el dispositivo regulador del sueño y la vigilia; señala igualmente finas descripciones psicopatológicas sobre las alucinaciones, remarcando la existencia de un dispositivo regulador de la actividad cortical y oponiéndose a la localización de un "centro de conciencia".

En suma, podemos observar que la evolución de las ideas sigue dos teorías: los antiguos autores localizan la vida anímica e intelectual en el diencéfalo o paleoencéfalo y, posteriormente se eleva a dignidad la corteza cerebral, quedando los niveles infracorticales destinados a fines instrumentales: la vida puede ser una sinfonía, donde la música es creación genial de la corteza cerebral y los acordes instrumentales, las melodías quinéticas de integración fugitiva de los mecanismos infracorticales.

Y así, comienza a establecerse la integración de un psiquismo subcortical —independiente de la corteza cerebral—, básico en el entendimiento de los problemas fisiológico y fisiopatológico de la conciencia. Los neurocirujanos en las lobectomías y hemisferectomías han demostrado que no hay inconsciencia aún cuando se suprime un hemisferio, en cambio la comprensión del tronco encefálico determina un estado de coma. GEOFFREY primero, CAIRNS y FRENCH después, han remarcado trastornos profundos de la conciencia en las lesiones troncales, distinguiendo las ponto-bulbares que determinan coma y graves alteraciones respiratorias, de las mesencéfalo-hipotalámicas sólo con graves perturbaciones de la conciencia.

Paulatinamente vamos llegando a la moda de la substancia reticular, y los trabajos fundamentales comienzan con la comprobación por BREMER (1935) de que el gato "encéfalo aislado" —con una sección a nivel del primer segmento cervical— se adapta a los cambios normales del sueño y la vigilia, en tanto que un gato "cerebro aislado" —con una sección total a nivel del mesencéfalo— cae en un sueño profundo, pero si se excita la región central del tegmento —las vías inespecíficas— se produce el despertar. Esta experiencia nos recuerda a la ya clásica del animal anestesiado donde se suprimen los estímulos aferentes específicos y el animal duerme permanentemente.

Llegamos a los estudios de MAGOUN (1949), quien demuestra que en este encéfalo desafrentado, la excitación o la destrucción de la región lateral del tegmento —zona de las vías sensitivo-sensoriales— no llega a producir el coma, en cambio si se destruye la región central —vías reticulares— se determina un profundo trastorno de la conciencia con un correlato eléctrico; es decir, la excitación en este momento traduce una desincronización eléctrica y el despertar de la corteza cerebral. La explicación de estos fenómenos por la escuela de Los Angeles, se circunscribe a la substancia reticulada: conjunto de neuronas de conducción lenta, susceptible a los narcóticos e hipnóticos, y que ascendiendo con las fibras colaterales del sistema específico al tálamo óptico, difunden a toda la corteza cerebral y mantienen su actividad. Pero, al lado de este centro de vigilancia cortical, "verdadera acción específica de inespecificidad", los electroencefalografistas de la escuela de PENFIELD y especialmente JASPER, describen un sistema activador inespecífico talámico —lo que MORUZZI llama el segundo rostro de Jano— formado por las fascículas tegmento-talámico, tecto-talámico y retículo-talámico que se articulan en la zona intralaminar y difunden por los pedúnculos anterior, infero-interno y posterior del neocortex frontal, temporal y occipital respectivamente; sistema que podría ser independiente o quizás el segmento más rostral del sistema reticular ascendente.

De cualquier modo, los aportes neurofisiológicos y los hallazgos neuroquirúrgicos, demuestran que los trastornos de conciencia en el nivel mesencéfalo-diencefálico, se deben a la lesión de los centros activadores reticular o talámico. Y no podemos hablar de localización de la conciencia, aquello que podría abarcar insensiblemente todo nuestro ser y existencia, y más bien nos debemos de referir siempre a la lesión de un dispositivo regulador del sueño y de la vigilia que se

integra en niveles bulbo-ponto-mesencéfalo-tálamo-cortical. No se puede localizar esta abstracción denominada conciencia en alguna parte del cerebro; no se puede limitar especialmente ni hodológicamente los procesos neurobiológicos que subtienden la integración consciente y localizarlos en un centro que actuaría "como un estado en el estado... como un cerebro en el cerebro".