

**NEUROPLASTICIDAD Y ADAPTACION FUNCIONAL  
DEL SISTEMA NERVIOSO**  
**Aproximación a la anatomía funcional del tronco cerebral**

Por JUAN MANUEL CUBA\*

**RESUMEN**

*Se revisa las últimas investigaciones sobre plasticidad neuronal, en relación con el crecimiento dendrítico y la regeneración de los cilindroejes en la suplencia funcional de la corteza cerebral y el sistema estriado en la reorganización de las funciones superiores. Se recuerda la importancia de las funciones del tronco cerebral en el hombre y se propone una nueva sistematización: el Arqui-tronco, en relación a funciones vegetativas, el Paleo-tronco, en relación con el hombre y su medio ambiente y el Neo-tronco, cuyas funciones aún desconocemos. En fin, se presenta la observación de una paciente decorticada mediante la evaluación clínica y la resonancia magnética que, sin embargo, mantiene sus funciones de percepción y elaboración de juicios y criterios; la expresión de estos la ejecuta mediante gritos.*

**SUMMARY**

*A revision of the last investigations about neural plasticity is presented in relation to dendritic growth and axonal regeneration in the functional supply of cerebral cortex and striate system for the reorganization of the intellectual functions. The importance of brainstem's function in man is reviewed and a new systematization is proposed: Arqui-brainstem in relation to vegetative functions, Paleo-brainstem which establishes the relationship between man and its environment, and Neo-brainstem whose functions are still unknown. Finally, the clinical observation of a decorticated patient is presented, including MRI. In spite of diffuse cortical lesions, she keeps other*

---

\* Apartado postal 2169, Lima -100, Perú.

*functions such as perception and elaboration of judgements and criteria which she expresses by shouting.*

PALABRAS - CLAVE: Neuroplasticidad, sistema nervioso central, tronco cerebral.

KEY - WORDS: Neuroplasticity, central nervous system, brain stem.

## INTRODUCCION

A. DELMAS (1972),<sup>6</sup> en *El Hombre frente a la hominización*, escribe: "El Sinántropo sólo conoció el grito, con sus gritos expresaba sus emociones, su pena o su miedo; sus descos y sus alegrías". Recién los Neandertalios, con el desarrollo del cerebro, sobre todo de la región del *cuadrilátero de Pierre Marie* tuvieron el lenguaje hablado y con el desarrollo progresivo de esta región, integrada por los pliegues de pasaje de los lóbulos occipital, temporal y parietal, se organiza la "conciencia del yo"; -pues su desintegración se expresa en la asomatognosia, de síndrome de Gersmann.

Este somero análisis nos lleva a dos conclusiones; la primera es que, de alguna manera, nuestro cerebro sigue "desarrollándose", y la segunda es que sus funciones, en el hombre, se perfeccionan con la evolución. De cualquier manera el esquema de la hominización esta ya inscrita, seguramente, en las regiones más antiguas de nuestro sistema nervioso.

Así, dos conceptos nos parece interesante desarrollar. Uno, el de la plasticidad neuronal y el otro, la adaptación funcional, de los grandes planos del sistema de la vida de relación: El encéfalo, con sus núcleos estriados y el tronco cerebral.

## NEUROPLASTICIDAD Y ENVEJECIMIENTO

La Neuroplasticidad consiste en cierto tipo de ajustes o adaptaciones del sistema nervioso, ante los cambios del medio interno y externo, que van ocurriendo en la vida hasta la vejez. Pero también se entiende por Neuroplasticidad, los ajustes morfológicos y funcionales, después de lesiones neuronales, debidas a la isquemia, los traumatismos, las enfermedades degenerativas y otros. De este modo, las investigaciones actuales muestran que es en la ancianidad cuando mejor se manifiesta la neuroplasticidad.

Gillian COEN, en su artículo sobre "Las fuerzas de la vejez", en *La Recherche*, de setiembre de 1993, nos señala la permanente adaptación del cerebro para corregir y organizar las funciones cognitivas, no obstante las pérdidas y ganancias de la organización nerviosa, con la edad. Con el envejecimiento, las funciones cognitivas adquieren una mayor especialización pues la red neuronal desarrolla valiosas estrategias de compensación, como lo muestran los trabajos de BALTES <sup>2</sup> *et al.* del Instituto "Max Planck" de Berlín.

Las personas de edad avanzada son generalmente, más idóneos que los jóvenes en la solución de los problemas

prácticos de la vida real. En lo que corresponde a actividades intelectuales más específicas, como ciertas ramas del arte o la ciencia, una alta proporción realizaron sus obras inmortales después de los 50 años; aún cuando existe la idea general que la mejor producción se alcanza entre los 30 y 40 años. Estas experiencias son válidas, también, entre otras, para los aprendizajes de música o idiomas, como lo han mostrado CONWAY, STANHOPE, NAYLOR y HARWOOD, respectivamente.

A esta edad, dicen los investigadores alemanes, el cerebro realiza un esfuerzo suplementario, que le permite readaptar ciertas funciones cognitivas para reemplazar a las que se pierden con la edad. A ello debe agregarse la motivación, que los lleva a emplear más tiempo y a un mejor uso de sus energías.

Esto ha llevado a distinguir dos formas de inteligencia; la inteligencia "fluída" y la inteligencia "cristalizada". J. L. WORN y R. B. CATTELL, (1979), definen la inteligencia "cristalizada" como la que se desarrolla a partir de los conocimientos adquiridos; esta inteligencia no disminuye con los años, como nos muestra el esquema de BALTES, se mantiene inalterable con la edad, a diferencia de la inteligencia "fluída", que aumenta, como la anterior, hasta la madurez y después declina. Esta última inteligencia representaría el aspecto mecánico en el tratamiento de la información básica; en tanto que la inteligencia "cristalizada" constituye la adaptación funcional y constante de la redes neuronales, lo que permite elaborar nuevas opciones, a base de los conocimientos adquiridos.

En otras palabras, la inteligencia "artificial" es la expresión máxima de la plasticidad neuronal, la misma que per-

mite que se adquieran o perfeccionen ciertas formas de memoria y aprendizaje, al mismo tiempo que el juicio y el razonamiento se mantienen intactos. Por ello se considera que el deterioro neuropsicológico de una persona de edad avanzada, no está necesariamente ligado a su edad cronológica, seguramente son otros factores los que originan la declinación de esta función, como los malos hábitos alimenticios, las formas de vida que rompen los esquemas de la biología o factores genéticos ligados a la demencia.

Así, estas observaciones han llevado a los investigadores a considerar tres planos, en el envejecimiento normal, que no siempre se superan: El cronológico, marcado por los años; el fisiológico, que es la expresión del funcionamiento de órganos y sistemas; y el neuropsicológico o cognitivo que representa la plasticidad neuronal. Aquí es importante mencionar la importancia perenne del enriquecimiento cognitivo y del tono afectivo, en su adquisición. Así, la idea clásica, sostenida durante mucho tiempo, de que el envejecimiento es la declinación generalizada de las facultades de la persona, basada en la hipótesis de que las facultades intelectuales sólo progresan hasta los 25 a 30 años, ha sido cambiada por el concepto actual que, con los años, sólo ciertas facultades declinan y otras se conservan o continúan desarrollándose.

#### *Neuroanatomía y envejecimiento*

El dogma dice que la célula nerviosa que se destruye no se vuelve a regenerar. Se sostiene que, con la edad, si una neurona desaparece no será jamás reemplazada, pues en un cerebro "maduro" han desaparecido las células indiferenciadas, capaces de originar nuevas neu-

ronas. La solución a este problema es buscada por la ciencia través de los trasplantes al cerebro como leímos en "Los trasplantes al cerebro" en *La Recherche* de marzo de 1986.

El polo importante, de la neurona, para la elaboración de los mensajes, es la dendrita. Los estudios neuroanatómicos de las dendritas, muestran que si bien, con la edad, desaparecen miles de neuronas, a su vez existe un rápido y permanente crecimiento dendrítico. Mc NEILL (1983) señala que es probable que en el cerebro adulto coexistan dos poblaciones de neuronas diferentes; unas en proceso de degeneración y otras en crecimiento permanente; estas ideas permiten comprender la plasticidad permanente del sistema nervioso.

En esta línea de estudios, J. J. HAUW (1983),<sup>9</sup> en su libro *El envejecimiento cerebral* nos ofrece los esquemas de BUELL y COLEMAN (1981), que muestran el crecimiento dendrítico en el cerebro normal de un anciano de 80 años, en comparación con un sujeto de 51 años, al lado del esquema de la degeneración neuronal y de las dendritas, en la demencia. Así, los 100 millones de neuronas del cerebro del hombre constituyen, como en toda la biología, el fundamento básico de la función. Pero la característica individual, para elevadas funciones en la percepción, la memoria, el aprendizaje y el pensamiento, se basa en la plasticidad con que las neuronas forman interrelaciones individuales, que se van inscribiendo en las sinapsis, a las que MONOD en su libro *El azar y la necesidad* denomina "unidades lógicas".

Se sabe que para los crecimientos dendríticos existen mecanismos autógenos individuales; por ello el proceso epigenético en el sistema nervioso

es trascendente para cada individuo; pues las interconexiones neuronales y los sistemas sinápticos, son propios para cada sujeto. En el proceso de formación de las redes neuronales en el hombre se puede reconocer dos etapas; la primera, que se denomina "repertorio primario", abarca los 9 primeros meses de vida; en esta etapa dirigida por los *cams*, crecen las dendritas y se ramifican en todas las direcciones, constituyéndose en una red.

La segunda etapa o "segundo repertorio" ocurre después del nacimiento y se caracteriza porque las orientaciones primarias de la sinapsis son modificadas y ampliadas por los estímulos externos. Es en esta etapa en que se cultivan la percepción, la memoria y los aprendizajes peculiares a cada persona y se perfila el carácter individual.

La corteza cerebral aparece, al comienzo, como una estructura simple y relativamente uniforme. Después del nacimiento muestra una extraordinaria plasticidad, pues las señales de los sentidos, van configurando su organización hasta los 10 años, aproximadamente; a partir de esa edad la organización neuronal esta constituida y con ella la personalidad del individuo.

D. O'LEARY, afirmó en 1991, que todas las neuronas de la capa V de la corteza reciben, al comienzo, la orden de emitir axones hacia la médula espinal; posteriormente, durante la maduración del sistema nervioso, mientras unas señales marcan la estabilización de las conexiones córtico-medulares, otras determinan la eliminación de la mayor parte que no se originan en la zona frontal ascendente. Por ello la afirmación que hicieron HOLMES y MAY, en 1909, en que concluyen que las *células de Betz*, constituyen el único origen de la vía pirami-

dal, no es válida; pues en el hombre, nos recuerda J. ARMAND<sup>1</sup> en 1984, mientras que en una pirámide vulgar existen un millón de fibras, según RASMUSSEN, en el área motora del lado opuesto, sólo existen 34,000 *células gigantes de Betz*; por tanto, en el hombre, las *células de Betz*, darían origen sólo al 2 o 3% de las fibras piramidales, el resto tiene origen en otras áreas.

Llegamos así, a la plasticidad del cilindro-eje y sobre el tema existen tres premisas: La primera dice que cuando los cilindro-ejes de los nervios periféricos son destruidos por un traumatismo, vuelven a regenerarse y después de un lapso reaparecen las funciones motrices y sensitivas. Este fenómeno aún no tiene explicación. La segunda premisa dice que cuanto más próxima sea la herida al origen aparente, es indispensable que el neurocirujano junte los cabos y la recuperación, entonces, rara vez es total. En fin, si la lesión ocurre en el cilindro-eje, entre el origen real y el origen aparente, la alteración motora o sensitiva es permanente. Así aparece el dogma de la no regeneración de la sustancia blanca.

Trabajando sobre este tema, AGUAYO en 1980, en Montreal (citado por DUSART<sup>7</sup> *et al.* en 1993), demostró que en condiciones favorables, un gran número de axones de neuronas del sistema nervioso central, pueden regenerar. Los mismos autores en 1989, han puesto en evidencia, que además de la regeneración anatómica de los cilindro-ejes, ocurre la recuperación funcional. Así, en el nervio óptico, después de la lesión, el axón regenerado permite que las señales eléctricas y luminosas de la retina sean registradas en los tubérculos cuadrigéminos; lo cual significa que es posible la regeneración de los axones en la sus-

tancia blanca, incluyendo su sinápsis con las células correspondientes, en el cerebro. Estas observaciones de extraordinaria importancia, han llevado a discutir al dogma de lesión definitiva de la sustancia blanca.

Aquí, nos parecen interesantes las observaciones de S. F. FARMER,<sup>8</sup> de Londres, sobre "La plasticidad de las vías motoras centrales en los niños con parálisis cerebral y hemiplejía" publicados en *Neurology*, en 1991. Encuentra que en los niños con lesiones cerebrales en el nacimiento y que presentan una hemiplejía con movimiento en espejo, los estudios neurofisiológicos sugieren una ramificación bilateral del haz piramidal. Esta ramificación, por lo demás, no ocurre al azar sino que las "colaterales anormales" de los cilindro-ejes, se dirigen a los motoneuronas simétricas, del lado opuesto. Así, estas ramificaciones "anormales" de los cilindro-ejes de la corteza motora sana, van a las motoneuronas ipsilaterales y proporcionan una nueva vía motora, de suplencia, que mejora el pronóstico de estas hemiplejías. Estas observaciones han llevado a pensar que el plan pre-establecido para la regeneración del axón debe buscarse en la embriología, como señalan W. KENNEDY y C. DEHAY.<sup>10</sup>

En efecto, la embriología muestra que cuando el cilindro-eje está en crecimiento, el metabolismo de la neurona difiere de la que ya ha establecido sus conexiones definitivas. Así, durante el crecimiento del axón, en la neurona embrionaria existe aumento y acumulación en la membrana del cono de crecimiento, de ciertas proteínas y entre ellas "la proteína asociada al crecimiento axonal", denominada GAP 43; proteína que también se encuentra aumentada cuando ocu-

re la regeneración axonal, de ciertas neuronas adultas. Por otra parte, el nivel de esta proteína también está aumentado durante el crecimiento de los axones del sistema nervioso central o periférico, en las seis primeras semanas que siguen a la axotomía experimental. En fin, AGUAYO, en 1991, ha mostrado que, tanto en los trasplantes como en la aproximación de los cabos en las reparaciones quirúrgicas, los axones que se desarrollan o regeneran son aquellos cuya neurona logra sintetizar esta proteína.

Así, podemos concluir, por el momento, que la síntesis de la proteína del crecimiento axonal, GAP 43, junto a otras proteínas como la "tubulina", para el esqueleto del axón, forman parte del plan del crecimiento axonal. La disminución o ausencia de estas proteínas asociadas a otros factores constituirán una de las causas para la inhibición del crecimiento o de la regeneración de la fibra nerviosa en el adulto.

Al lado de estas investigaciones existen otras líneas de experimentación, igualmente prometedoras. Se piensa que en el eje cerebro espinal existirían factores que inhiben el crecimiento axonal. Esta tesis es sostenida por I. DUSART, B. C. RUBIN y M. E. SCHWAB,<sup>7</sup> quienes refieren haber encontrado que ciertas proteínas de la membrana de los oligodendrocitos maduros y de la mielina de los axones inhiben el crecimiento de las prolongaciones nerviosas, especialmente de los axones. La inyección de anticuerpos preparados contra estas proteínas, ha demostrado, por primera vez, que un cierto número de axones ha podido desarrollar hasta 10 milímetros en el interior del sistema nervioso central; con ello se ha dado el primer paso hacia la neutralización de las proteínas inhibitorias de la regeneración de los axones.

Así, las investigaciones principalmente de la neuroanatomía, junto a la observación clínica, en esta década del cerebro, han hecho caer primero el dogma del envejecimiento total del cerebro y luego el dogma de la pérdida definitiva de las redes nerviosas.

### LA ADAPTACION FUNCIONAL

Kurt GOLDSTEIN, en *La estructura del Organismo*, dice que la red nerviosa, en su conjunto, es un aparato que funciona siempre como un todo y no está jamás en reposo. Por esas extraordinarias influencias que ocurren en la biología se diría que se eslabonaron entre otros, tres grandes observadores: S. FRITSCH y HITZIG (1870) en la fisiología de la corteza; J. M. JACKSON (1932) que luego de un fino razonamiento clínico concibió la teoría del *highest level*, para la corteza cerebral; luego, los trabajos de W. PENFIELD, desde 1937, que lo llevaron a describir las cartas corticales; y por último, el ensayo sobre la corteza cerebral de VON BONIN, en 1948.

Sin embargo, las observaciones clínicas pronto mostraron que el esquema teórico de JACKSON, no permite un marco semiológico, por eso CRICK,<sup>4</sup> en sus reflexiones en torno al cerebro, publicadas en 1989, escribe: "Hay algunas capacidades humanas que en nuestra manera actual de entenderlas, sentimos que hay algo difícil de explicar, pero resulta casi imposible de decir clara y exactamente en que consiste la dificultad". Ello sugiere que acaso nos aproximamos a la semiología nerviosa de modo incorrecto, es decir, que a las estructuras le hemos asignado, a priori, una función, y a ésta, a su vez, una denominación.

Los clínicos han comenzado a comprender que las alteraciones cogni-

tivas del comportamiento, no están ligadas exclusivamente a la corteza cerebral, sino a otras áreas del sistema nervioso, tales como los núcleos basales. Así, en estos últimos años, siguiendo esta nueva tendencia, los neurólogos van encontrando que otras regiones del sistema nervioso, están también en íntima relación con la función psíquica y del comportamiento, como los núcleos basales. Así, en las "Jornadas Internacionales" de la Sociedad Francesa de Neurología, que tuvo lugar en La Salpêtrière, en junio de 1993, bajo la presidencia del profesor D.LAPLANE, 11, han coincidido y se han sintetizado, las nuevas aportaciones de la semiología al conocimiento de las funciones superiores en relación con los núcleos de la base.

Ahí, Du Bois *et al.* han puesto en evidencia las perturbaciones cognitivas en pacientes con lesiones o afecciones degenerativas de los núcleos grises centrales, partiendo de los estudios neuropsicológicos de AGID *et al.* y otros, en la enfermedad de Parkinson, en la parálisis supranuclear progresiva y en la corea de Huntington.

Estos análisis han puesto en evidencia las numerosas deficiencias en la esfera cognitiva de estos pacientes, como la reducción de la fluencia verbal; la lentificación en la elaboración de engramas intelectuales, lo que se expresa por la lentitud en el curso de la realización de funciones complejas, así como en las funciones motoras. A ello se asocia la dificultad en la estructuración mental de las informaciones visuo-espaciales; lo mismo que la dificultad en la recuperación de trazas mnésicas durante la evocación; el entorpecimiento en la disposición jerárquica en los juicios de valoración y errores notables en la seriación temporal; torpeza y dificultad para los aprendizajes condicionados,

con respuestas diferentes; en fin, perturbaciones en la capacidad de discriminación sensorial.

Los errores en los procesos de selección, la incapacidad para la adaptación y defectos de comportamiento muestran la disminución de la flexibilidad mental para la conceptualización y ello determina que los pacientes con lesiones de los ganglios basales desarrollen una dependencia anormal a su medio ambiente, es decir la separación del "yo" y su "circunstancia".

A la luz de estas observaciones, se sostiene ahora que los ganglios de la base juegan un papel muy importante en los procesos de orientación de la atención y en la actualización de las representaciones mentales para la elaboración de las estrategias internas para la acción. Ello supone la existencia de una relación funcional, muy estrecha, entre los núcleos grises centrales y el lóbulo frontal, pues todas estas funciones se atribuyen sólo a los lóbulos frontales; sin embargo, esta relación anatómica sólo recientemente ha sido descrita en los primates.

La semiología, junto a la resonancia magnética, a las imágenes por positrones y a la anatomía patológica, han permitido el deslinde de ciertos síndromes como la "pérdida de la automotivación psíquica", de LAPLANE *et al.*; la "pérdida de la iniciación y del sostén de la acción" de Ali CHERIF *et al.* y el "síndrome atinómico" de HABIB y PONCET. Estos síndromes, en general, se caracterizan por ausencia de producciones mentales espontáneas como los gestos, el lenguaje o las expresiones emocionales, pero lo ambivalente es que estas mismas funciones están conservadas, como se muestra en las respuestas a las órdenes del examinador o cuando en su alrededor, el apremio lo exige. Lo más sorprendente

aún, es la forma especial del estado de conciencia en que viven estos pacientes. Ellos refieren que no sufren, no están ni deprimidos ni ansiosos, no les interesa nada. En fin, no piensan en nada.

Este nuevo análisis de la semiología estriada y las agudas observaciones de LAPLANE, sobre los comportamientos obsesivo-compulsivos han adquirido una notable trascendencia. Dichas manifestaciones, que aparecen, ya sea como un síndrome aislado en las lesiones de ambos globus pallidus o en el contexto de los síndromes estriados, fueron ya señaladas en la encefalitis de VON ECONOMO, pero también se observa en el curso de algunas enfermedades degenerativas que afectan los lóbulos frontales, como en la enfermedad de Pick.

LAPLANE sugiere que este síndrome sería la consecuencia de la alteración de los circuitos fronto-estrio-palidales. Sobre este punto, GRAY (1993), sostiene que el modelo obsesivo-compulsivo, de la patología estriada, puede servir para la comprensión neuropsicológica de la esquizofrenia, en la que el reconocimiento de los objetivos y la evaluación de las consecuencias de las acciones corresponderían a alteraciones del otro circuito, como el estrio-límbico.

Terminamos este acápite señalando las ideas de MOAL *et al.* en la revisión de estos temas. Ellos sostienen que cada individuo presenta modalidades propias de funcionamiento de sus núcleos grises centrales, y por consiguiente que cada individuo tiene sus propias correlaciones anatómicas funcionales.

#### ***SOBRE LA ANATOMIA FUNCIONAL DEL TRONCO CEREBRAL***

Cecil y Oscar VOGT, cuando se dedicaron al estudio de las enfermedades

extrapiramidales y su relación con los ganglios basales, tuvieron el convencimiento que, para la comprensión de estos problemas, era indispensable extender el estudio al tronco cerebral. Por ello, en 1945, encargaron a J. OLSZEWSKI el estudio de la citoarquitectura de esta región, pues hasta entonces no había un estudio completo, sobre el tema, en el hombre. El atlas *La citoarquitectura del tronco cerebral en el hombre* de OLSZEWSKI y BAXTER,<sup>12</sup> apareció recién en 1952.

El tronco cerebral ha sido siempre tema de especial interés para los neurólogos. Charles BELL, en 1830, en su libro sobre las funciones cerebrales, refiriéndose al tronco cerebral, escribe: "Quien llegue a ser dueño de este conocimiento, no tendrá dificultades para comprender la integridad del sistema nervioso, pues tendrá la llave en sus manos".

En 1959, el Profesor A. DELMAS, de París, nos encargó el estudio de la citoarquitectura del tronco cerebral en el hombre, mediante el método de la reconstrucción de BORN, y los primeros resultados los publicamos en 1962.<sup>10</sup> Como quiera que se trata de un ensayo de interpretación anátomo-funcional continuamos este trabajo, siempre bajo la orientación del Profesor A. DELMAS, a quien rendimos nuestro homenaje y nuestro más vivo reconocimiento.

Se asume que los límites del tronco cerebral son las cintillas ópticas, en su polo oral y la decusación piramidal, en su polo caudal. Asimismo, los cortes transversales clásicos nos enseñan que sus disposiciones anátomo-funcionales son el pie y la calota.

Creemos que la manera de delimitar esta estructura debe cambiar, así: en su polo oral debe extenderse hacia la llamada región hipotalámica, como lo muestra la embriología y las imágenes por resonancia.

cia magnética, y la lectura de su citoarquitectura debe hacerse en cortes longitudinales, en lugar de los transversales. Si seguimos esta idea observamos, a partir del tubo neuronal una primera envoltura, que cubre el "tubo neuronal", a la que SZENTAGOTHAI, en 1966, en su artículo sobre "Nuevos conceptos anatómicos sobre el tronco cerebral" publicado en el libro *Experiencias clínicas y desórdenes del tronco cerebral*, llama *central grey core*.

Este "área gris central" constituye la primera diferenciación neuronal del tronco cerebral y origina una masa neuronal, relativamente indiferenciada, cuyas fibras eferentes son prácticamente amielínicas. Esta proliferación neuronal aparece como una capa delgada y uniforme en la médula, pero en el tronco cerebral adquiere un gran desarrollo, y algunas áreas, son verdaderos núcleos, como el núcleo intercalatus.

El árbol dendrítico de estas neuronas se caracteriza por una simple arborización radiada, sin patrón definido para sus ramificaciones y en estrecha relación con las células vecinas. MOLINER, 1962, llama a esta arborización patrón "isodendrítico" que corresponde al tipo "no específico" de otros autores. Los cilindro-ejes, cortos y generalmente amielínicos, establecen conexiones con las áreas vecinas, tanto en sentido longitudinal como transversal.

Este área muestra una notable relación con las funciones vegetativas. El haz de SCHUTZ, entre otros, relaciona el hipotálamo con esta "primera envoltura". Se ha observado también que la estimulación de la sustancia gris peri-acueductal del encéfalo, desencadena hasta sensaciones desagradables y a la inversa, los estímulos dolorosos en el cuerpo originan una gran actividad nerviosa en esta región.

En el diencefalo, el área gris central está en relación con mecanismos humorales; así, los órganos sub-comisural y sub-fornical, de la sustancia gris periventricular, regulan el metabolismo de la sal y el agua. Los núcleos supra-ópticos y paraventriculares tienen una importante función simpática e intervienen en los mecanismos psicológicos de la actividad sexual. El área postrema, que histológicamente es un órgano glial, como los órganos gliales del mesencéfalo, tiene una función notable en la bioquímica de la sangre.

Así, la concepción antigua de las funciones del área gris periventricular se mantiene vigente, pero con la noción filogenética de la adaptación de cada especie a su ambiente. Por eso esta zona debe ser considerada como la región del sistema nervioso destinada a regularizar el medio interno. A esta parte del tronco cerebral, hemos llamado "Arqui-tronco" (Fig. 1), su semiología corresponde a la medicina general y su lesión, generalmente, determina la muerte.

La segunda envoltura o "*core reticular*" de SZENTAGOTHAI; está confundida con la anterior y se desarrolla desde muy temprano en la migración neuronal. Se puede identificar tres aspectos en su citoarquitectura.

En primer lugar la organización de ciertos grupos neuronales, como el núcleo del rafe. Luego encontramos grupos neuronales, con clara orientación genética, que se individualizan fácilmente por su posición y recorrido, generalmente transversal, de sus cilindro-ejes. SZENTAGOTHAI denomina a estos grupos los "apéndices motores y sensitivos" que se originan en el interior del "*core reticular*" o "zona reticular". Estos apéndices originan las columnas somato-motoras de los pares XII, VI, IV, III; los núcleos del VII y V,

derivan de otra serie de neuroblastos, la maduración de los "apéndices" sensitivos, origina sólo el V par, que histológicamente corresponde a la estructura del asta posterior de la médula espinal. Los núcleos sensitivos-vegetativos del X, IX y VII, derivan de otro plano embriológico; lo mismo podríamos decir de los núcleos vestibulares y cocleares del VIII par, que tienen un patrón embriológico diferente.

En fin, se observa ciertas neuronas aisladas de diferente tamaño y forma, como en migración, cuyos cilindro-ejes, fácilmente identificables por su notable mielinización y por su orientación, constituyen la trama "reticular" que describió CAJAL. Así, este área, que cubre a la primera, es mucho más desarrollada y de extraordinaria población neuronal, con grandes y múltiples fibras bien mielinizadas, de diferente calibre y cuyo origen y terminaciones de los cilindro-ejes se puede identificar.

Este área o "cuerpo" corresponde a la "formación reticular" de los clásicos, sin embargo, su citoarquitectura aún sigue en discusión. En ella se observa generalmente dos tipos de arborizaciones dendríticas, el patrón "isodendrítico", al que ya nos hemos referido y que se encuentra exclusivamente en la envoltura interna o peri-ependimaria y el patrón "alodendrítico". El patrón "alodendrítico" constituye un modelo mejor organizado y se caracteriza por una rica arborización secundaria, que parte de las dendritas primarias y que se dirigen siempre en determinada dirección, la que sugiere la integración en módulos o unidades funcionales.

Es importante mencionar aquí los trabajos de SCHEIBEL y SCHEIBEL en 1958, quienes mostraron que las neuronas reticulares mediante estos tipos de sinapsis, no sólo se

conectaban entre sí, sino que además lo hacían con los sistemas ascendentes o descendentes, a través de las arborizaciones de los cilindro-ejes de estos últimos.

Es importante insistir también que estos sistemas dendríticos están dispuestos en segmentos transversales, determinando discos funcionales perpendiculares. Esta peculiar organización funcional, muy especializada y de gran plasticidad, indica que ciertas áreas reticulares reciben impulsos de ciertas fuentes estrictamente determinadas; así, los trabajos de SCHEIBEL y SCHEIBEL nos permiten comprender que con impulsos elementales sensitivos o motores, se ponen en marcha estos "discos" o "módulos" de alta especialización, en funciones tan complejas y sofisticadas para la corteza como toser, masticar, deglutir, conforme a las ideas de MOUNTCASTLE (1957) y de HUBEL y WIESEL (1962-1965).

Podemos decir que este área del tronco cerebral, es el área que permite la relación del hombre con su mundo exterior. A este área hemos denominado "Paleotronco" (Fig. 2) y su lesión rompe las relaciones del hombre con el mundo exterior.

Por último, la embriología muestra que además de la migración de la luz del tubo hacia la periferie, existen áreas de migración a la inversa, de la periferie a la profundidad. Esta doble migración va a determinar lo que constituye una tercera capa y que SZENTAGOTHAJ llama la "envoltura de integración". Esta tercera envoltura es discontinua y estaría integrada por la oliva bulbar, los núcleos del puente, el locus niger y los tubérculos cuadrigéminos. Nosotros agregaríamos el núcleo interpenduncular, el núcleo de Maynet y los núcleos septales. Las matrices de neuroblastos, para estos núcleos, recién aparecen en el tronco cerebral y no se les encuentra en la médula. Estas grandes masas

nucleares, claramente definidas, se colocan en los bordes del tronco cerebral y están generalmente próximas a los grandes sistemas ascendentes y descendentes.

SZENTAGOTAI sugiere para estos núcleos la denominación de "envoltura de centros integradores superiores, con funciones de relevo". En efecto, la oliva bulbar está enlazada con el cerebelo, los núcleos del puente con la corteza cerebral, el locus niger con el sistema estriado y los tubérculos cuadrigéminos con las áreas sensoriales corticales.

Las dendritas de esta región corresponden a la forma más evolucionada y Ramón MOLINER (1962) las denomina tipo "idiódendrítico". Este modelo dendrítico, significa el estadio final en la evolución del sistema nervioso. Las dendritas se ramifican o se dirigen en una sola dirección como las de la oliva bulbar o las de los núcleos del puente. A este área de organización e integración con las zonas más modernas del encéfalo y de fina especialización, la deno-

minamos "Neo-tronco" (Fig. 3) y su semiología recién comenzamos a conocer.

### OBSERVACION CLINICA Y COMENTARIO FINAL

Historia N° 167811. L. E. A. Dpto. de Neurología y Gerontología. I. N. C. N. Lyly, de 30 años de edad, casada, con dos hijos sanos, que se ocupa de su quehacer doméstico hasta hace 7 años. El 21 de febrero de 1986 cuando tenía 23 años, sufre un paro cardio-respiratorio a consecuencia de una reacción anafiláctica y después de un mes, en coma, es transferida a nuestros servicios. La paciente es recibida en actitud de decorticación, con Babinski y Hoffman, bilaterales. Al comienzo alterna las fases de vigilia/sueño/coma y en el lapso de algunos meses se recupera el ritmo nictameral.

Todos los movimientos voluntarios están abolidos, sin embargo, puede masticar y deglutir normalmente, el parpadeo es normal y tose cuando se

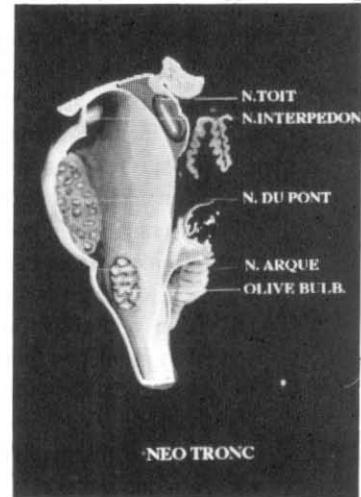
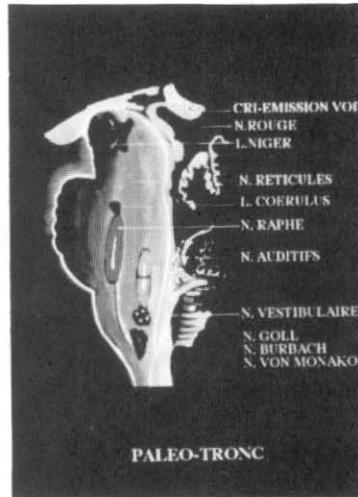
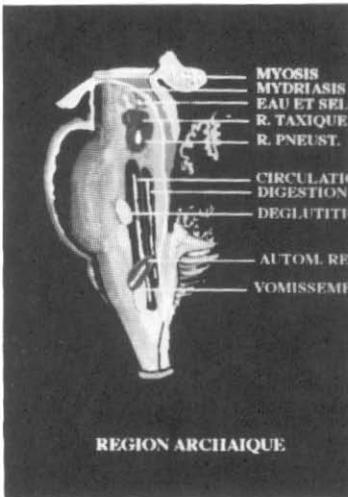


Figura N° 1

Figura N° 2

Figura N° 3

estimula, los globos oculares se mueven espontáneamente, de modo simétrico y dá la impresión de una mirada conjugada, las pupilas están midriáticas y el reflejo fotomotor, presente.

La paciente no puede realizar ningún movimiento voluntario, sin embargo, en el gesto de su rostro se observa que reconoce la voz de sus familiares, particularmente la de uno de sus hermanos, de 10 años de edad, con el que, a través de gritos y sonidos guturales, ha establecido un código de comunicación, que sólo él comprende.

El análisis de su rostro y sus gestos mediante ciertas pruebas muestran el estado de lucidez y análisis, así: Si se coloca una radio el gesto muestra que la paciente escucha y si se cambió la música por otra de su ambiente, la reconoce y cambia el gesto de atención por otra de alegría. Si se coloca un objeto cualquiera en su campo visual muestra atención y si se cambia por una flor aparece en su rostro una leve sonrisa.

La paciente mastica y deglute normalmente, pero cuando se le administra los alimentos muy rápido o en demasiada cantidad cierra los labios, hasta terminar el bocado. En fin, tiene un código de comunicación mediante gritos y gemidos. La paciente ha sido dada de alta, después de 7 años, a solicitud de sus familiares.

En un primer análisis encontramos:

- El ritmo nictameral normal.
- Los reflejos de masticación, deglución y para la tos están conservados.
- La visión y la audición están conservados y logra integrar funciones gnósicas.
- El sistema de atención también está conservado.
- Escapaz de elaborar un código de comunicación, mediante el grito o gruñido.

En fin, puede elaborar pensamientos lógicos que se expresan en las facciones de su rostro. La resonancia magnética, nos ofrece la imagen de la destrucción, casi total, de la corteza cerebral y de los núcleos de la base (Fig. 4), con integridad del tronco cerebral (Fig. 5).

El análisis de esta observación, nos permite sostener, que el funcionamiento normal de las tres áreas del tronco cerebral que hemos denominado "Arqui-tronco", "Paleo-tronco" y "Neotronco" permiten, a nuestra paciente, mantener por más de 7 años sus funciones biológicas normales; la relación con su medio ambiente y elaborar respuestas que indican funciones intelectuales superiores (Fig. 6).

Así, el tronco cerebral en el hombre, no sólo es el área de la "etapa reptiliana" sino, al contrario, el área del encéfalo, donde están inscritas las funciones superiores y quizás la personalidad de cada individuo.



Figura N° 4



Figura N° 5



Figura N° 6

### R É S U M É

Les dernières recherches sur la plasticité neuronale, en rapport avec la croissance des dendrites et la régénérescence des axones, pour la suppléance fonctionnelle du cortex cérébral et du système strié et la réorganisation des fonctions supérieures. Un rappel est fait de l'importance des fonctions du tronc cérébral chez l'homme et une nouvelle systématisation est proposée: l'arqui-tronc pour les fonctions végétatives, le paleo-tronc pour les rapports entre l'homme et son environnement, et le neo-tronc pour lequel on ne connaît pas ses fonctions. En fin, nous présentons l'observation clinique et les images par résonance magnétique qui, malgré tout, garde ses fonctions de perception et élaboration des jugements et des critères; elle s'exprime par des cries.

### Z U S A M M E N F A S S U N G

Man hatte eine Untersuchung im Gehirnkortex (Striatum) gemacht. Der Verfasser behauptet, dass eine neue systematische Ordnung möglich sei: Archihrnstamm (Vegetative Funktionen), Paleohirnstamm (Umwelt) und Neohirnstamm (Nocho unbekannte Funktionen). Schliesslich hatte man einen Fall von einer vegetativen Patienten, bei der Magnetische Resonanz doch Funktionen zeigte.

## BIBLIOGRAFIA

1. ARMAND, J. (1984): "La voie Pyramidale. Données anatomiques et physiologiques recentes". *Rev. Neurologique*, 140: 309-329.- 2. BALTES, P. B. & KLIEGL, R. (1985): "On the Dynamics between growth and decline in the Aging of Intelligence and Memory", *Neurology*, Vol. 1, pág. 2-15, Poeck (Ed.). Springer-Verlag. Berlín, Heidelberg.- 3. COHEN, G. (1993): "Les forces de la vieillesse", *La Recherche*, Setiembre, 24: 964-970.- 4. CRICK, F. H. (1979): "Reflexiones en torno al cerebro". En *El Cerebro*, Prensa Científica S. A. Calabria, Barcelona, España, pág. 220-228.- 5. CUBA, J. M. (1962): "Les formations non-segmentaires du tronc cerebral de L'home", 1 vol., Facultad de Medicina de París, 45 rue des ST. Peres.- 6. DELMAS, A. (1972): "L'Homme devant l'Hominisation", *Quaderni di Anatomia Practica*, vol. 28, 1-4: 22-56.- 7. DUSART, I., RUBIN, B. C. & SCHWAB, M. E. (1993): "La Regeneration des fibres nerveuses", *La Recherche*, Octubre, 24: 1068-1074.- 8. FARMER, S. F. *et al.* (1991): "Plasticity of central motor pathways in children with hemiplegic cerebral palsy", *Neurology*, 41: 1505-1510.- 9. HAUW, J. J. *et al.* (1993): "Le vieillissement cerebral", *Documentacion Medical Observal*. Paris.- 10. KENNEDY, H. & DEHAY, C. (1993): "Le Developpement du cortex cerebral", *La Recherche*, Octubre, 24: 1068-1074.- 11. La neurologie de L'aube a Demain. Centenario de la mort de Jean-Martin Charcot. *Journes Internationales de Neurologie* (1993). Profesor D. Laplane. La Salpetrière. París.- 12. OLSZEWSKI, J. & BAXTER, D. (1954): "Cytoarchitecture of the human brain stem", vol. 1, Karger (Ed.). Basel, New York.

## AGRADECEMOS A:

- Profs. M. Potier y A. Courcelle de la Facultad de Medicina de París, por su invalorable ayuda.
- A "Resomasa" y al profesor Luis Trelles por su generosa colaboración para la obtención de las imágenes de resonancia magnética.
- A los Laboratorios "Ferrer" por su generosa donación de Somazina, durante los 6 años de nuestra observación clínica y por su valiosa ayuda para la bibliografía de este trabajo.