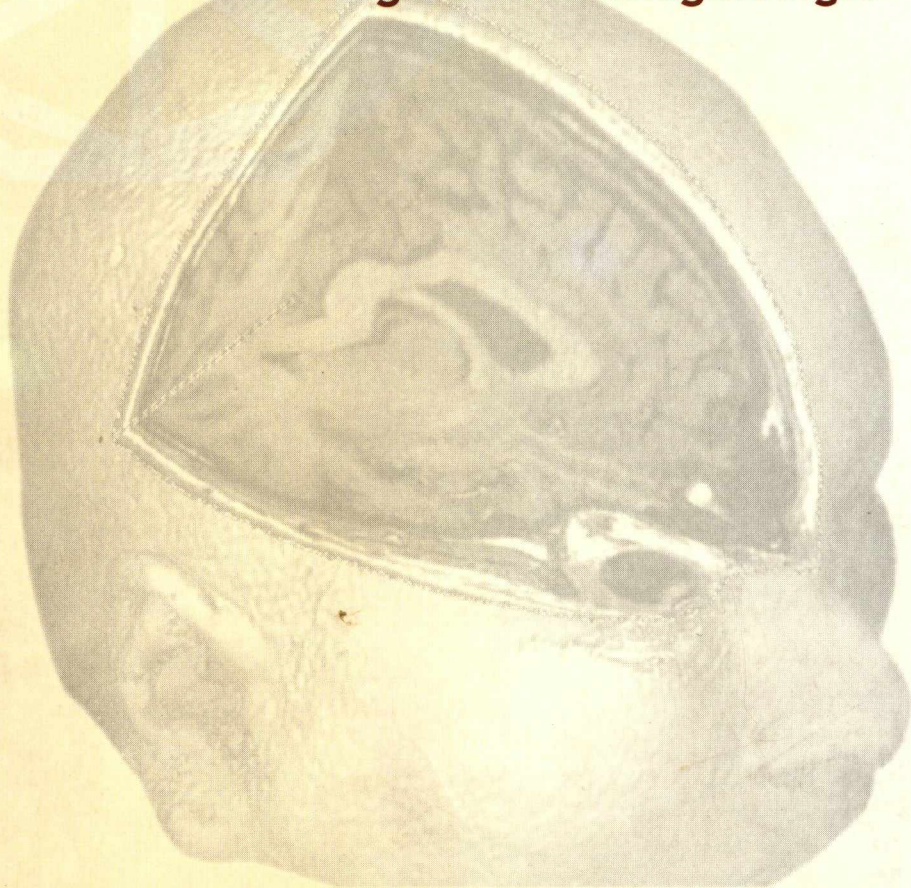


J. M. CUBA - C. MARTINOT L. C.A. MARTINOT

Fundamentos
de **N**euroanatomía **F**uncional
Cognición E **I**maginología





La neuroanatomía nace de la filosofía, pues sus orígenes están en Alcmeon, nacido en Crotona, en siglo V a.c, discípulo distinguido de Pitágoras, quien se consideraba amigo de los sabios (Philo – Sophos). Alcmeon señaló que el "Encephalum", conjunto de canales semejantes al intestino, se conectaba con los ojos y, a diferencia de los pensadores egipcios, que consideraban que el origen del pensamiento y de las sensaciones estaban en el corazón, él consideraba que su origen era el encephalum.

Fundamentos de Neuroanatomía
Funcional
Cognición E Imaginología

© 2005

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°: 2005-8294

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio, ya sea mecánico, electrónico, magnético o por fotocopidora, sin permiso previo de los autores.

Impreso en los talleres gráficos de **ARAUCANO`S S.A.**

Primera Edición.

Tiraje 1000 ejemplares

Fundamentos de Neuroanatomía Funcional Cognición E Imaginología

J. M. CUBA

*Proceptor de anatomía y organogénesis – Fac. Med. De París.
Miembro de la Sociedad de Anatomistas de París
Miembro Honorario de la Sociedad Francesa de Neurología
Ex Presidente de la Sociedad Peruana de Neurología
Ex Pte. Unión Médica Franco Peruana*

Dirección: José María Eguren 110-Lima 17 Perú Telf.: 461-3864

CARLOS MARTINOT L.

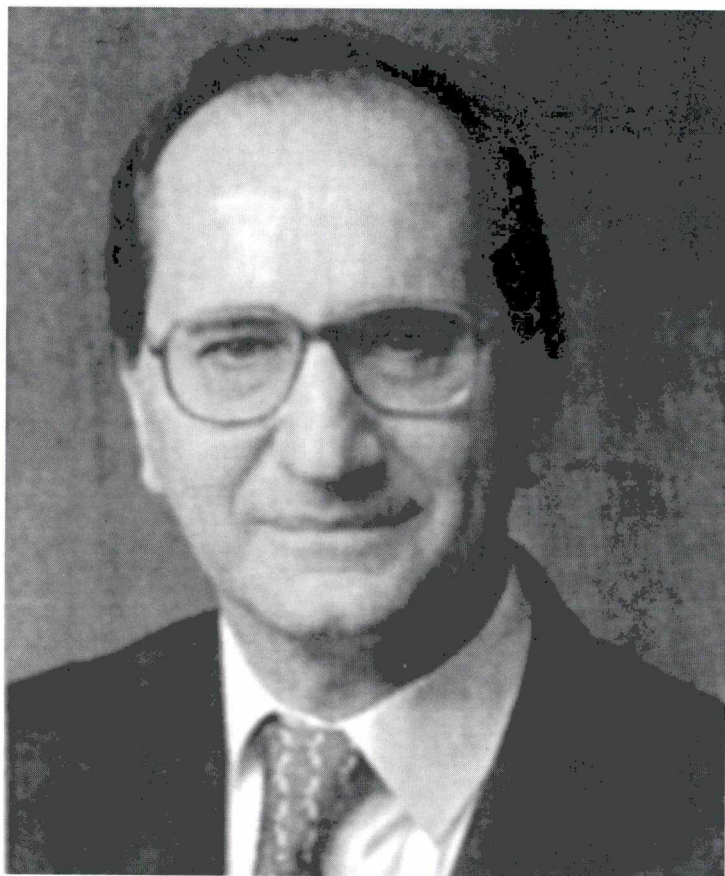
*Profesor de Neurología U.N.M.S.M.
Ex Presidente de la Sociedad Peruana de Neurología
Miembro de la Unión Médica Franco - Peruano
Miembro de la Academia Americana de Neurología
Jefe sede docente de Resonancia Magnética
U.N.M.S.M.: Fac. Medicina*

Calle Velásquez 109 San Borja - Lima 16 Perú Telf.: 225-0030

CARLOS A. MARTINOT

*Assistant professor of Radiology, Neuroradiologist.
Oregon Health Sciences University.
Portland Oregon*

272SW VALERIA VIEW dr. Portland Oregon. 97225 Cel.: 001 503 849 8881



VINCENT DELMAS

*Professeur à la Faculté de Médecine de Paris
Président de la Société Anatomique de Paris
Directeur de la 15^e édition du Traité d'Anatomie Humaine
De H. Rouvière et A. Delmas 2002
Laboratoire d'Anatomie, Paris
(45, rue des Saints - Péres - Paris - VI)*



LUIS TRELLES MONTERO †

Profesor de Neuroanatomía

Universidad Peruana Cayetano Heredia

Academia Nacional de Medicina - Perú

ACADÉMIE DE PARIS UNIVERSITÉ RENÉ DESCARTES

UFR BIOMÉDICALE DES SAINTS PÈRES

LABORATOIRE D'ANATOMIE

45, rue des Saints-Pères 75270 PARIS cedex 06

Tél. 01 42 86 22 59

Fax. 01 42 86 33 66

PREFACE

L'homme est défini par Aristote comme un animal qui se tient debout, qui a deux mains, qui raisonne et qui parle.

Depuis cette analyse si exacte de l'homme la connaissance du système nerveux est passée par de nombreux stades, mais le cerveau est loin de représenter dans l'antiquité le centre de toute perception et de tout mouvement.

Les premières planches de Vésale (*De Humani Corporis Fabrica* 1543) dues à un élève du Titien permettent bien d'individualiser des circonvolutions, une substance blanche, une substance grise.

Nicolas Sténon, dans un mémoire présenté devant l'académie des sciences à Paris en 1654, identifie clairement des noyaux et intègre le cerveau comme un tout, Vicq d'Azir à la fin du 18^e siècle disséquera les fibres qui vont de noyau à noyau, identifiant des faisceaux dont un, le faisceau mamillo-thalamique porte son nom.

La méthode anatomoclinique permettra au 19^e siècle de localiser dans le cerveau des fonctions : Broca et le centre moteur du langage, puis Charcot et l'école neurologique de la Salpêtrière vont ainsi établir des liens entre des symptômes neurologiques et une lésion anatomique. C'est aussi l'époque où les anthropologues et les paléo-anthropologues établissent la nécessité d'un certain volume du cerveau (le « rubicon » cérébral) comme différenciation entre l'homme et ses ancêtres et les animaux.

Progressivement au cours du 20^e siècle s'établit une cartographie cérébrale regroupant des fonctions : centre primaire entouré de centre secondaire ainsi la perception s'accompagne de reconnaissance et d'intégration et les mouvements volontaires de centres de contrôle facilitateur ou inhibiteur.

L'IRM fonctionnel aujourd'hui, confirme ces données, montrant que même en l'absence de stimulation, la seule mémoire d'une perception ou d'un mouvement, le seul désir d'un mouvement active les aires primaires concernées.

Quel chemin parcouru depuis la simple description des structures jusqu'à la neuroanatomie fonctionnelle ! La notion moderne de cognition rend compte de l'intégration des fonctions ainsi la vision d'Aristote trouve ici son aboutissement.

Le Professeur J. M. CUBA a voulu dans ce livre faire la synthèse de l'évolution de la neuroanatomie et de son application à la neurologie, c'est une nouvelle vision du système nerveux central qui nous offre témoignage de la culture qu'il a acquis au cours de tous ses travaux, en particulier au Laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine de Paris et à la Clinique Neurologique de l'hôpital de la Salpêtrière.

Paris, octobre 2004

Vincent Delmas

PREFACIO: PROF.- V. DELMAS (Traducción)

(para la 1era edición: Fundamentos de la Neuroanatomía Funcional y Cognición J.M. Cuba)

El hombre, es definido por Aristóteles, como una animal que se mantiene de pie, que tiene dos manos, que razona y que habla.

Después de este análisis, tan perfecto del hombre, el conocimiento del sistema nervioso ha pasado por numerosos estudios, sin embargo el cerebro estuvo lejos, en la antigüedad, de representar el centro de toda concepción y todo movimiento.

Los primeros dibujos de Vesalio (De Humani Coporis Fabrica 1543) debidos a un alumno de Ticiano, permiten individualizar bien las circunvoluciones y la sustancia blanca de la sustancia gris.

Nicolás Sténon, en una memoria presentada a la Academia de Ciencias de Paris en 1654, identifica claramente los núcleos e integra el cerebro como un todo. Vicq d' Azir, al fin del siglo 18, describió las fibras que van de un núcleo al otro e identifica los fascículos, uno de ellos, el fascículo mamilo-talámico que lleva su nombre.

El método anatomicoclínico permitirá, en el siglo 19, localizar ciertas funciones en el cerebro: Broca, el centro motor del lenguaje; después Charcot y la escuela neurológica de la Salpêtrière van a establecer las relaciones entre los síntomas neurológicos y la anatomía.

Es también la época en que los antropólogos y paleantropólogos establecen que es necesario un cierto volumen del cerebro (el "rubicon" cerebral) para la diferenciación entre el hombre y sus ancestros, los animales.

Progresivamente, en el curso del siglo 20, se establece una cartografía cerebral que reagrupa las funciones: Centro primario rodeado del centro secundario así, la percepción se acompaña del reconocimiento y de la integración de los movimientos voluntarios a los centros de control de facilitación e inhibición.

La RM funcional ahora, confirma estos datos y muestra que, aún en ausencia de estímulo, solamente la memoria de una percepción o de un movimiento, o sólo el deseo de un movimiento activa las áreas funcionales concernientes.

¡Cuánto camino se ha recorrido después de la simple descripción de las estructuras hasta la neuroanatomía funcional!. La noción moderna de cognición como la integración de las funciones. Así la visión de Aristóteles encuentra aquí su genialidad.

El Profesor J.M. Cuba, ha querido, en este libro, hacer la síntesis de la evolución de la neuroanatomía y de su aplicación a la neurología.

Es una nueva visión del sistema nervioso central que nos ofrece el testimonio de su cultura adquirida en el curso de todos sus trabajos, en particular en el laboratorio de Anatomía de la Facultad de Medicina de París y en la Clínica Neurológica del Hospital de la Salpêtrière.

FUNDAMENTOS DE NEUROANATOMIA FUNCIONAL Y COGNICION

Este libro está dedicado a los profesionales que conocen los fundamentos de la neuroanatomía por tanto se aconseja su lectura junto al libro de texto.

Sólo nos hemos limitado, a las estructuras neuroanatómicas y a la imaginología en relación con la cognición y hemos dejado, de intento, otras, como la imaginología en relación con la neuropsicología.

Agradecemos a la Sra. Luz Dávalos y a la Srta. Hely Caballero, a cuyo celo y conocimiento debemos el texto de las ilustraciones.

De modo especial a la Doctora Pilar Mazzetti, Ministra de Estado en la Cartera de Salud, a cuya sensibilidad intelectual debemos esta publicación.

J.M.Cuba

Febrero del 2005

FUNDAMENTOS DE NEUROANATOMIA FUNCIONAL

IMAGINOLOGIA Y COGNICION

A comienzos de 2005, uno de nosotros (J.M.Cuba) publicó, de modo precipitado, el fascículo arriba mencionado y ello nos obliga a la presente, corregida y aumentada.

El Profesor de Neurología, Dr. Carlos Martinot Luyo reconoció la importancia del texto para la imaginología y nos sugirió la presente edición y el Dr. Carlos A. Martinot revisó el tema y aportó las técnicas imaginológicas más modernas.

A ellos debemos ésta edición, en la que han colaborado con sus conocimientos su inteligencia y su experiencia en Imaginología.

Agradecemos a la Dra. Claudia Figueroa por su colaboración en la selección de las imágenes de RM y los textos.

Particularmente a "Cerema" S.A.C. por su apoyo a la presente edición.

J.M. Cuba C. Martinot L.

Diciembre del 2005

INDICE GENERAL

Preface	06
Prefacio	07
Fundamentos de neuroanatomia funcional y cognicion	
Fundamentos de Neuroanatomia Funcional Imaginologia y Cognicion	08
Capítulos	09
Introducción	
Forma, Funcion, Cognicion e Imaginologia	11
Función	12
Cognición	12
Imaginología	13
II Neuroanatomía Humana	
La Hominización	17
La Hominización	19
III Neurociencias y Cognición	21
ADN y código genético	22
El gen	22
Los canales iónicos	22
Los receptores	23
Sinapsis	23
La Neurona	24
IV El Tronco Cerebral	
Sistemas Dinamogénicos	26
Citoarquitectura	27
Hodología	29
Fascículo Longitudinal Medial	29
Topoquímica	31
A) Las Formaciones no Segmentarías	
Disposiciones longitudinales	32
Arqui Tronco	
Área Postrema	36
Morfología	36
Hodologia	36
Función	36
Núcleo Solitario	
Morfología	37
Hodología	37
Topoquímica	38
Función	38

Núcleo Intercalar (de Staderini 1894)	
Morfología	38
Hodología	39
Topoquímica	39
Función	39
Núcleos Del Raphe (M. Duval 1880)	
Morfología	39
Hodología	40
Topoquímica	40
Función	40
Núcleo Paramediano Dorsal (Jacobson-1909)	
Morfología	41
Topoquímica	41
Función	41
Sustancia Gris Central o Peri-Aqueductal	
Morfología	41
Hodología	42
Topoquímica	42
Función	42
Paleo tronco	45
El Núcleo De Roller (Roller-1881)	
Morfología	46
Función	46
Núcleo Interfascicular del nervio hipogloso (M. Duval 1887).	
Morfología	47
Función	47
Núcleos Interfasciculares de los nervios vago y glossofaríngeo	
Morfología	48
Función	48
Complejo nuclear anexo al fascículo longitudinal medial: (componente óculo motricidad):	
Núcleos comisural de Darkschewitsch e intersticial de Cajal	
Morfología	48
Hodología	49
Función	49
Núcleos laterales del bulbo (G. Hueguenin-1879)	
Morfología	49
Función	50
Neo Tronco	
Los núcleos arqueados bulbares (L. Vicenzi-1885)	

Morfología	53
Núcleos del puente (L. Vicenzi-1885)	
Morfología	54
Hodología	54
Topoquímica	54
Función	54
La Oliva Bulbar	
Morfología	55
Hodología	55
Función	55
Locus coeruleus o pigmentatus	
Morfología	56
Topoquímica	56
Función	57
Locus niger (S. T. Soemmering-1755-1830)	
Morfología	57
Citología	57
Topoquímica	57
Función	57
Núcleo Rojo	57
Hodología	58
Función	58
Núcleo interpeduncular (Gudden-1870)	
Morfología	59
Hodología	59
B) Formaciones Segmentarias	
(N craneanos y cognición)	61
IX-X-XII Pares y la articulación de la palabra	63
El Núcleo Ambiguo	63
El Hipogloso o XII par	63
Hodología	63
Topoquímica	63
Función	63
V (m) y VII (m).- Trigémino y facial motores: La expresión emocional	64
Morfología	64
Hodología	64
Topoquímica	65
III-IV-VI y XI pares: núcleos óculo motores	66
Morfología	66
Hodología	66

Función	67
Los Núcleos Parasimpáticos III –VII – IX- X	
Los ritmos biológicos y las emociones	68
Núcleo de Edinger – Westphal	68
Función	69
Núcleo lacrimo– muco – nasal, o VII bis	69
Función	69
N. cardio – pneumo – entérico: dorsal del vago X	69
Resumen	71
V.- El sistema Tálamo-estriado - La neuropsicología	
A.- Los tálamos	
Morfología	72
I.- N. no específicos del tálamo: La activación cortical	
N. Reticulares antero-laterales	72
N. reticulares intralaminares	72
Hodología	72
Topoquímica	73
Función	73
II.- N. específicos del tálamo: La función cognitiva	74
N: Anterior: Sistema límbico	74
Hodología	74
Función	74
N. mediano dorsal: Sistema límbico	74
Hodología	74
Función	74
N. ventro – postero-lateral y n. ventro postero medial	
o n arqueado:	
La sensibilidad	75
Hodología	75
Función	75
Los cuerpos geniculados o metatálamo: Audición y visión	
El pulvinar o neo-tálamo	75
Hodología	75
Función	75
B.- Sistema estriado	
I.- Núcleos pallidales: Los comportamientos humanos	78
Morfología	78
Hodeología	78
Topoquímica	78
Función	78

II.- Sistema putámino-caudado: El procesamiento de los movimientos	
Morfología	81
Hodología	82
Topoquímica	83
VI. El sistema límbico:	
Los sentimientos, las emociones, memoria	85
Morfología	85
Hodología	86
Topoquímica	88
Función	88
El gran Circuito Límbico de Broca	88
El Circuito de Papez	88
El Circuito de Olds y Milner	88
VII. EL CEREBRO ANTERIOR:	
La hominización	90
N. septales (D.J. Andy y H. Stephan – 1968)	
Hodología	90
Función	90
N. sub talámico o cuerpo de Luys (1828-1897)	
Hodología	91
Función	91
N. accumbens (Winkler 1906)	
Hodología	91
Topoquímica	91
Función	
Sustancia innominada de Reichert: N. de Meynert	
Topoquímica	91
Función	92
VIII NEOENCEFALO:	
La cognición	93
Morfología	93
Citología: El manto cortical	
Capas del Neocortex	94
I.- Capa molecular	94
II.- Capa de los granos	95
III.- Capa células piramidales pequeñas	95
IV.- Capa de células estrelladas o granular interna	95
V.- Capa de grandes células piramidales	95
VI.- Capa de células fusiformes	95
Estrías	96

Hodología	96
Las Comisuras	96
Comisuras intrahemisféricas	96
Las fibras arqueadas	96
El fascículo longitudinal superior	97
El fascículo longitudinal inferior	97
El cingulum	97
El fascículo uncinado	97
Comisuras interhemisféricas	97
La comisura blanca anterior	97
Comisura quiasmática	97
Comisura retroquiasmática, de Gudden	97
Comisura de Meynert	98
Comisura sub talámica posterior, de Forel	98
Comisura blanca posterior	98
Comisura de la habénula	98
El trígono cerebral o fornix	99
El cuerpo calloso	99
Sistemas Aferentes y Eferentes	100
Topoquímica	102
La nor adrenalina	102
La serotonina	103
La dopamina	103
Glutamato	104
La acetil colina	105
Neurotrasmisores Inhibidores	
Glicina y Acido Gama Amino Butírico(gaba)	106
FUNCION	
Módulos o minicolumnas	107
Redes Neuronales	108
LAS LOCALIZACIONES CORTICALES FUNCIONALES	110
LA IMAGINOLOGIA CEREBRAL FUNCIONAL	114
Difusión	115
Perfusión	115
Los Estudios Funcionales	116
Espectroscopía por R.M.	

Capítulos

TEMAS

- I.- Introducción: Forma, función, cognición e imaginología
- II.- La neuroanatomía y la hominización.
- III.- Neurociencias y cognición
- IV.- El Tronco cerebral: Los sistemas dinámogénicos
 - A) Formaciones no segmentarias
 - B) formaciones segmentarias
- V.- Sistema tálamo-estriado: La neuropsicología
- VI.- Sistema límbico: Los sentimientos, las emociones y la memoria
- VII.- El cerebro anterior: La hominización.
- VIII.- El manto cortical . La cognición
- IX.- Comentario final.
- X.- Índice alfabético
- XI.- Bibliografía

I. INTRODUCCIÓN:

FORMA, FUNCION, COGNICION E IMAGINOLOGIA

Forma.- Griego "Morpha", que significa molde. Pasó al latín como "Forma" o "Configuración exterior"; por ello, la morfología, es la base de la diferenciación del mundo corpóreo.

Aristóteles (384-322 a.c.), dice que la forma es el fundamento esencial de la peculiaridad específica de los seres, por eso la filosofía se ha preocupado siempre del tema, como S. Von Hertlins (1871) en "Materia y forma", J. de Vries que estudia las ideas desde Aristóteles hasta 1959, en que el tema es discutido en la semana española de filosofía.

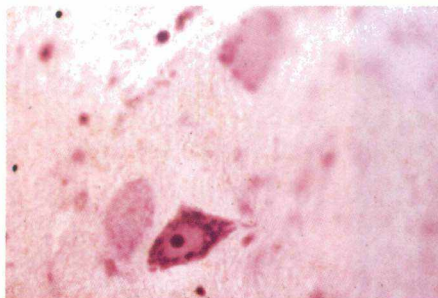
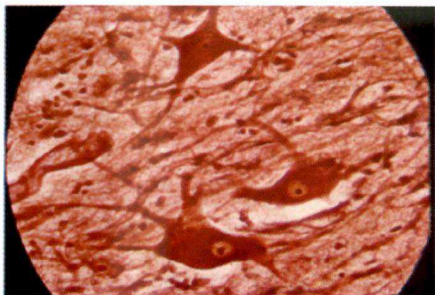
Sí, para los seres vivos, el principio vital o "alma" es inseparable de su "forma". En el hombre, tampoco se puede separar la forma final del encéfalo de la actividad intelectual. Por eso, la forma no sólo se estudiará ahora en la teoría del conocimiento, sino que es el primer planteamiento en biología molecular; es decir, saber cómo el aminoácido pasa por polipéptido, peptona, proteosa y se transforma en la proteína y esta adquiere su forma funcional. En los últimos años la biología sostiene la tesis de la "proteína de Shock calor" o "Chaperona" que sería una ubiquitina, a su vez genéticamente codificada, la que permite la forma final de la proteína.

Para la neuroanatomía cognitiva es importante precisar que se ha tomado la acepción de "forma" del alemán "Gestalt", en la que la forma es la comprensión

Fig. 1.- Neurona motora periférica

Normal

Anormal



Asta anterior

Poliomielitis

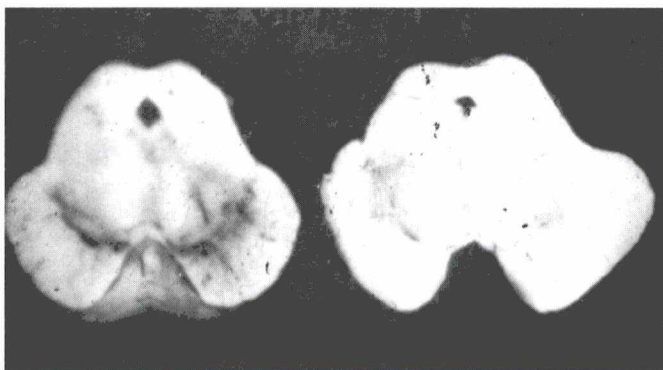
de la totalidad intelectual del exterior, estructurada, mediante la elaboración de los datos sensitivos y sensoriales, que recibe el cerebro.

Por último, un capítulo especial de la medicina, la anatomía patológica se basa en el estudio de la forma.

Función.- Es la capacidad de actuar, propia de cada órgano o sistema en particular y de los seres vivos en su conjunto. En el hombre la neuroanatomía funcional se ocupa de la descripción de cada una de las partes del sistema nervioso (S. N.) y de su función. Así la forma de cada núcleo o región, por separado corresponde a determinada función y éstas, en conjunto originan en el hombre, sus comportamientos mentales.

Por último la fisiología es la consecuencia de la experimentación y no de la disección, como la anatomía.

Fig. 2.- Despigmentación de Locus Niger



L. Niger (pigmentado)

S. de Parkinson

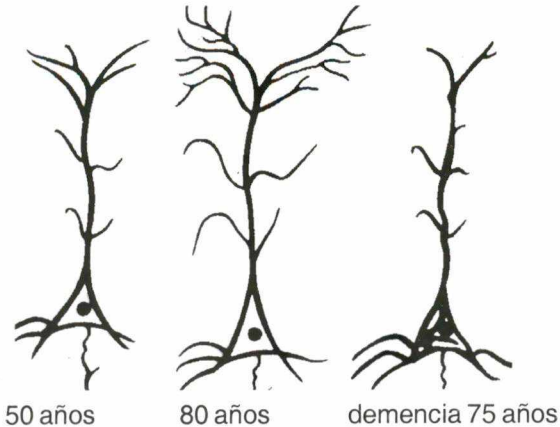
Cognición .- Viene del latín "Cognitio".- que es la acción y efecto de conocer, de modo que la cognición tiene una larga tradición en la gnosología.

En la psicología, la corriente cognitiva comienza en 1960 cuando sus estudios se orientan a ciertos aspectos de la personalidad, los que a su vez, son la consecuencia de la inteligencia y de la afectividad (J. Delay y P. Pichot – 1972); por eso las sustancias que alteran la función cognitiva, como la marihuana, se denominan "Cognodislépticos".

La forma, función y cognición humanas, se integran en conjuntos precisos de sub-sistemas neuro-anatómicos más o menos autónomos. Cada-subsistema, en sí mismo, constituye un sistema, que a su vez se descompone en otros conjuntos, cada vez más finos hasta el Gen. A partir de éste se forma la neurona. El conjunto de neuronas se integran en núcleos o capas, los que

constituyen la citología del sistema nervioso central (S.N.C.) y los cilindros ejes, los sistemas hodológicos.

Fig. 3.- Ramificaciones, dendriticas adultos



Imaginología.- a comienzos del siglo XXI la imaginología ha permitido una mejor aproximación a la neuroanatomía funcional.

La observación, exploración, sistematización e intento de medir los fenómenos psíquicos ha sido un afán constante desde los inicios de la humanidad. Los primeros exámenes auxiliares que demostraron cierta utilidad para estudiar los fenómenos psíquicos, se desarrollaron inicialmente en la década de 1930, con el electroencefalograma, que mostraron buenos resultados, solo en los casos de demencia, pero no daban resultados definidos en otras enfermedades que producían alteraciones psicológicas, no es sino con el advenimiento en la década de los 60 y 70 del estudio de los potenciales evocados cuando se pudo tratar de hacer una mensuración a través de los potenciales evocados cognitivos, que el día de hoy nos puede dar un dato fidedigno sobre una forma de medir los fenómenos psicológicos.

El hecho de "ver" dentro del cerebro se hizo realidad con el descubrimiento entre los años 60 de la tomografía axial computarizada por Sir Godfrey Hounsfield y Alan Mc Cormack quienes ganaron el premio nobel de 1979 por desarrollar esta técnica en los primeros años de la década de los 70 y se pudieron realizar estudios en los cuales se obtenía una imagen del cerebro, que antes de eso, se obtenía con técnicas invasivas muy riesgosas como la neumocencefalografía. A partir de la tomografía axial computarizada se pudo observar un incremento del tamaño de los ventrículos en los casos de esquizofrenia y diversos investigadores realizaban lo que se llamó VBR (Ventricular Brain Ratio). En más de 50 estudios

se encontró, que estaba elevado en las personas que sufrían de esquizofrenia; estos estudios llevaron a la conclusión que la medición de las estructuras cerebrales, podría estudiar las enfermedades mentales y documentarlas con exactitud como en la esquizofrenia.

Posteriormente con el advenimiento de la resonancia magnética que fue descubierta por Edward Purcell y Felix Bloch quienes descubrieron el fenómeno de la resonancia magnética nuclear y ganaron el premio nobel en 1952 con este trabajo, la resonancia magnética permite ver la estructura anatómica del cerebro con detalle muy fino y ha superado largamente a la tomografía computarizada como herramienta científica.

La resonancia magnética permite la reconstrucción y visualización de las imágenes en el cerebro en todos los planos es decir axial, coronal y sagital y oblicuos y nos muestra una imagen tridimensional de las estructuras cerebrales las reproducciones por resonancia magnética realiza cortes del cerebro muy precisos que nos permiten obtener una visión muy aproximada desde el punto de vista anatómico.

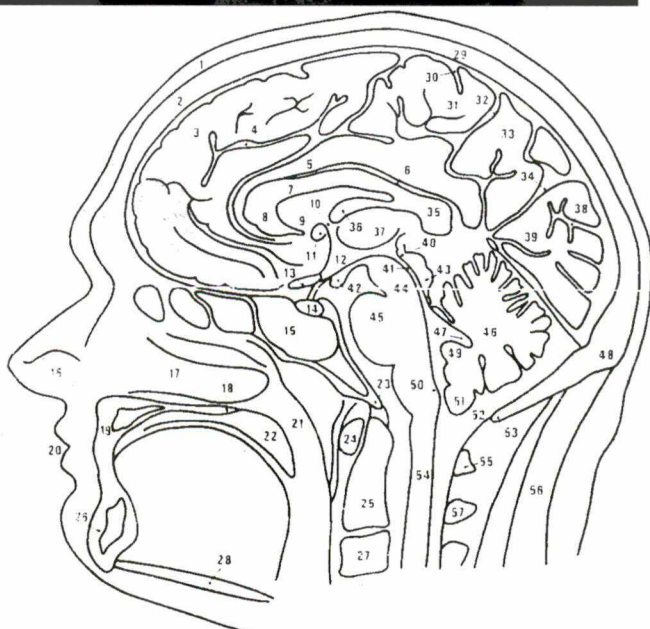
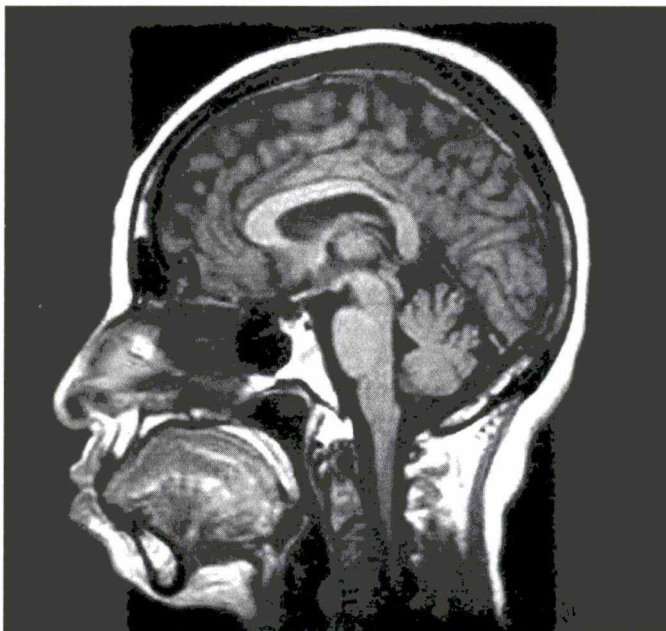
Adicionalmente la resonancia magnética tiene la posibilidad de realizar estudios funcionales del sistema nervioso y de esta forma estudiar fenómenos como el lenguaje, movimientos, visión, audición, pensamiento, memoria y en general una gran cantidad de funciones psicológicas, realizando estimulaciones y aprovechando el Bold (Blood level Oxygen dependent) esto se debe a que cuando a un área del cerebro es activada, aumenta la cantidad de sangre y de metahemoglobina, la cual es una sustancia paramagnética y esta sustancia puede ser registrada por la resonancia magnética y mostrar imágenes muy precisas de la activación de las diversas áreas del cerebro, relacionada con una función determinada.

Adicionalmente podemos realizar estudios de difusión para observar en forma cuantitativa el desplazamiento de las moléculas de agua dentro del cerebro y técnicas de perfusión que nos permiten definir la perfusión capilar a nivel cerebral.

Finalmente la espectroscopia por resonancia magnética es prácticamente una "biopsia virtual" de las estructuras cerebrales y sus lesiones, permitiendo obtener diversos metabolitos cerebrales y poder realizar mediciones de ellos y de esta manera hacer un diagnóstico de las lesiones y así mismo de ciertas enfermedades que pueden afectar dichos metabolitos.

Por último podemos concluir que en el mundo actual tenemos herramientas de gran precisión como la resonancia magnética, PET que nos permiten estudiar las diferentes funciones psíquicas tanto desde el punto de vista anatómico como funcional, graficarlas y "verlas" dentro del cerebro viviente.

Fig. 4.- Imaginología



Leyenda

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1.- Cuero cabelludo | 30.- Cisura de Rolando |
| 2.- Hueso frontal | 31.- Lob. para central |
| 3.- 1era. circ. frontal | 32.- Cisura póstero central |
| 4.- Cisura sub frontal | 33.- Lob. cuadrilátero |
| 5.- Circ. cuerpo calloso | 34.- Cisura perpendicular interna |
| 6.- Surco calloso marginal | 35.- Rodilla del C. calloso |
| 7.- Cuerpo calloso | 36.- Trígono |
| 8.- Rodilla cuerpo calloso | 37.- Tálamo |
| 9.- Septum lucidum | 38.- Cisura calcarina |
| 10.- Agujero de Monro | 39.- 6ta. circ. occipital |
| 11.- Com. blanc. anterior | 40.- Com. blanca posterior |
| 12.- Infundibulum | 41.- Acueducto de Silvio |
| 13.- Quiasma óptico | 42.- Cuerpos mamilares |
| 14.- Hipófisis | 43.- Tubérc. cuadrigéminos |
| 15.- Seno esfenoidal | 44.- Pedúnculos cerebrales |
| 16.- Pirámide nasal | 45.- Protuberancia anular |
| 17.- Cornete anterior | 46.- Cerebelo |
| 18.- Paladar óseo | 47.- IV ventrículo |
| 19.- Arco dentario | 48.- protub. occipital externa |
| 20.- Hendidura labial | 49.- Nódulo |
| 21.- Cavidad faríngea | 50.- Bulbo |
| 22.- Velo del paladar | 51.- Amígdala cerebelosa |
| 23.- Ap. basilar occipital | 52.- Cisterna mayor |
| 24.- Arco anterior del atlas | 53.- Foramen magnun |
| 25.- Axis | 54.- Médula cervical |
| 26.- Mandíbula | 55.- Atlas |
| 27.- C3 | 56.- Músculo de la nuca |
| 28.- Piso de la boca | 57.- Axis |
| 29.- Hueso parietal | |

II.- NEUROANATOMÍA:

La Hominización

La neuroanatomía nace de la filosofía, pues sus orígenes están en Alcmeon, nacido en Crotona, en siglo V a.c, discípulo distinguido de Pitágoras, quien se consideraba amigo de los sabios (Philo – Sophos). Alcmeon señaló que el “Encephalum”, conjunto de canales semejantes al intestino, se conectaba con los ojos y, a diferencia de los pensadores egipcios, que consideraban que el origen del pensamiento y de las sensaciones estaban en el corazón, él consideraba que su origen era el encephalum.

Platón (424-348 a.c.) discípulo de Sócrates, en su diálogo sobre “Timeo o de la naturaleza” coloca en el ombligo el alma mortal, para los alimentos; en el pecho, el alma de las pasiones y en la cabeza el alma inmortal o espiritual.

Aristóteles (384 – 322 a.c) discípulo de Platón y notable disector de animales; señaló que el cerebro del hombre era mucho más grande que el de los animales; menciona las meninges; separa el cerebelo de los hemisferios cerebrales e insiste en que en el centro de los hemisferios, existe un vacío. Sin embargo, siguiendo a los egipcios, coloca el alma en el corazón.

Así llegamos a la era médico-filosófica. En Alejandría, Herofilo (340 – 300 a.c) nieto de Aristóteles y discípulo de Praxágoras, describe el “IV ventrículo” y sostiene que el cerebro es el lugar de la inteligencia.

Erasístrato (320 – 350 a.c.) que había disecado más de 600 cadáveres incluyendo, en sus observaciones, a los ahorcados. Señalo en el bulbo un área mortal, a la que más tarde Flourens le llamaría “Núdo vital”. Erasístrato influenciado por la corriente pneumatista de los filósofos Platon (427 – 348 a.c.) y de los médicos: Hipócrates (460 – 370 a.c.) se interesó en las cavidades ventriculares del encéfalo.

Galeno (129-199) de nuestra era, influenciado también por las ideas del pneuma, piensa que la imaginación se localiza en los ventrículos laterales y el pensamiento en el III ventrículo.

De entonces se guarda la nomenclatura antigua de las formas, como mamilares, testes, ano, tronco, tubérculos, raíces y otras denominaciones, que aún persisten. El cristianismo obligó la continuación del concepto del “pneuma” hasta el siglo XVII, como nos muestra el esquema de R. Fludd de 1619, por eso la neuroanatomía se limitó al estudio del sistema ventricular hasta el siglo XVII.

Los primeros anatomistas que disecaron el cuerpo humano fueron Leonardo de Vinci (1452-1519) y Andres Vesalio (1514-1564), sin embargo pocos estudiaron la neuroanatomía funcional, pues continuaron con el pensamiento pneumatista.

Si la neuroanatomía es hija de la filosofía, la anatomía es del arte, pues el primer tratado de anatomía debió ser el de Leonardo de Vinci. En este camino el tratado de Vesalio, fue ilustrado por los pintores del taller del Tiziano. Así mismo los conocimientos de anatomía de Miguel Angel basados en sus disecciones anatómicas los volcó en sus esculturas y en su pintura.

Llegamos al siglo XVII en el que comienza una nueva forma de concebir el Sistema Nervioso Félix Vicq d' Azyr (1784 – 1794), entre otros, precisa la constancia de las circunvoluciones cerebrales, en el hombre; ensaya una denominación de los lóbulos cerebrales en anterior, medio y posterior, a los que Alberto-von Haller (1708-1777), denominará después, lóbulos frontal, parietal y occipital, precisa la cisura de Silvio.

Samuel Thomas, Soemmering (1755-1830), de quien se recuerda su nombre en el "locus niger", regresa a la teoría del pneuma y piensa que el alma está en el L. C. R.. Sin embargo las ilustraciones de su obra, que fueron realizadas por su amigo el artista Christian Koeek, fueron tomadas de la realidad.

Francois Leuret (1797–1851) y Luis Pierre Gratiolet (1815-1865) precisaron las circunvoluciones cerebrales y los lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital.

Así, aparece la neuroanatomía topográfica, que describe las regiones como el bulbo, la protuberancia y los pedúnculos cerebrales, que en su conjunto constituyen el tronco cerebral.

Después vino la neurología anátomo-clínica, que desde sus comienzos con Jean Martin Charcot (1825-1893) se basa en la neuroanatomía topográfica, para la descripción de los síndromes, particularmente del tronco cerebral, basados en los cortes transversales.

En fin, con Paúl Broca (1824–1881) comienza la Neuroanatomía funcional, pues considera que la lesión de una región particular del encéfalo, como la destrucción de la 3ra. Circunvolución frontal izquierda, altera el lenguaje. Así comienza, también, la Neuropsicología

De modo que la Neuropsicología es la disciplina que trata de las funciones mentales superiores en su relación con determinadas estructuras cerebrales (Henri Hecaeen 1975). Por consiguiente, la existencia de desordenes que afectan ciertas capacidades mentales y que se deben a lesiones localizadas, en regiones cerebrales precisas y específicas justifican la investigación, entre las actividades mentales y las estructuras cerebrales, (Jean Louis Signoret 1987).

Sin embargo, como señalan Jean Cambier y Patrick Verstichel (1998), la neuropsicología afronta notables contradicciones como la relación entre el cerebro anterior y cerebro posterior, entre paleo cortex y neo cortex y más aún sobre las funciones particulares del hemisferio derecho y hemisferio izquierdo, para los comportamientos. En fin, el estudio de la cognición, mediante la tomografía por emisión de positrones muestra nuevos conceptos funcionales. Todo ello impone una lógica especial para la interpretación funcional del encéfalo, a la que Jean Cambier, denomina "Dialéctica de los hemisferios cerebrales".

Así la neuroanatomía que se originó en la filosofía es en la actualidad, una disciplina autónoma, de nuevo muy próxima a la filosofía; por eso Patricia S. Churchland y Paúl M. Churchland (1992) basados en la epistemología, han tratado de introducir al término de "Neurofilosofía".

Ahora, en la neuroanatomía se buscan las bases de toda la actividad consciente e inconsciente del individuo y se trata de establecer las relaciones entre la materia y el espíritu, como ensayaron los filósofos griegos y como ahora con la "Biología de la conciencia" de Gerard Edelman (1992) se muestra que ésta es sólo un nuevo camino de la teoría del conocimiento.

De allí la importancia actual del estudio de la forma, función cognición, las que corresponden a las grandes redes sinápticas, en las que se inscriben los aprendizajes y las experiencias y que se transforman en memoria y creatividad; los que, en última instancia, están regulados por la genética, la neurotransmisión y la epigenética.

En fin, la Neurología cognitiva estudia las alteraciones cognitivas parcelares, debidas a lesiones del S. N. C. y ensaya la comprensión de la cognición humana; mediante el conocimiento de las conductas normales, que se integran en determinadas áreas de encéfalo; así, en última instancia, se basa en la neuroanatomía funcional y en la hominización.

La Hominización.-

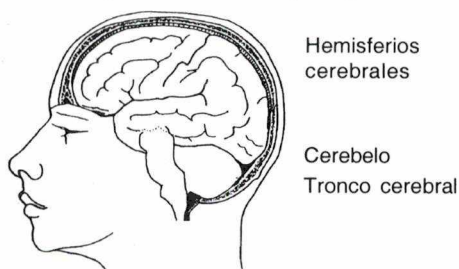
Es el proceso que comienza con las mutaciones genéticas que de los 48 cromosomas del cariotipo de los homínidos, se redujo a 46, en los homínidos, por la fusión centro-mérica de dos pares, formándose el cromosoma 2 (J. Eccles-1989). Entonces el hombre se separa del resto de mamíferos y mediante las transformaciones biológicas y psíquicas que comienzan en el australopithecus hasta el Homo-sapien-sapien (A. Delmas-1958).

Este proceso se inicia hace cuatro millones de años, el "Australopithecus" adquirió la bipedestación, la verticalidad del cuerpo, la liberación de las manos y el descenso de la laringe. Después, hace tres millones de años, se transforma en

el Homo habilis, comienza a usar las manos y crea los primeros objetos útiles y emite los primeros sonidos articulados. Siguen los cambios genéticos y la influencia epigenética, se perfeccionan la sensibilidad epicrítica, lo que se marca por el notable desarrollo del lóbulo parietal como muestran los moldes de los fósiles de la paleo neurología (C. Dechaseau, 1962).

Hace millón y medio de años se define el Homo erectus, con la aparición del lenguaje, las funciones hemisféricas y nuevas formas de pensamiento. En fin, hace sólo medio millón de años que surge el "Homo sapiens" (R. Houdart-2002). Después, con los neandertales y cromagnones, surge la simbolización, como nueva forma de conciencia.

Fig. 5.- Encéfalo y Cognición



Así, en los procesos de la hominización para la marcha bípeda ocurren, de seguro, modificaciones funcionales en tronco cerebral y se constituye, éste, en el principal sistema dinamogénico para estas funciones.

En el sistema talámico estriado se entrelazan los circuitos de la percepción del mundo exterior, como

los de la visión en lugar de la olfacción, entre otros; así; para la automotivación, las destrezas motrices y el lenguaje, de modo que aquí organizan las bases de la neuropsicología.

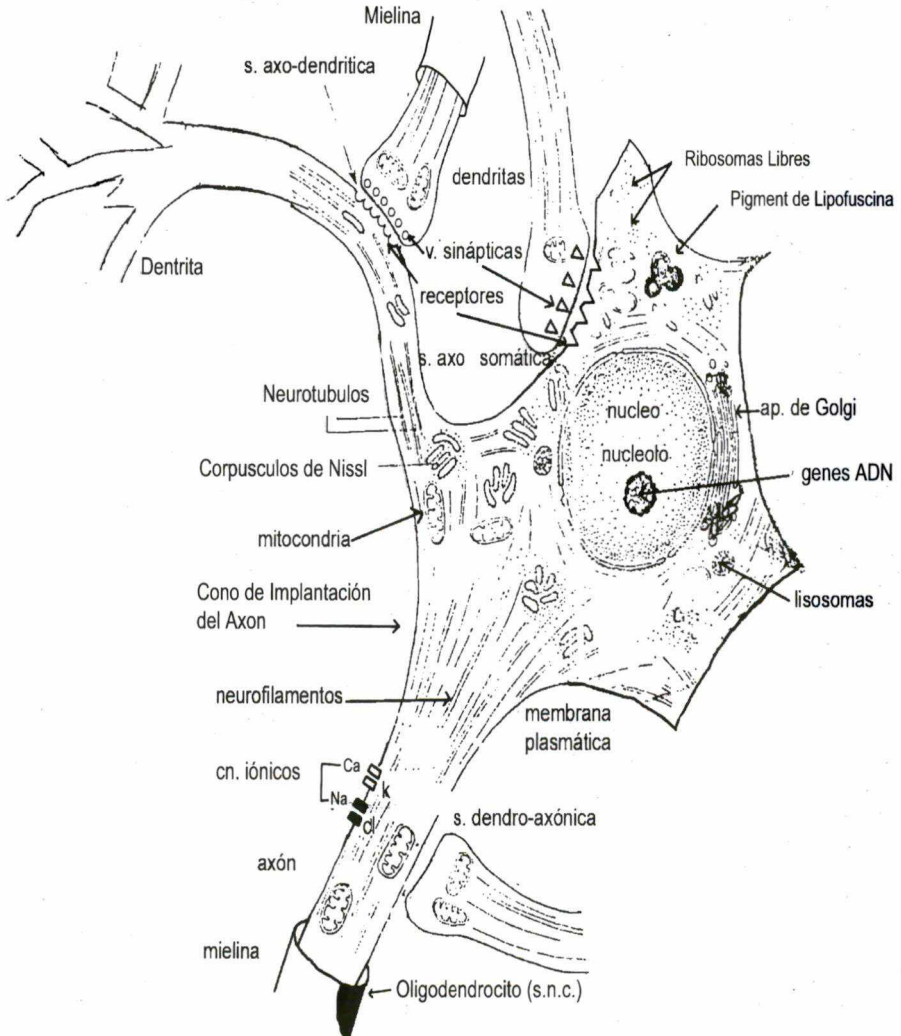
El sistema límbico y el cerebro anterior dan el último sello a la hominización con los aprendizajes, la memoria y los afectos y creatividad; en fin el manto cortical regula la cognición y la acción del hombre, primero con el mundo exterior, con la vida de relación y después para si mismo, mediante el sistema vegetativo.

Así, el encéfalo es el fundamento de la cognición y su investigación continúa con la imaginología y particularmente con la Resonancia Magnética y la tomografía por emisión de positrones que muestra su funcionamiento en vivo y en el instante del funcionamiento normal y patológico de encéfalo.

III.- NEUROCIENCIAS Y COGNICION

La ambición de las neurociencias cognitivas es tratar de comprender el funcionamiento del cerebro, desde el nivel molecular. Para ello han tomado el lenguaje de la psicología y ahora estudian, la cognición, en la imaginología funcional.

Fig. 6.- Micro estructura de la Neurona



ADN y código genético.- La forma, función y cognición comienzan en el ADN, constituido por moléculas, en cadena, a doble hélice, de fosfato (P y de azúcar R=Ribosa) que alternan con ligaduras transversales de moléculas de Adenina (A) y guanina (G), bases purínicas y con timina (T) y citosina (C), bases pirimídicas.

La cadena de ADN, está en el núcleo de la célula y tiene 2 mts. de largo y se cuentan, en el hombre, 3500 millones de "letras" en cada cinta.

El gen.- Es un segmento de la cinta de ADN, que tiene la facultad de reproducirse y de fabricar proteínas y enzimas para diferentes procesos biológicos. Sin embargo, existen de 30 a 70 por % de genomas, según los mamíferos, que se ignora su función, pero deben tener un papel muy importante en la evolución, de cada especie.

En el momento de la división celular el ADN se compacta y se divide en 23 pares de cromosomas, que constituyen el genoma humano, en lugar de los 24 del chimpancé, gorila u orangutan.

Los genes codifican los cuerpos neuronales, los receptores y las agrupaciones neuronales y no las ramificaciones dendríticas, ni la constitución de sus redes, las que son, en gran parte, la consecuencia de la acción epigenética permanente.

Los genes se activan en diferentes momentos de la vida, en relación con cada función biológica y para la cognición desde la vida intra uterina, como los que codifican la audición o la apoptosis, durante el desarrollo del S.N.C. En síntesis la función del gen es notable en cada una de las razas humanas. Ello determina ciertas predisposiciones genéticas, como para la música o las matemáticas o para ciertas enfermedades como la resistencia de ciertos grupos raciales para contraer el SIDA, a pesar de sus exposiciones repetidas al VIH. También, la predisposición a ciertas formas de cáncer o enfermedades neurológicas.

Los canales iónicos.- Su conocimiento es fundamental en la neurología cognitiva. La membrana de la neurona está constituida por capas de moléculas de cuerpos grasos, los lípidos, que no dejan pasar el agua; esta membrana está atravesada por grandes moléculas de proteínas que rodean los poros que son los "canales iónicos", ellos permiten la comunicación del interior neuronal con el medio exterior. La modificación de su forma permite cerrar o dejar libre el pasaje de iones, a través de los poros. El abrir o cerrar de los canales, depende del potencial de acción de la membrana.

Existen numerosos tipos de canales según el ión que deben dejar pasar. En las neurociencias cognitivas interactúan principalmente los canales para los iones de sodio, potasio, calcio y cloro.

Sin embargo las proteínas de los canales pueden tener un funcionamiento anormal, ya sea de origen genético, como en la epilepsia, que origina crisis de irritabilidad y pérdidas transitorias de las funciones cognitivas o, como en la isquemia transitoria, de ciertas regiones del cerebro y originan estados fugaces de pérdida de determinadas funciones cognitivas.

Algunas variaciones de forma de los canales iónicos se reconocen en el electroencefalograma.

Los receptores.- Son también proteínas de codificación genética, engarzadas en la membrana neuronal en la región sináptica; Estas proteínas son emetrices o presinápticas y receptoras o postsinápticas. Su forma o configuración está en relación con el mediador químico correspondiente; éste es fabricado y excretado por la neurona pre sináptica y se acopla al receptor de la membrana post sináptica.

Se consideran dos tipos: Los "ionotróficos" que modifican un "canal", en el momento de su ensamblaje con el mediador y los "metabotróficos", que no están asociadas al canal iónico y cuya activación desencadena una serie de reacciones en el interior de la neurona; uno de ellos, envía una proteína mensajera, que actúa en el núcleo y otras se acoplan a los péptidos extracelulares, como las hormonas, que a su vez actúan sobre el S. N. C.

El estudio de los receptores, en el hombre, corresponden a un amplio y complicado capítulo de las neurociencias, de fines del siglo. Los receptores, pueden identificarse mediante los medicamentos o las toxinas.

Sinapsis.- Es la unidad anatómica funcional del S. N. más importante en el hombre para la cognición. Su anatomía es relativamente simple, como lo muestra el microscopio electrónico; en cambio su función, es extraordinariamente compleja por eso se continúa su estudio. En síntesis es una región de la membrana neuronal que, al final de la fibra eferente se forman millares de ampollas, denominadas "ampollas sinápticas", que contienen los neurotransmisores, elaborados por la neurona. En la otra parte está el cuerpo celular y las dendritas de la neurona "receptora", que acoplan sus receptores a las ampollas efectoras.

La sinapsis sólo existen en las regiones donde las neuronas hacen contacto con otra, en los "núcleos" y "mantos" cerebrales y cerebelosos y no en los cordones de sustancia blanca.

Los aprendizajes y la creatividad pueden considerarse como el enriquecimiento y perfeccionamiento de las sinapsis en el hombre, pues la evolución humana se sustenta en la inmensa riqueza, cada vez más compleja, de las sinapsis. La

función, que se renueva cada día origina la "plasticidad neuronal".

La función sináptica determina un gran consumo de energía, por eso su abundancia en mitocondrias para la transformación del ATP en ADP; por consiguiente gran consumo de oxígeno y glucosa; por ello la tomografía por emisión de positrones muestra las imágenes de grupos funcionales, en el instante de la función cognitiva.

La neurona.- Es la unidad morfológica y funcional de la más alta jerarquía de los tejidos humanos y mediante el estudio de sus interconexiones o redes neuronales, se trata de explicar la función cognitiva en el hombre.

Para sus conexiones son fundamentales el cilindro eje y las dendritas.

Los cilindro ejes pueden ser mielínicos y amielínicos.

Los mielínicos son los más frecuentes y dan la coloración a la sustancia blanca.

La mielina es formada por la células de Schwann, en el sistema nervioso periférico y por la oligodendroglia en el sistema nervioso central.

En el momento del nacimiento sólo algunos haces del tronco cerebral están mielinizados pues el proceso continúa hasta mucho después del nacimiento como en los haces de conexión pre-frontal, como muestran las cartas de mielinización de la corteza de Paul Flechsig.

Las fibras amielínicas cobran ahora importancia en el S. N. C., porque los neurotransmisores, en su mayoría, circulan por ellas, como en el fascículo longitudinal medial.

Las neuronas, por su orientación genética, se agrupan en "núcleos" o "mantos", según sus funciones; por eso, el advenimiento del microscopio dio origen a una nueva organización morfológica del S. N. C., en las agrupaciones neuronales llamadas "núcleos" que en realidad son disposiciones en columnas, más o menos extensas, que van del polo caudal al polo oral del S. N. C., como en la médula espinal o en el tronco cerebral. La variación de la función de estas columnas, en el hombre, durante el proceso de la hominización permitirán la estación de pie, la marcha, la utilización de los miembros superiores y las manos para la fabricación de objetos; el deporte, la danza y los primeros momentos de la comunicación humana. Así los núcleos del tronco cerebral, organizan la función básica de la vida humana, pues activan el S. N. C., y permiten la aproximación y regulación de la conducta con el macrocosmos y con el microcosmos. Sin embargo, recién se conocen algunas funciones y de algunos núcleos, del tronco cerebral, en el hombre.

En el conjunto tálamo-estriado se organizan las funciones superiores y su relación con los núcleos del cerebro anterior es de extraordinaria importancia para los

aprendizajes y la creatividad o el vicio.

En fin, en la organización neuronal, en capas, en la corteza cerebelosa y cerebral permiten la individualización de cada persona según sus funciones cognitivas, influenciadas por la genética y la epigenética. El manto cortical, mediante su neurotransmisión glutamérgica, tiene una importante función reguladora.

Valga decir aquí, que nuestros conocimientos sobre la forma, la función y cognición, en el hombre, aún está en sus primeros momentos, así, por ejemplo, la oliva bulbar, notable formación bien estudiada en su forma, ignoramos su función y por tanto su valor cognitivo, en la especie humana, que seguro es muy importante, (Cuba, 1995).

En fin para el estudio de la función cognitiva en el hombre se considera principalmente el S. N. C., contenido en el cráneo; por ello sólo estudiaremos: El tronco cerebral, el encéfalo y algunas líneas sobre el cerebelo.

IV.- EL TRONCO CEREBRAL

Sistemas Dinamogénicos

Jules Dejerine (1849 - 1917) introdujo el término del "Tronco cerebral" a las estructuras que derivan de las tres primeras vesículas primitivas: el mielencéfalo, el mesencéfalo y el metaencéfalo, que en el hombre comienzan a organizarse en las cuatro primeras semanas y su desarrollo, tanto en su citología como en su hodología y topoquímica continúan hasta la juventud.

Su importancia funcional se conocía desde Galeno en siglo I de nuestra era especialmente por la Escuela de Alejandría. Muchos siglos después, Charles Bell (1774-1842), anatomista y cirujano inglés, escribió que "Cuando se comprenda el funcionamiento del tronco cerebral, se tendrá la llave para comprender el funcionamiento del SN en general".

La Neuropsiquiatría Alemana, de comienzos del siglo XX continuó, con énfasis, su estudio, entre ellos, Reichardt, que entre los años 1908 y 1928, en sus publicaciones consideraba que, en la "maquinaria cerebral, la corteza constituía las ruedas mientras que el tronco cerebral suministraba la energía". Señalaba, además, que el tronco cerebral era el responsable del comportamiento de cada especie de vertebrados.

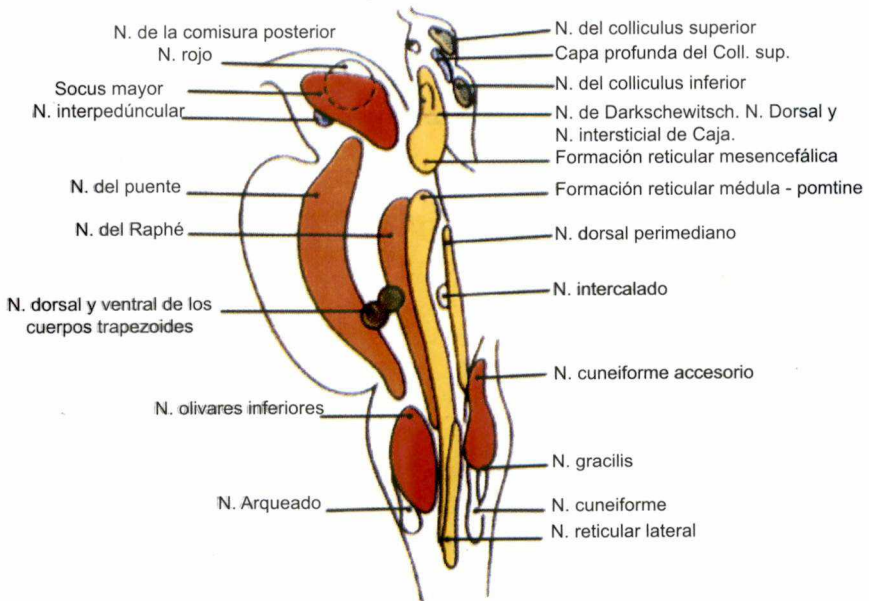
A mediados del siglo XX, las investigaciones del profesor de anatomía microscópica H. W. Magoun y sus colaboradores, entre 1940 y 1951, reconocieron que una de sus funciones principales era la activación de los dispositivos anatómicos del encéfalo, especialmente de la corteza cerebral; esta función obtenida mediante la estimulación ponto-peduncular en el gato, se le denominó "sistema activador" y se atribuye la función a la "formación reticular" denominación anatómica de Ramón y Cajal (1852-1934). Este nuevo concepto fisiológico parecía coincidir con la "Sustancia Reticular" de los anatomistas; para quienes el término significaba una red de fibras de mielina entrelazadas, entre las que se engarzaban neuronas, de diferentes formas y tamaños.

Así a mediados del siglo XX, después de Magoun, existe un concepto fisiológico, el "sistema activador ascendente"; el mismo que se trató de conciliar con las descripciones anatómicas de "sustancia reticular". Por último los nuevos aportes de la neuroquímica, la imaginología y la semiología neurológica cognitiva, han obligado a nuevas investigaciones anatómicas de esta región y nuevos planteamientos dirigidos siempre por los anatomistas alemanes. Así Oscar y Cecile Vogt en 1945, recibieron en su laboratorio a Jerzy Olszewski y le encargaron el estudio histológico de la "formación reticular" del tronco cerebral.

Olszewski concluyó su trabajo en 1954 y publicó con Donald Baxter, el atlas sobre la "citoarquitectura del tronco cerebral humano". Allí describieron primero las agrupaciones no segmentarias y después las segmentarias, que corresponden a los núcleos de los pares craneanos.

En fin nosotros (J.M. Cuba y colaboradores) entre 1958 y 1962 estudiamos la citoarquitectura del tronco cerebral; mediante la reconstrucción con el método de Born, bajo la dirección del Profesor A. Delmas.

Fig. 8.- Formac. no segmentarias del tronco cerebral J.M. Cuba 1962 (de Bossy)



Para el tema que nos ocupa nos interesa en la citoarquitectura el estudio de las formaciones no segmentarias y segmentarias. En la hodología el fascículo longitudinal medial y haz de Schutz. En la topoquímica los principales neurotransmisores que se originan en tronco cerebral, entre ellos la nor adrenalina, dopamina y serotonina:

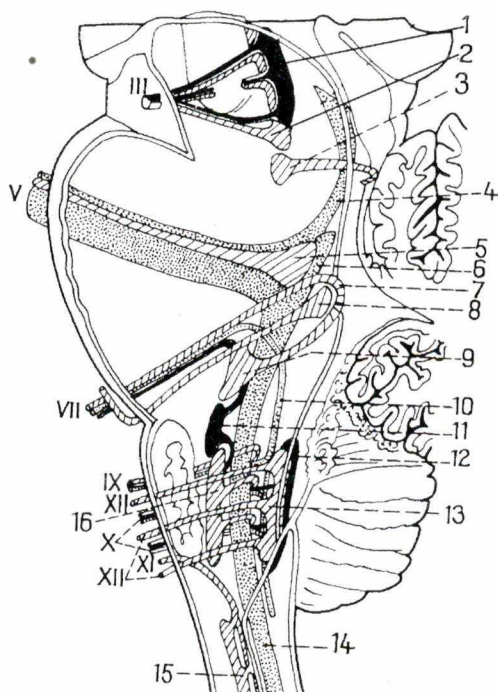
Citoarquitectura.- Las formaciones no segmentarias son las primeras agrupaciones neuronales que comienzan su función en el embrión desde la tercera y cuarta semanas continúan su maduración hasta la juventud, como el Locus Niger que alcanza su pigmentación total en los comienzos de la edad adulta. Estas agrupaciones funcionales fueron descritas desde fines del siglo XVIII y se las incluyó en la denominada "sustancia reticular" de Ramon y Cajal.

Actualmente este criterio ha sido discutido y modificado, sobre todo después de los estudios de Szentagothai, Olszewski, Delmas y Cuba.

Denominamos actualmente "formaciones no segmentarias del tronco cerebral" a las agrupaciones nucleares, mas de función conocida y otras que aun no lo son, en otra parte se estudian núcleos con las funciones vegetativas y de la vida de relación, constituyen las "Formaciones Segmentarias" derivados de los arcos somáticos para el III, IV, VI, XII y los derivados del arco branquiales VII, IX y X excepto XII y el VIII.

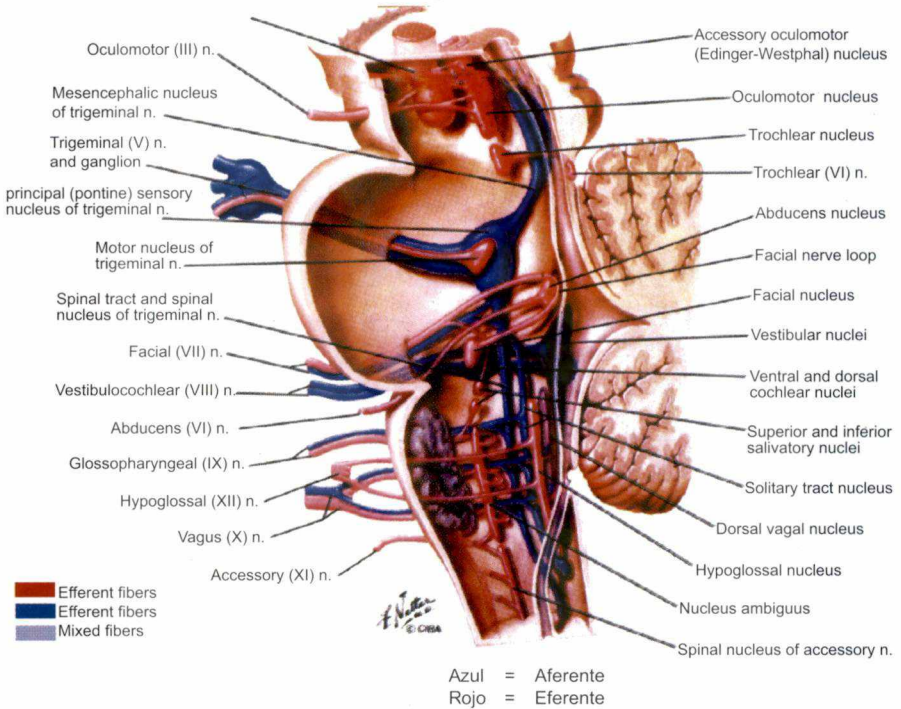
Estás formaciones de los pares craneanos han sido graficadas en el esquema de C.R. Truex (1959) y aún se reproducen con pequeños modificaciones, como por Frank H. Netter 1983.

Fig. 9.- Nervios Craneanos según R.C. Truex (1959)



- 1.- n. visceral III par;
- 2.- n. somatic III par;
- 3.- n. IV;
- 4.- n. mesenfálico del X par
- 5.- n. motor V;
- 6.- n. sensitivo principal del X
- 7.- rodilla del VII
- 8.- n. VI
- 9.- n. VII
- 10.- n. del F. solitario
- 11.- Salivar y lacrimal
- 12.- dorsal m. X
- 13.- n. XII
- 14.- n. espinal V
- 15.- n. XI
- 16.- n. ambiguo

Nervios Craneanos según Frank H. Netter 1983

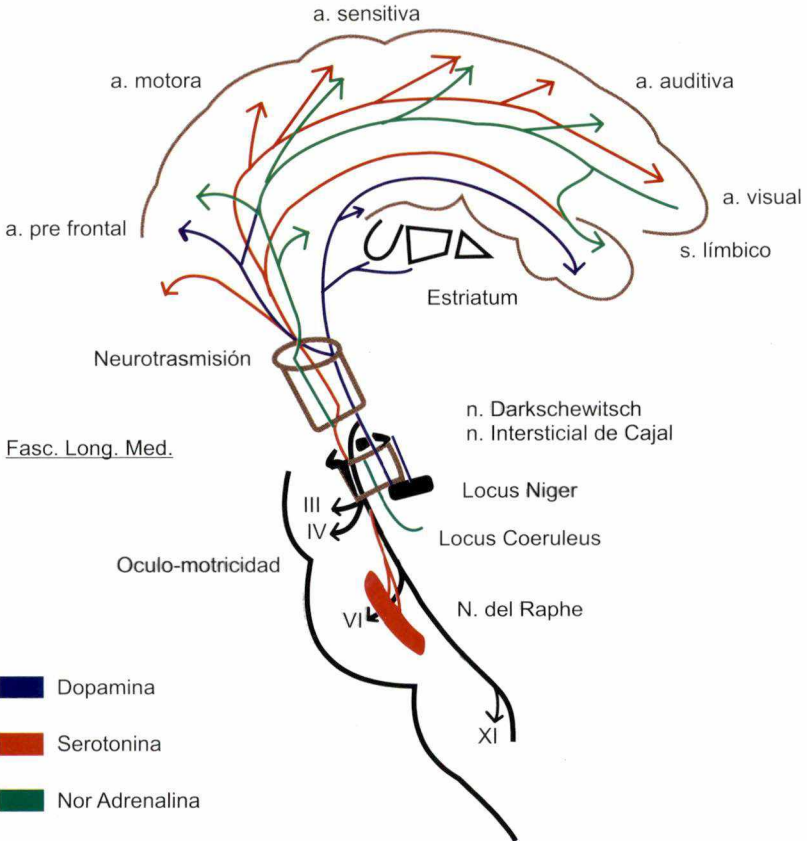


Hodología.- Se consideran grandes vías en el tronco cerebral. En primer lugar los grandes sistemas descendentes y ascendentes muy bien estudiados en todos los tratados de neuroanatomía.

En segundo lugar los haces propios del tronco cerebral como el haz córtico-ponto-cerebeloso los haces vestibulo-espinal y olivo espinal. En fin otros que han sido descritos desde hace mucho tiempo y que actualmente adquieren un valor trascendente sobre todo en la topoquímica, como en fascículo longitudinal medial.

Fascículo Longitudinal Medial.- Es su denominación en castellano; en Francés Bandelette longitudinale posterieur y en Inglés, Medial Longitudinal Fasciculus. También se denominan Fascículo medio o medial del telencéfalo. Este Fascículo se organiza muy temprano, en la escala de la evolución, pues se le reconoce en los reptiles y después en todos los vertebrados. Asimismo éste, como el haz hipotalámico o haz de Schutz se mielinizan desde los primeros momentos de la vida.

Fig. 10 Fascículo longitudinal medial



El Fascículo longitudinal medial está constituido por fibras descendentes que generalmente van desde los pedúnculos cerebrales hasta la médula cervical y por fibras ascendentes que van principalmente de la protuberancia hacia los pedúnculos cerebrales y al telencéfalo.

Está constituido por fibras mielínicas y amielínicas, éstas últimas están en relación con la topoquímica. Las fibras mielínicas descendentes se originan en la región ventral periaqueductal, en los núcleos de Cajal y Darkschewitsch sus cilindros ejes forman haces bilaterales que siguen próximos al acueducto hasta alcanzar el IV ventrículo, se dirigen hacia delante y se juntan el derecho con el izquierdo, por detrás de la cinta de Reil media y con el haz vegetativo de Schutz.

En la parte inferior del bulbo se dirige hacia adelante para colocarse entre el haz piramidal directo y el asta anterior de cada lado; la mayor parte de sus fibras mielínicas descendentes terminan en el XI par. En su trayecto descendente el Fascículo Longitudinal medial está en relación a los núcleos intersticial de Cajal y comisurales de Darkschewitsch y con los núcleos óculo-motores, con el VIII y IX pares por eso se insiste que es el haz para la óculo-céfalo-giria, por la rama vestibular para la oculogiria cuanto con los sistemas cocleares para los movimientos óculo-céfalo-gíricos como respuesta a los sonidos, en todo su recorrido en el tronco cerebral forma parte de las múltiples asociaciones intesegmentarias, por eso su importancia en las columnas de Szentagothai y Newcastle en el tronco cerebral y en los circuitos reverberantes de Scheibel y Scheibel.

En fin por las fibras amielínicas ascendentes del Fascículo, van los neurotrasmisores, que se originan en el tronco cerebral, particularmente la serotonina, del raphe, la dopamina, del Locus Niger y la noradrenalina del locus coeruleus y van al encéfalo, sin pasar por el tálamo.

Fascículo longitudinal dorsal, haz de Schutz o hipotálamo - mesencefálico.

Se origina en los centros vegetativos hipotalámicos, sus fascículos derecho e izquierdo van por la región externa y posterior del fascículo longitudinal medial y terminan en los núcleos vegetativos del tronco cerebral, organizan la función parasimpática.

Topoquímica.- Es el estudio más importante en la neuroanatomía cognitiva del tronco cerebral.

Dahlstrom y Fuxe en 1964 del Instituto Carolinska de Estocolmo, localizan en el Tronco cerebral las áreas dopaminérgicas; de A8 a A15, las áreas serotoninérgicas de B1 a B9; las áreas nor adrenérgicas de A1 a A7, (excepto A3 reconocida sólo en el gato).

De éstos núcleos del tronco cerebral, los cilindro ejes, generalmente amielínicos siguen el fascículo longitudinal medial ó fascículo mediano del telencéfalo y sin hacer posta en el tálamo, llegan al cerebro medio, el sistema estriado, el sistema límbico y a la corteza cerebral.

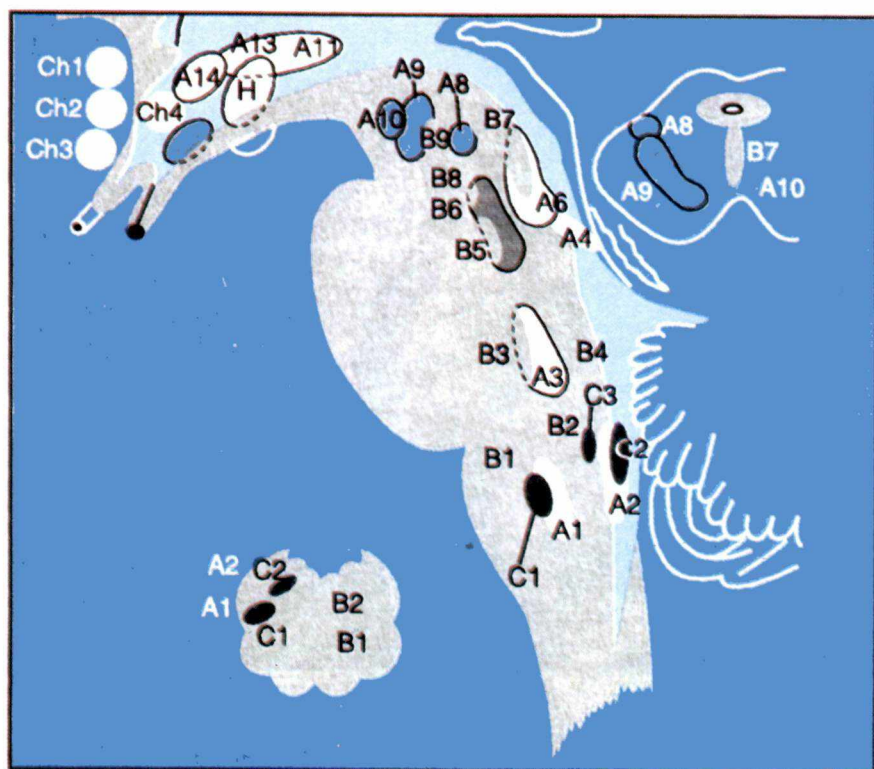
Por todo ello, estudiaremos en el tronco cerebral, en relación con la función cognitiva, primero las formaciones no segmentarias y después las segmentarias del mismo.

A) LAS FORMACIONES NO SEGMENTARIAS.

Disposiciones longitudinales.- Los primeros anatomistas; con el microscopio de luz, describieron las disposiciones nucleares del tronco cerebral en cortes transversales y se precisaron así los 10 núcleos de los pares craneales y algunas otras formaciones como la oliva bulbar, los núcleos del puente, el locus niger, el locus coeruleus, el núcleo rojo y otros.

Pero en los últimos años, especialmente por el conocimiento de las áreas de producción de los neurotransmisores, en el tronco cerebral, aun cuando no corresponden exactamente a la delimitación de los núcleos y sus sistemas de proyección ascendentes y descendentes, han obligado el estudio longitudinal, del tronco cerebral, como muestran los esquemas de A. Dahlstrom y Kjell Fuxe (1964).

Fig. 11 Centros neuroquímicos meso-diencefálicos según Dahlstrom y Fuxe, 1964 (de Bossy, modificado)

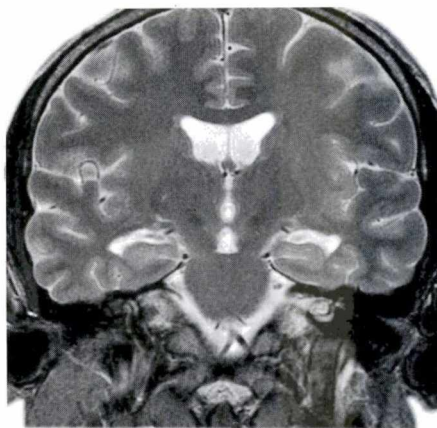


Después el advenimiento de la imaginología, y especialmente la Resonancia Magnética por emisión de positrones, nos obligan a dejar los cortes transversales y mediante los longitudinales, estudiar las funciones nucleares del tronco cerebral.

Fig. 12 Imágenes del tronco cerebral



A



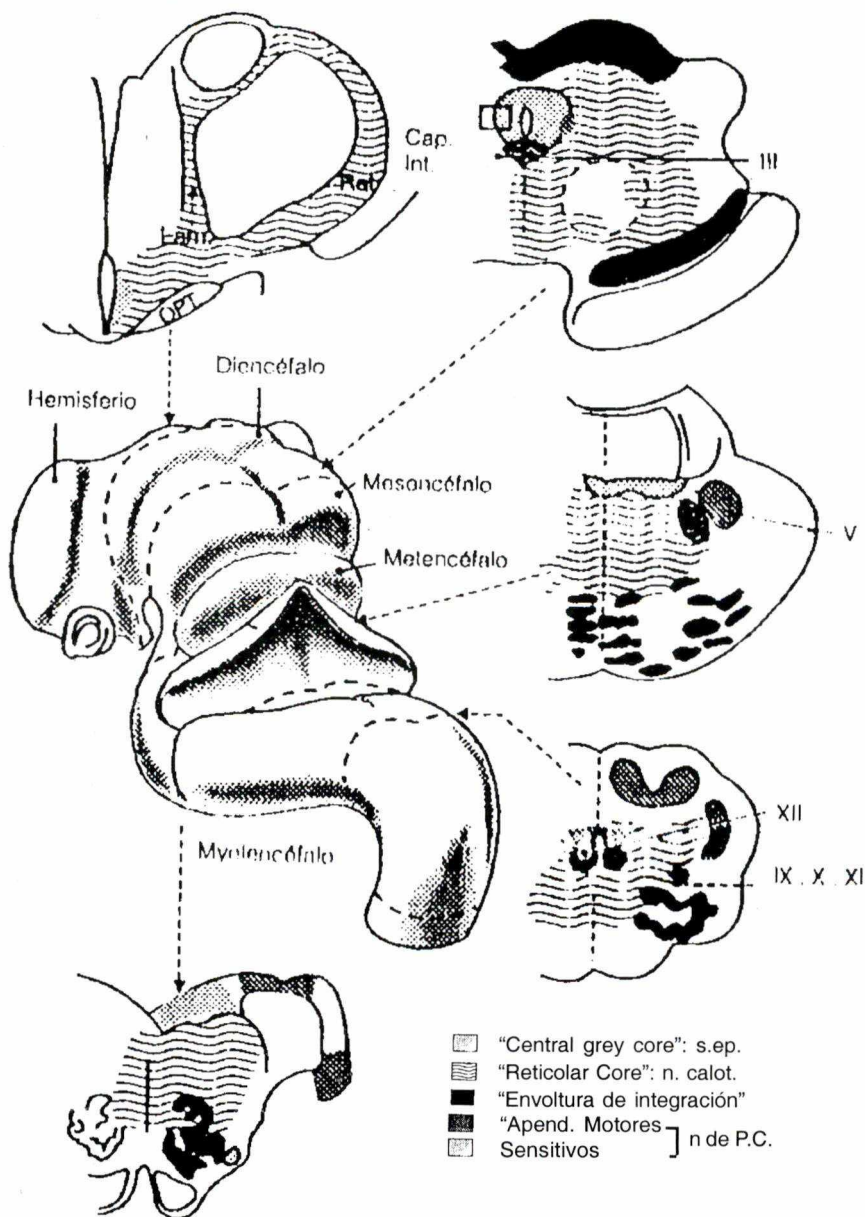
B

A.- RM, sagital en secuencia ponderada en T2, corte a nivel de la línea media del encéfalo con estructuras del tronco cerebral.

B.- RM, coronal en secuencia ponderada en T2, corte a nivel de la protuberancia del tronco cerebral.

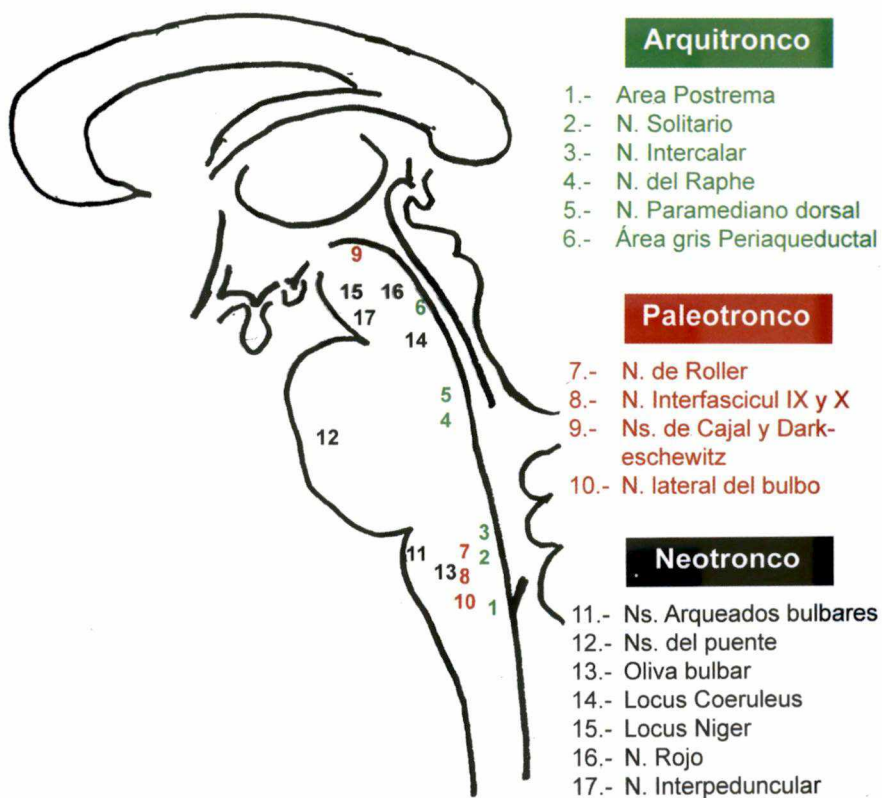
En este sentido Janos Szentagothai (1966) propone una clasificación que, partiendo del IV ventrículo y del aqueducto denomina a esta primera región "Central Grey Core", o región peri-ependimaria. La siguiente es el "Reticular Core" de la calota y en la periferia el "Integrative Envelope" o "Envoltura de Integración" que corresponde a los núcleos externos como los núcleos de los tubérculos cuadrigénimos o el núcleo interpendular. A ellos agregan los "Apendices" sensitivos y motores, que corresponden a los núcleos de pares craneanos.

Fig. 13 Areas Grises Centrales Szentagothai (1966)



Nosotros (J.M. Cuba, 1966) hemos estudiado las formaciones no segmentarias y siguiendo a Ch. Jacob (1940), hemos dividido al tronco cerebral en Arquitrongo, paleo-tronco y neo-tronco (J. M. Cuba, 1965)

Fig. 14.- Tronco cerebral y Cognición (Cuba)



Arqui Tronco

Es el área más antigua y la que primero se mieliniza en el embrión humano. Regula las funciones vitales y asegura la homeostasia.

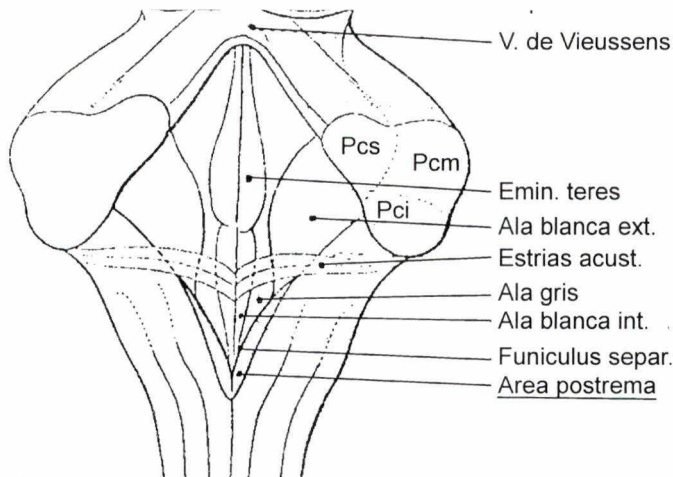
Correspondería al "Sistema Arqui-neuronal" de Ch. Jacob (1940) y el "Central Grey Core" de J. Szentagothai (1966).

Aquí consideraremos sólo algunos núcleos, cuyas funciones son conocidas o discutidas.

Área Postrema

Morfología.- Situada en el ángulo inferior de IV ventrículo. Esta constituida por una agrupación de neuronas, generalmente fusiformes, que, con la edad, el citoplasma aparece pigmentado. Estas células integran el núcleo, en forma de "V", situado en el apex y separado del área cineréa o trigono del vago por una banda de fibras neurogliales, que constituyen los funículos separans.

Fig. 15.- A. Postrema: IV ventriculo



Hodología.- Recibe aferencias de los cordones dorso-laterales de la médula y sus eferencias van, principalmente, al núcleo solitario. Es un área que parece no tener barrera hemato-encefálica.

Función.- Se le ha atribuido funciones importantes como en el vómito, pero sobre todo, en la regulación de la presión arterial.

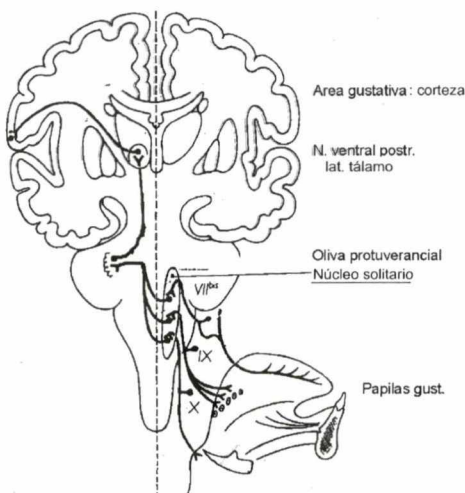
Núcleo Solitario

Morfología.- Corresponde al piso del IV ventrículo, al ala gris, área cinérea o trigono del vago, denominado también núcleo del fascículo solitario.

El núcleo de 16 mm. de longitud se extiende desde el obex o cerrojo, en su extremidad caudal; hasta el núcleo intercalar o de Staderini, y próximo al XII par en su porción oral. Así el núcleo solitario esta en el área que le corresponde las agrupaciones del IX y X par.

Las células de la región caudal son fusiformes y ricas en gránulos de Nissl; las de la región media son de gran tamaño y las de la región oral son neuronas fusiformes.

Fig. 16.- N. solitario y gustación



de A. Delmas (modificado)

Hodología.- Muy estudiada y muy complicada, la resumiremos así. Sus sistemas aferentes principales vienen de los receptores gustativos de la lengua por el VII bis, el IX y X nervios craneanos. El sistema aferente lo forman las fibras que descienden de la protuberancia y del bulbo constituyendo el fascículo solitario y terminan en el núcleo.

El sistema eferente va, en primer lugar a la oliva protuberancial, después al núcleo ventral posterior lateral del tálamo y de allí a la ínsula. Otras fibras van al hipotálamo y a la amígdala.

Topoquímica.- Según los estudios de Dahlstrom y Fuxe, esta sería el "área tegmental" o bulbar de las neuronas nor adrenérgicas y correspondería especialmente en los grupos neuronales de A4 a A5; cuyos cilindros ejes se proyectan, principalmente, a la columna intermedio lateral de la médula y a los núcleos de los pares craneales. También, las proyecciones se dirigen a la sustancia peri-aqueductal, además por su proyección hipotalámica intervendría en el control hormonal.

El área cinérea o del núcleo solitario recibe, a su vez, una importante corriente del sistema histaminérgico, proveniente de la región posterior del hipotálamo a través del fascículo longitudinal posterior.

Entre los neuro-péptidos se señala la presencia de Neurotensina.

También en el núcleo solitario están las neuronas Adrenérgicas, del área C2 y sus sistemas eferentes, van a la médula, al hipotálamo y al tálamo.

Función.- Este núcleo, está directamente relacionado con el gusto pues su sistema aferente, recoge la sensación en la lengua, por las fibras del VII bis IX y X, como hemos visto, van haciendo sinapsis hasta la corteza cingular. Por ello sería un núcleo sensorial muy importante para esta función cognocitiva, pues aquí comienzan los aprendizajes, para la aversión o selección de los alimentos en el hombre. Además, por la proyección de sus fibras, por el fascículo medial del telencéfalo contribuye a las funciones del despertar y la atención.

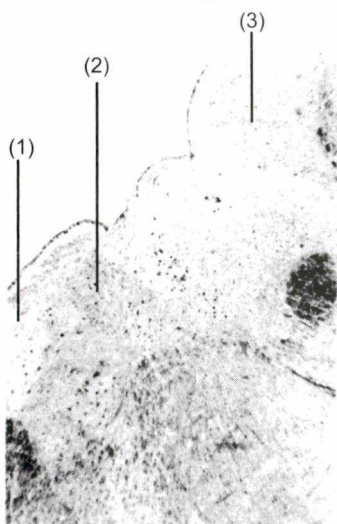
A. Delmas, (1969) hace notar la influencia de la región caudal del núcleo sobre la región vegetativa de la médula espinal; de modo que la porción víscero sensible bulbar del núcleo se continuaría con la zona víscero sensible de la médula cervical; a esta región K Olszewski denomina núcleo gelatinoso.

Núcleo Intercalar (de Staderini 1894)

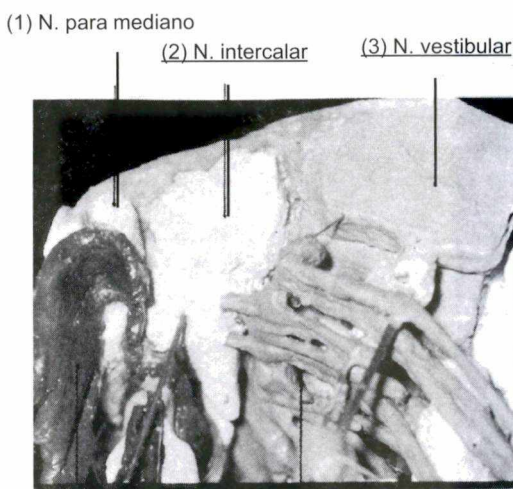
Morfología.- Núcleo par y simétrico, en el piso del IV ventrículo; corresponde al ala blanca interna., Por su polo caudal se incrusta, como una cuña, entre el núcleo del hipogloso y el núcleo dorsal del vago; su polo oral, que es el que generalmente se reconoce en los cortes transversales del bulbo, se encuentra por debajo del núcleo del VI par y se confunde con los núcleos vestibulares. Su cara posterior, esta separado del piso del IV ventrículo, por el tejido ependimario. Limita por su cara posterior con el núcleo paramediano dorsal, con el núcleo del raphe. Por delante, con el núcleo dorsal del vago y del glosio-faríngeo y más hacia arriba y adelante con el núcleo vestibular triangular.

Sus neuronas de forma ovalar, más pequeñas que las del hipogloso y más grande que la del núcleo del vago.

Fig. 17.- N. intercalar: Staderini (1894)



Coloración Nissl



Reconstrucción met. Born (Cuba 1962)

Hodología.- Sólo se conoce el haz de Fuxe o Vestíbulo vegetativo, que une el núcleo de Staderini con el núcleo vestibular (Cuba 1961).

Topoquímica.- Sí bien no se menciona en la Topoquímica, podría inscribirse en el área nor adrenergica A5.

Función.- No se precisa ninguna función específica, sin embargo, los fisiólogos encuentran, en esa región, un área de importancia para el control de las funciones autonómicas; por ello formaría parte de los módulos de integración y coordinación para la aceleración o enlentecimiento del ritmo cardíaco.

Nosotros pensamos que este núcleo regula las funciones vegetativas en relación con la posición de la cabeza, en el espacio, en la estación de pie o en el decúbito. Así, regularía las funciones digestivas y otras parasimpáticas, especialmente durante el sueño.

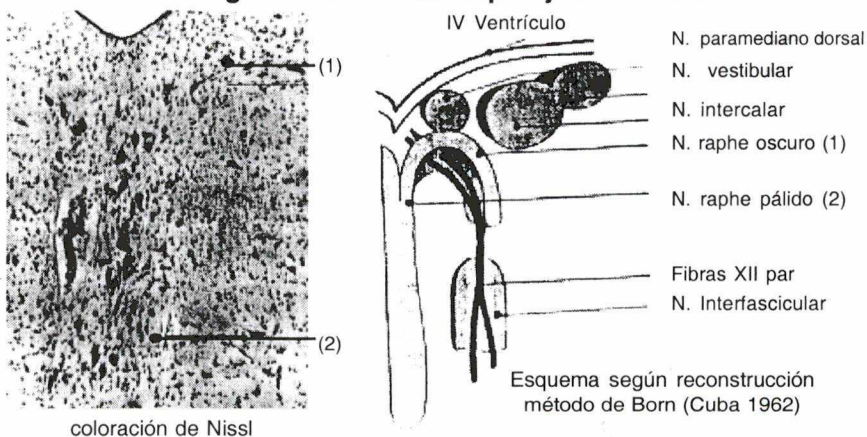
Núcleos Del Raphe (M. Duval 1880)

Morfología.- Estas agrupaciones neuronales se observan a cada lado de la línea media bulbo protuberancial, se juntan en forma de almohadillas en el raphe y se separan en el piso del IV ventrículo. Las partes laterales, paralelas al piso del IV ventrículo, constituyen el raphe oscuro y la parte central única, en la línea media, por detrás del fascículo longitudinal posterior, el raphe pálido.

Su polo caudal llega hasta el núcleo del hipogloso y su polo oral, hasta la porción inferior del núcleo del IV par.

Las neuronas del raphe oscuro son alargadas o fusiformes, de talla grande y mediana con notables dendritas. Las del raphe pálido, fácilmente reconocibles, de talla grande o mediana, de forma alargada o fusiforme y orientadas en el sentido de la comisura.

Fig. 18.- Núcleo del Raphe y Serotonina



Hodología.- Si bien no se han descrito sistemas miélinicos aferentes y eferentes; sin embargo el estudio de los neurotransmisores nos facilita su conocimiento.

Topoquímica.- Aquí se señalan principalmente las áreas serotoninérgicas. También, pequeñas áreas adrenérgicas y colinérgicas. Además, pequeñas cantidades de neurotensina y neuropeptidos.

Casi la totalidad de las neuronas serotoninérgicas se encuentran en las áreas, de B1 a B9 en los esquemas de Dahlstrom y Fuxe. De los que parten los sistemas ascendentes pero, sobre todo, del área B7, en el raphe oscuro; de allí parten las fibras que van al hipotálamo, al tálamo, al núcleo accumbens, a la amígdala y al hipocampo y a toda la corteza cerebral incluyendo el cerebelo.

Las fibras ascienden principalmente por el fascículo mediano del telencéfalo, en su mayor parte cruzadas y amielínicas. De B4 se señalan corrientes para los núcleos periventriculares y el área postrema.

Función.- La cognición, en primer lugar, la 5 HT (5, hidroxitriptamina) es la precursora de la melanina, que se sintetiza en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo y en la glándula pineal. La melatonina es el inductor principal del sueño.

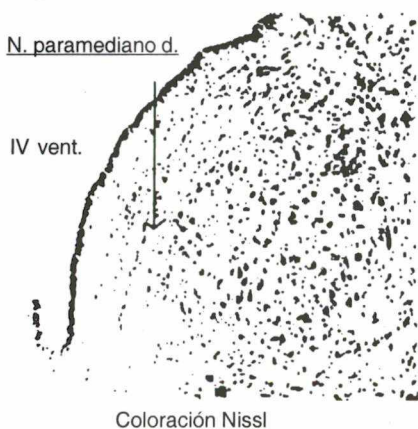
A través del sistema límbico y de la corteza cerebral, la serotonina participa en la modulación del humor y los comportamientos agresivos, así facilita las relaciones Inter-individuales.

En fin, por su acción en el hipotálamo, para la liberación de citocina y prolactina, permite el desarrollo afectivo en la relación madre-hijo.

Núcleo Paramediano Dorsal (Jacobson-1909)

Morfología.- Descrito como núcleo del fascículo teres por L. G. Schwalbe 1889 fue precisado por L. Jacobson en 1909. Los núcleos paramedianos dorsales son pares y simétricos de forma del huso, estrangulado por el medio; pegados al piso del IV ventrículo y paralelos a la línea media. Su polo caudal se encuentra

Fig. 19.- N. Paramediano Dorsal



por dentro de la extremidad oral del núcleo del XII par y su polo oral hasta el segmento medio del núcleo del IV par. Su cara posterior corresponde al piso del IV ventrículo separado, por el tejido endimario y sucesivamente de abajo hacia arriba se encuentra con el ala blanca interna, las eminencias teres y los funículos teres. Su cara anterior pegada al fascículo longitudinal posterior y al núcleo del raphe.

Está formado por neuronas pequeñas de forma redondeada o piriforme, en remolinos, que se diferencian los núcleos del raphe y del núcleo intercalar.

Topoquímica.- Se incluiría en el área nor-adrenergica A4, se señala también la producción de "corticotropin releasing factor".

Función.- A. Delmas lo integra en el circuito retículo-cerebelo-reticular, como parte de la organización de las funciones cerebelosas.

Además por la producción de neurotensina y especialmente de corticotropina-Releasing factor, se incluyen en los circuitos para los reflejos de la nocicepción y por su relación con el sistema límbico, en el comportamiento humano.

Sustancia Gris Central o Peri-Aqueductal

Morfología.- Es una red neuronal muy estudiada y muy difícil de sistematizar, que envuelve el aqueducto. En su porción caudal se continúa con

los núcleos del raphe y los núcleos paramedianos dorsales y en su extremo oral, se confunde con la sustancia gris o área vegetativa, del piso de III ventrículo. Su cara dorsal está en relación con los tubérculos cuadrigéminos y su cara ventral se confunde con la cintilla longitudinal posterior, que se origina en el núcleo de Darkschewitsch e intersticial de Cajal.

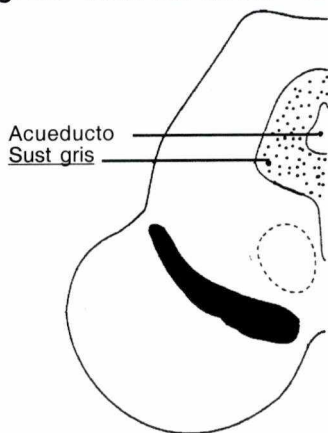
La formación gris peri-aqueductal está formada por un manto irregular de neuronas en "bancos de peces", de formas redondeadas, fusiformes o triangulares; cada vez mas pequeñas conforme van a la periferia.

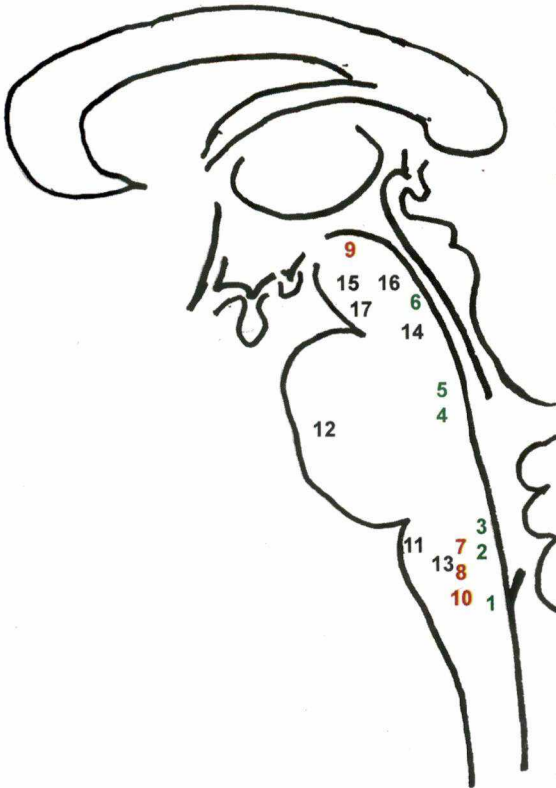
Hodología.- Está constituida por una red de fibras trasversales *ascendentes* y descendentes que hacen sinapsis con los fascículos sensitivos que integran el haz espino-talámico.

Topoquímica.- En la neuroquímica de la región se describen centros dopaminérgicos, nor adrenérgicos y serotoninérgicos. Se señala además, la presencia de colecistoquina, que es un poderoso analgésico, además de neurotensina y sustancia P.

Función.- Los autores están de acuerdo en la importancia de esta región para la función de alerta, la memoria, los aprendizajes y las motivaciones y especulan para el control del dolor.

Fig. 20.- S.G.P.A.: alerta - dolor





Arquitrongo

- 1.- Área Postrema
- 2.- N. Solitario
- 3.- N. Intercalar
- 4.- N. del Raphe
- 5.- N. Paramediano dorsal
- 6.- Área gris Periaqueductal

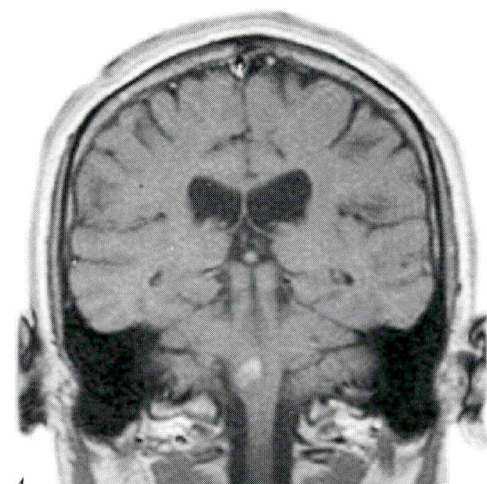
Paleotrongo

- 7.- N. de Roller
- 8.- N. Interfascicul IX y X
- 9.- Ns. de Cajal y Darkeschewitz
- 10.- N. lateral del bulbo

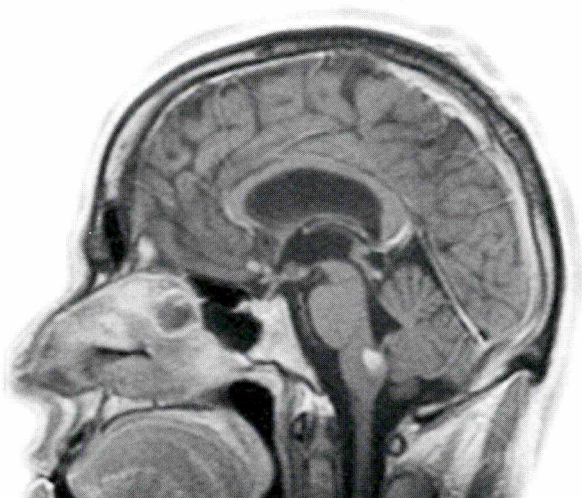
Neotrongo

- 11.- Ns. Arqueados bulbares
- 12.- Ns. del puente
- 13.- Oliva bulbar
- 14.- Locus Coeruleus
- 15.- Locus Niger
- 16.- N. Rojo
- 17.- N. Interpeduncular

Compromiso de N. solitario, N. intercalar, N. de Roller, N. interfasciculares



A

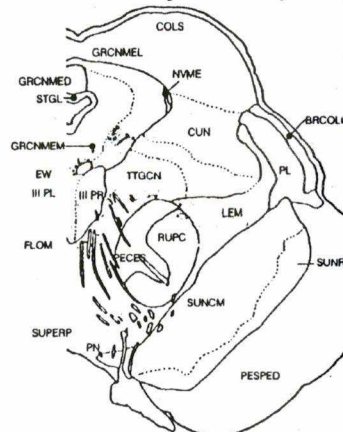


B

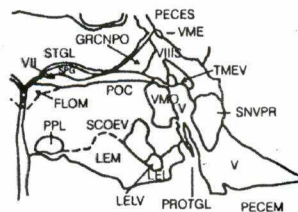
A.- RM coronal ponderada en T1 con contraste B.- RM sagital realizada con contraste, ponderada en T1 en paciente joven, con granuloma específico (tuberculoso), a nivel de bulbo.

Fig. 21.- Paleo Tronco: en cortes según Olszewski y Baxter (1954)

GRCNMEL	Griseum centrale mesencephali, subnucleus lateralis
GRCNMED	Griseum centrale mesencephali, subnucleus dorsalis
STGL	Stratum gliosum subependymale
GRCNMEN	Griseum centrale mesencephali subnucleus medialis
EW	Nucleus Edinger-Westphali
III PL	Nucleus Parlia
III PR	Nucleus oculomotorius principalis
FLOM	Fasciculus longitudinalis medialis
SUPERP	Substantia perforata posterior
PN	Nucleus paranigralis
COLS	Colliculus superior
NVME	Nucleus nervi trigemini mesencephalicus
CUN	Nucleus cuneiformis
BRCOLI	Brachium Colliculi inferioris
TTGCN	Tractus tegmentalis centralis
PL	Nucleus paralemnisialis
LEM	Lemniscus medialis
RUPC	Nucleus Ruber, Subnucleus parvocellularis
PECES	Pedunculus cerebelli superior
SUNCM	Nucleus substantia nigrae, subnucleus compactus
SUNR	Nucleus substantia nigrae, subnucleus reticulata
PESPED	Pes pedunculi



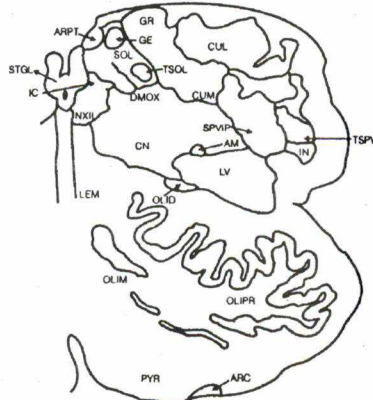
GRCNPO	Griseum centralis pontis
SPG	Nucleus Suprageniculatus
VII	Nervus fascialis
POC	Nucleus pontis centralis
V	Nucleus trigeminalis
PPL	Nucleus papilliformis
SCOEV	Nucleus subcoeruleus, subnucleus ventralis
LEL	Lemniscus lateralis
LELV	Nucleus Lemniscus lateralis ventralis
GR PONTIS	Griseum pontis
VME	Nucleus nervi trigemini mesencephalicus
VIIIS	Nucleus vestibularis superior
TVME	Tractus nervi trigemini mesencephalicus
VMO	Nucleus nervi trigemini motorius
SNVPR	Nucleus nervi trigemini sensibilis principalis
PROTGL	Processus griseum pontis tegmentosus lateralis
PECEM	Pedunculus cerebelli medialis
TPYR	Tractus pyramidalis



GR PONTIS

TPYR

ARPT	Area postrema
SOL	Nucleus Tractus solitarius
IC	Nucleus intercalatus
DMOX	Nucleus dorsalis motorius nervi vagi
NXII	Nucleus nervi hypoglossi
NC	Nucleus medullae oblongatae centralis
OLID	Nucleus olivaris inferior accessorius
OLIM	Nucleus olivaris inferior acc. medialis
CT	Nucleus conterminalis
PYR	Pyramis
GR	Griseum
GE	Nucleus tractus solitarii, subn. gelatinosus
CUL	Nucleus cuneatus medialis
TSOL	Tractus solitarius
CUM	Nucleus tractus medialis
SPVIP	Nucleus tractus spinalis
AM	Nucleus ambiguus
TSPTV	Tractus nervi trigemini spinalis
IN	Insulae nuclei cuneati laterales



Paleo Tronco

Corresponde al área denominada "calota" de los antiguos anatomistas o "Reticular Core" de J. Szentagothai (1966). Fue el área de experimentación de H. W. Magoun (1951) en la que señalaron, en el gato, un sistema activador al que denominaron "Sistema activador ascendente" y asumieron, como sustento anatómico, la denominada "sustancia reticular", de los neuroanatomistas de comienzos del siglo XX.

Como esta concepción fisiológica no coincidía con la neuroanatomía del tronco cerebral, en el hombre, J. Olszewski, con la orientación de los Voght, desde 1945 se dedicó al estudio neuroanatómico de la citoarquitectura del sistema reticular, en el hombre y en 1954 publicó su atlas con D. Baxter; en ella proponen abandonar el término de formación reticular, de concepción anatómica antigua y reemplazarlo por una descripción más precisa, de las diferentes agrupaciones celulares o núcleos de esta región, del tronco cerebral.

Nosotros (Cuba 1995) hemos denominado a esta región paleo-tronco, siguiendo las ideas de Ch. Jacob (1940), del sistema paleoneural.

Consideremos aquí sólo los núcleos de las formaciones no segmentarias del tronco cerebral que permiten las primeras relaciones del hombre en el mundo exterior.

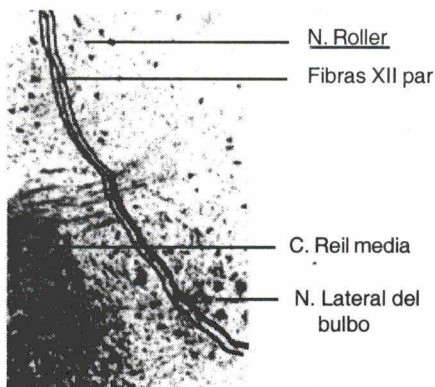
El Núcleo De Roller (Roller-1881)

Mofología.- Agrupaciones neuronales entre el núcleo del hipoglosio, por detrás y el núcleo interfascicular, por delante. Su polo caudal llega al nivel de óbex y el polo oral hasta un plano que pasa por el vértice del ala gris. Está constituido por neuronas pequeñas de forma redondeada u ovalada de notable diferencia histológica con las del hipoglosio.

Se desconoce su hodología y topoquímica.

Función.- A pesar de su notable desarrollo, los tratadistas poco se refieren a él y después de los trabajos de Magoun se le considera como parte del sistema activador.

Fig. 22.- N. de Roller



Dibujo de preparación en Nissl

Núcleo Interfascicular del nervio hipogloso (M. Duval 1887).

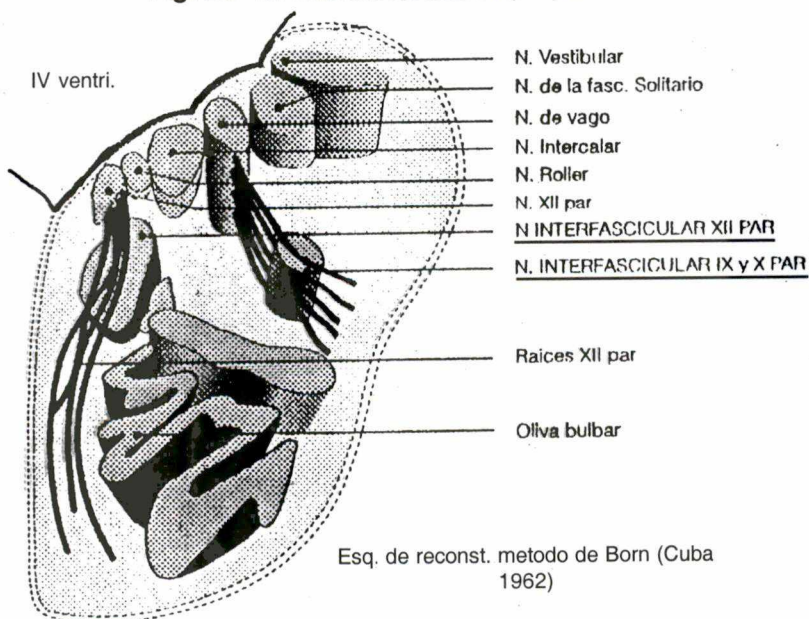
Morfología.- Su polo oral llega hasta las últimas raíces superiores del nervio hipogloso y su extremidad caudal toca las olivas bulbares accesorias. Su cara lateral externa está en relación con el núcleo lateral del bulbo su cara posterior con el núcleo de Roller, en fin, por su cara interna está en relación con el núcleo del raphe y con las fibras del fascículo longitudinal posterior, el haz central de la calota y la cinta de Reil media.

Estos núcleos pares y simétricos, atravesados por las fibras del XII par, están constituidos por neuronas de forma y tamaño muy variables, engarzadas entre las fibras del XII par y de los fascículos ascendentes y descendentes. Es difícil delimitar sus bordes

No se conoce su hodología ni su topoquímica.

Función.- Igual que el anterior, se le incluye el "sistema reticular activador".

Fig. 23.- N. interfascicular XII, IX, X



Núcleos Interfasciculares de los nervios vago y glossofaríngeo

Morfología.- Núcleos pares y simétricos, entre las raíces del vago y glossofaríngeo. Su polo caudal se encuentra, a nivel del polo inferior de la oliva bulbar, y su polo oral sobrepasa las raíces superiores del IX par, mezclándose con las células del núcleo lateral del bulbo, a las que se une por su cara lateral.

Están constituidos por células de diferente forma y tamaño, pero más grandes que las de del núcleo lateral del bulbo. Como el núcleo interfascicularis del nervio hipogloso, están atravesados, en toda su extensión, por las raíces de los nervios vago y glosso-faríngeo; y sus neuronas están insertas en fibras ascendentes y descendentes de los grandes sistemas mielínicos laterales del tronco cerebral.

Se desconoce su hodología y topoquímica.

Función.- Se considera también como parte de la función activadora reticular. Se le asocia con la función de la mirada lateral, de notable importancia en el hombre y según Alajouanine y Lhermithe (1961), está en relación con la regulación de la voz para la palabra.

Complejo nuclear anexo al fascículo longitudinal medial: (componente óculo motricidad): Núcleos comisural de Darkschewitsch e intersticial de Cajal

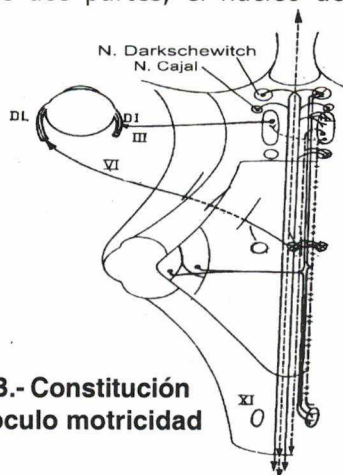
Morfología.- En su conjunto aparecen, estos grupos neuronales, como una masa ovoide, compuesta principalmente de dos partes, el núcleo de

**Fig. 24A.- Histología
F.L.M. (oculo motricidad)**



N. intersticial
Cajal

N. comisural
Darkschewitsch



**Fig. 24B.- Constitución
F.L.M.: oculo motricidad**

Darkschewitsch, próxima a los de Edinger -Wesphal y de Tchida. Por delante y encima del III par, el núcleo de Cajal, detrás del núcleo rojo, cuyas neuronas se mezclan con el anterior.

Ambos núcleos se encuentran inmediatamente por detrás del núcleo del III par y en el sitio en que el acueducto de Silvio se abre para formar el III ventrículo.

La unidad de estas agrupaciones neuronales es fácilmente reconocible. Las del primero constituidas por pequeñas neuronas alargadas; en cambio las del núcleo de Cajal son más grandes y diferentes a las del núcleo rojo.

Hodología.- Estos núcleos dan origen al Fascículo longitudinal posterior, que asocia los núcleos del III, IV y VI oculo motores a los del VIII vestibular y XI o espinal. Además el fascículo asocia los núcleos del puente, del raphe y núcleos laterales bulbares, a los núcleos óculo motores, mediante circuitos transversales.

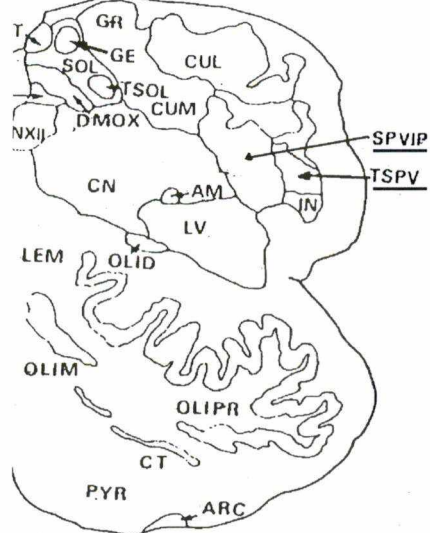
Función.- Todos estos núcleos forman parte de la organización de los movimientos de los globos oculares, principalmente para la mirada vertical, en el hombre, como lo muestra la clínica, pues la parálisis de verticalidad de la mirada que se encuentra en las lesiones interpedunculares, la mirada lateral se integra en las de la protuberancia.

En síntesis, el principal sistema de asociación entre todas las agrupaciones nucleares para la mirada es el fascículo longitudinal posterior que se integra, además, con los módulos transversales.

Núcleos laterales del bulbo (G. Hueguenin-1879)

Morfología.- Aparecen, en la porción lateral inferior del bulbo, como una formación difícil de delimitar. La extremidad caudal se confunde con las neuronas estrelladas de las astas anteriores de la médula y polo oral se diluye, insensiblemente, en un vasto campo neuronal, constituido por el núcleo ambiguo hacia atrás y el núcleo del trigémino, hacia delante.

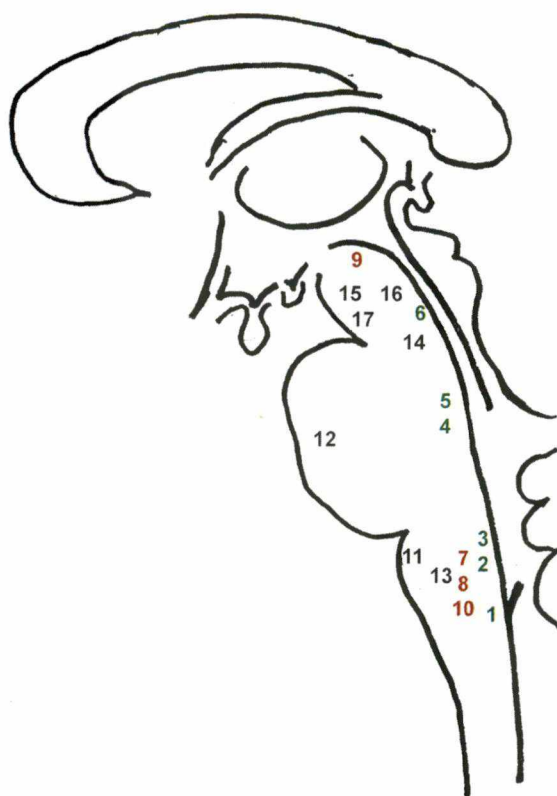
Fig. 25.- S. activador



Sus neuronas de diferentes formas y tamaños están deseminadas y engarzadas en la red mielínica y amielínica de la región, de allí su denominación de "sustancia reticular" en las primeras descripciones. La mayor parte de sus neuronas se entrelazan con las neuronas motoras del área, particularmente con las de los núcleos del VII, IX y X pares.

Función.- Todos los autores modernos lo incluyen en el complejo nuclear de los movimientos oculares e insisten en sus relaciones con el cerebelo. Para la organización funcional de estos núcleos serían importantes los circuitos de integración de M. Scheibel y A. Scheibel (1964). De otro lado las experiencias fisiológicas de H. W. Magoun y R. Rhines (1947) mostraron que la lesión bilateral de esta región determina hipotonía en los miembros.

En fin, a este núcleo se debe la denominación de "sustancia reticular" de Roller por Ramón y Cajal-1909, Th.Zieren-1913 y A. J. Brodal-1954.



Arquitrongo

- 1.- Área Postrema
- 2.- N. Solitario
- 3.- N. Intercalar
- 4.- N. del Raphe
- 5.- N. Paramediano dorsal
- 6.- Área gris Periaqueductal

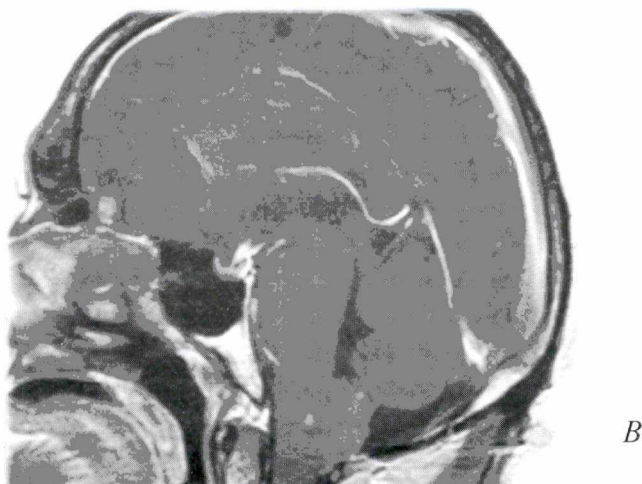
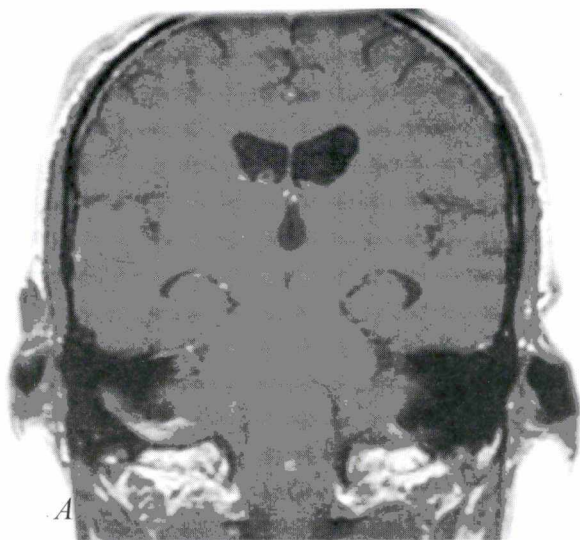
Paleotrongo

- 7.- N. de Roller
- 8.- N. Interfascicul IX y X
- 9.- Ns. de Cajal y Darkeschewitz
- 10.- N. lateral del bulbo

Neotrongo

- 11.- Ns. Arqueados bulbares
- 12.- Ns. del puente
- 13.- Oliva bulbar
- 14.- Locus Coeruleus
- 15.- Locus Niger
- 16.- N. Rojo
- 17.- N. Interpeduncular

Compromiso del N. de Roller y de los N. interfasciculares IX y X.

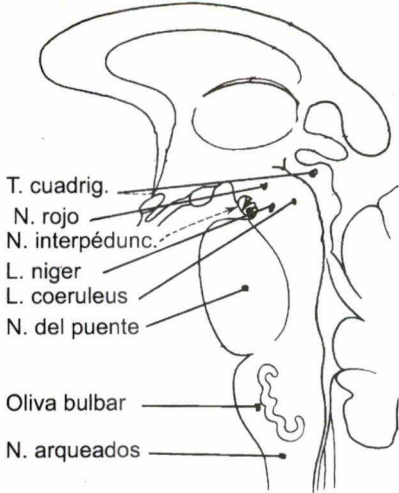


A.- RM coronal ponderada en T1 con contraste B.- RM sagital realizada con contraste, ponderada en T1, que muestra lesion neoformativa dependiente del bulbo en relación a glioma.

Neo Tronco

Denominamos así a las estructuras fácilmente reconocibles del tronco cerebral por su citoarquitectura mejor organizada; porque su maduración, en el hombre continua, muchos años después del nacimiento y sus sistemas hodológicos conocidos, se dirigen a las áreas de mayor jerarquía del sistema estriado de la corteza cerebelosa y de la corteza cerebral. Estos serían los núcleos de regulación, mediante vías alternas, para las funciones sensoriales, humanas como la audición, la visión, los aprendizajes y la memoria. Es la región de mayor plasticidad neuronal.

Fig. 26.- ns. del neo-tronco



Estos núcleos corresponderían a los sistemas neo neuronales de CH. Jacob (1940) y a la "Envoltura de integración" de J. Szentagothai (1966) que es "La envoltura de relación", de estos núcleos con la corteza cerebral y cerebelosa", nosotros (Cuba-1995) le denominamos "Neo-tronco" y aquí estudiaremos:

Los núcleos arqueados bulbares (L. Vicenzi-1885)

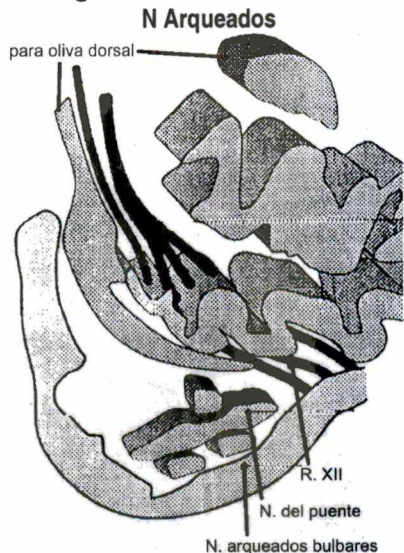
Morfología.- Núcleos pares y simétricos. Su polo oral, se continua con los núcleos protuberanciales y el caudal termina en la "decusación" de las pirámides

Están constituidos por neuronas de talla mediana, ovoides o alargadas, fácilmente reconocibles que se organizan, en capas, por delante de las pirámides bulbares. Estos núcleos están atravesados por las raíces del XII par.

No se han descrito ni su hodología ni topoquímica.

Se consideran en relación con la disposición del cuerpo para la mirada lateral.

Fig. 27.- corte bulbo inferior:



Esq. Rec. m. Born (Cuba 1962)

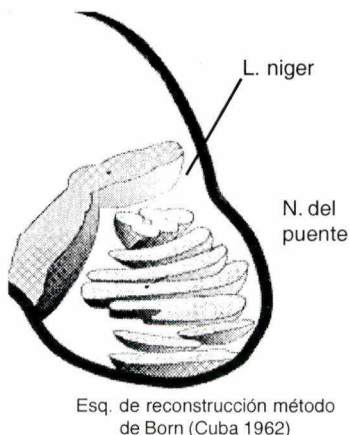
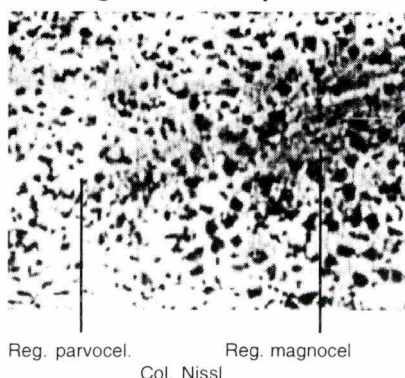
Núcleos del puente (L. Vicenzi-1885)

Morfología.- Son los núcleos más notables del tronco cerebral. Se extiende desde los núcleos arqueados, con los que se continúan, por su polo caudal y por su oral llega hasta el locus niger.

Sus neuronas de talla pequeña y mediana, de forma triangular o fusiforme, se agrupan en densas poblaciones en "bancos de peces"; sus grandes cilindro-ejes constituyen haces mielinizados que se proyectan, en su mayoría al cerebelo.

Se reconocen las regiones parvo - celular y magno - celular

Fig. 28.- n. del puente



Hodología.- El sistema aferente esta constituido por las haces córtico-pontinos y el eferente por los ponto-cerebelosos. En toda su extensión esta atravesado por la raíces del V, VI y VII pares.

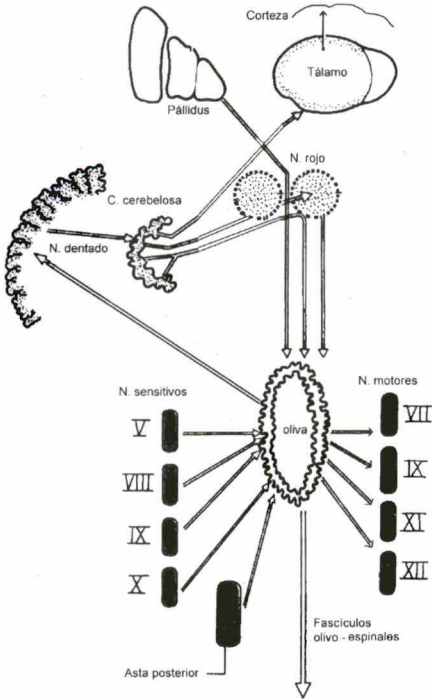
Topoquímica.- En la neuroquímica, recibe una importante corriente glutamaergica de la corteza cerebral, mediante las fibras cortico-pontinas. Reciben también proyecciones histamínicas colaterales de la corriente, que del hipotálamo va al núcleo del fascículo solitario.

Función.- Regula los movimiento aprendidos, particularmente en los movimientos finos del deporte y la danza.

La Oliva Bulbar

Morfología.- Grandes masas ovoides de 12 x 5 mm, que sobresalen lateralmente en el bulbo. Las células poligonales o estrelladas de talla mediana, constituyen una lámina plizada la que presenta 8 circunvalaciones (A. Delmas y J.M.Cuba-1962) con su hilio interno cada oliva principal está rodeada por las para-olivas, ventral y dorsal.

Fig. 29.- Conexiones Olivares



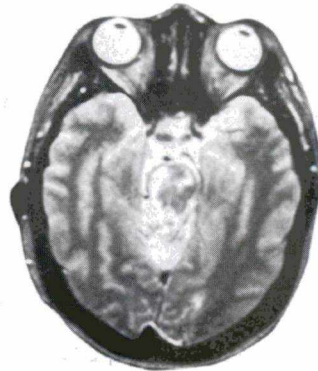
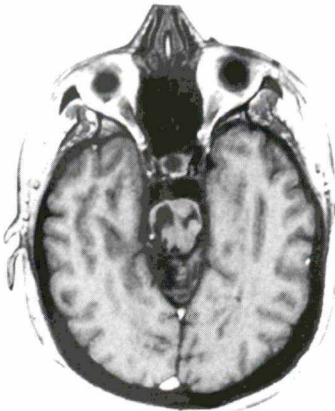
Hodología olivar: de J. O. Trelles -
(modificado)

Hodología.- Estudiada por J. Lhermitte y J. O. Trelles en 1934. Se puede resumir así.

Aferencias. Vías pálido-olivares, dento rubro olivares y rubro-olivares y de los núcleos sensitivos-sensoriales V, VIII, IX, X. El eferente, olivo cerebeloso, olivo espinal y para los núcleos somato motores VII, IX, XI y XII. En fin, los circuitos, en los que interviene el tálamo.

No se conoce su topografía.

Función.- Se desconoce. Nosotros pensamos que tiene una función importante en la voz, la palabra y en el canto. Cuba-Díaz-1993, reportan el caso de un paciente de 53 años cantante de profesión que en forma súbita observó que a pesar de que podía comprender las melodías musicales y leer en el pentagrama las diferentes piezas y además escuchaba y comprendía la música no podía cantar las melodías, siendo esa la única sintomatología que presentó, cuando se hizo un examen de resonancia magnética se observó un infarto bilateral que comprometía ambas olivas bulbares.



Locus coeruleus o pigmentatus

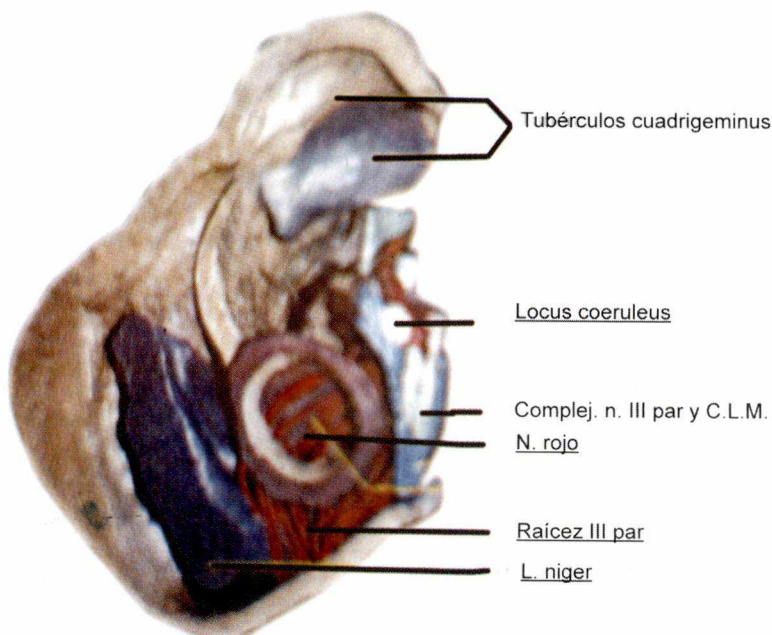
Morfología.- Cúmulo de neuronas, muy pigmentadas, de 1 mm de altura. Los núcleos se observan en la región superior de la protuberancia y se extienden desde el nivel extremo superior del V par sensitivo hasta los pedúnculos cerebrales.

Están constituidos, en el hombre, por 17,000 neuronas, más o menos, cada núcleo, con una notable pigmentación que comienza entre los 4 y 5 años de vida. Sus neuronas son poligonales y algunas ovaladas o redondeadas.

Topoquímica.- Sus neuronas originan, principalmente, la nor adrenalina y sus axones se proyectan al cerebelo, al tálamo y sobre todo a la 1ra capa de la corteza cerebral.

Sus fibras son ipsilaterales en un 80 %. En síntesis, este neurotransmisor actúa sobre casi todo el S. N.C.

Fig. 30.- n. Coeruleus, L. niger y n. rojo



reconst. met. Born (Cuba 1962)

Función.- Se reconoce entre otros, su función para el despertar y la vigilia, la atención, la memoria y especialmente en los estados afectivos.

Locus níger (S. T. Soemmering-1755-1830)

Morfología.- Constituido por neuronas oscuras cuya pigmentación comienza en la niñez y termina en la pubertad. Alcanza su mayor desarrollo en el hombre. Marca el límite entre el pie y la calota peduncular, el polo caudal llega hasta los núcleos del puente y el oral hasta el núcleo sub talámico de Luys.

Citología.- se reconoce una zona dorsal, negra o compacta, formada por grandes células piramidales o poligonales, cargadas de pigmento melánico, muy ricas en dendritas. Son las neuronas dopaminérgicas por excelencia, cuyos cilindros ejes forman las proyecciones dopaminérgicas.

La zona ventral o pars reticulata, esta constituida por neuronas no pigmentadas que serían la continuación del pallidum, y principalmente gabaérgicas.

Topoquímica.- El área compacta o dorsal y oscura, es el área principal, cuyas neuronas dan origen a la dopamina que por el fascículo longitudinal mediano del telencéfalo, asciende a el encéfalo, sin llegar al tálamo.

Para la corriente dopaminérgica se consideran dos sistemas ascendentes principales el nigro-estriatal para el globus pallidus, el putamen, el núcleo caudado, los núcleos sub talámicos y el núcleo accumbens y el sistema meso-córtico-límbico para el hipocampo, los núcleos septales y la corteza pre frontal. Este último es el más importante para la cognición.

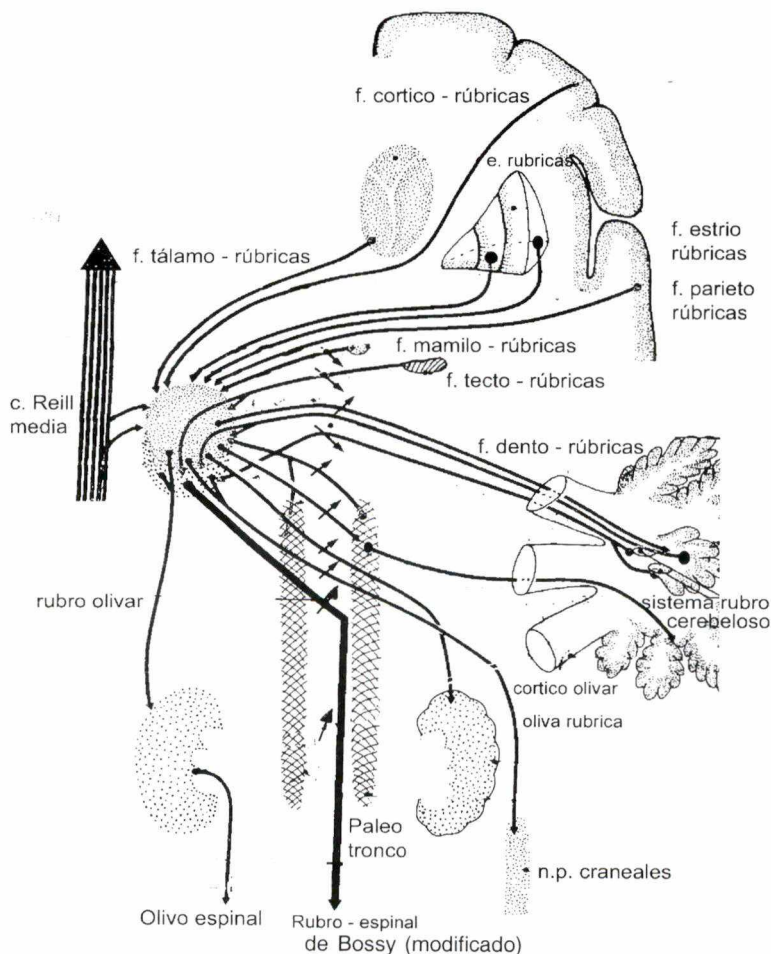
Función.- En resumen permite la estación de pie y la marcha. Es fundamental para la auto motivación, la recompensa, el placer, los aprendizajes y la activación en general del encéfalo.

Se observa su disminución en el envejecimiento; en la Neuropsicología, se le relaciona también con la esquizofrenia y la adicción a las drogas.

Núcleo Rojo

Llamado así por su color rosado, en los cortes pedunculares, en fresco. De forma cilíndrica y por delante del locus níger. Se extiende, por su polo caudal, desde los tubérculos cuadrigémicos superiores y por su polo oral, hasta el nivel de los cuerpos mamilares. Todo el núcleo esta envuelto por fibras mielínicas y amielínicas y atravesado, en su tercio inferior, por las fibras del III par. Su porción caudal es la región magno celular y esta constituido por grandes neuronas multipolares semejantes a las somato motoras. La porción oral está constituida por pequeñas neuronas; es el neo rubro, muy desarrollado en el hombre.

Fig. 31.- Conexiones Rubricas



Hodología.- Sus sistemas aferentes lo constituyen las fibras dento-rúbricas, del cerebelo; pallido-rúbricas, tecto-rúbricas y córtico-rúbricas, de la corteza frontal y parietal, principalmente.

Los sistemas eferentes son los rubro-bulbares, para los núcleos de los pares craneales; rubro-talámicas para núcleo anterior del tálamo y rubro-corticales para las áreas 4 y 6 de Brodmann.

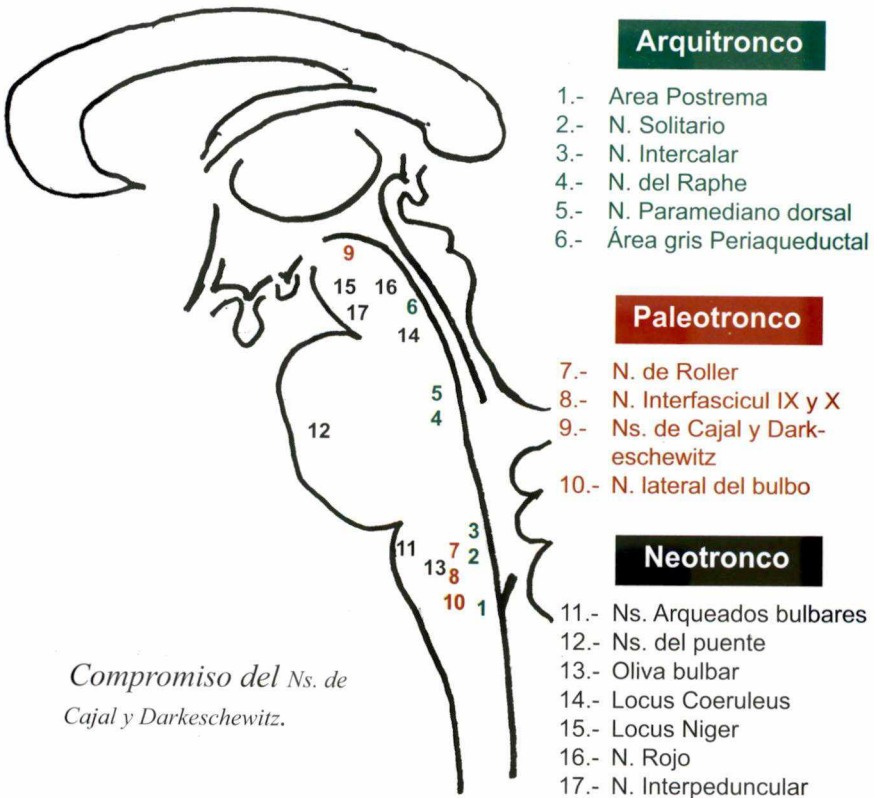
Función.- Sería fundamental para la organización de la estación de pie, la marcha y posiblemente la carrera

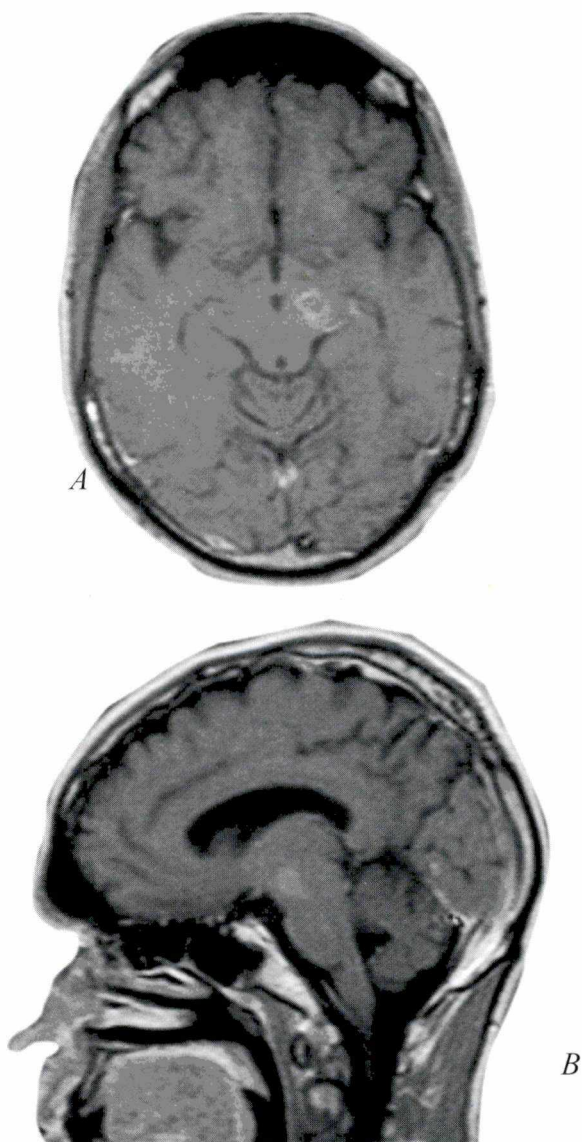
Núcleo interpeduncular (Gudden-1870)

Morfología.- Formación central y única, de forma más o menos redondeada; constituido por neuronas multiformes ligeramente pigmentadas, colocadas en la cara anterior, en la dehiscencia de los pedúnculos cerebrales, inmediatamente por encima del surco ponto-peduncular; muy cerca de la decusación de Wernekink, a la que mira por su cara posterior.

Hodología.- Su sistema aferente está constituido por las fibras habenulo-pedunculares que integran el fascículo Retro reflejo de Meynert y el sistema eferente es el fascículo Interpeduncular tegmental que se junta al haz de Schutz y se dirige a las áreas vegetativas del tronco cerebral.

Se ignora su topoquímica y su función.





A.- RM axial ponderada en T1 con contraste B.- RM sagital con contraste, ponderada en T1, que muestra realce anular en relación a granuloma tuberculoso localizado en pedúnculo.

B) FORMACIONES SEGMENTARIAS: (N craneanos y cognición).

Se denominan pares craneanos a los que su origen aparente se continua por la cavidad craneal. Los 10 núcleos cuyo origen real está en el tronco cerebral son: Los somáticos, para el III – IV y VI, u óculo motores y XII, para la lengua; los núcleos branquiales para el V motor, del arco mandibular; el VII, para los músculos del arco hioideo y los IX y X para los del arco hipotiroideo.

Los pares craneales, fueron reconocidos primero, en su origen aparente, por los egipcios; sistematizados, en 7 pares, por Galeno (131-201). A ello se agregan las observaciones de Leonardo de Vinci (1452-1511) y Vesalio (1514-1564). Finalmente Félix Vicq de Azyr (1748-1794) T. S. Soemmering (1755-1830) precisan su origen real, cuando afirmaron que nacían del tronco cerebral. El último, ofrece la clasificación, tal como las conocemos ahora.

Fig. 33.-Rodilla del facial: col. Nissl

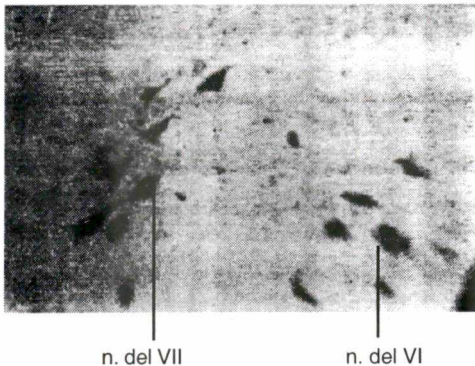
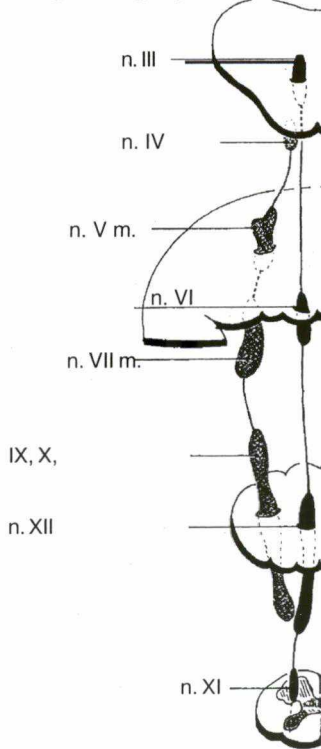


Fig. 32.- grupo met. funcionales

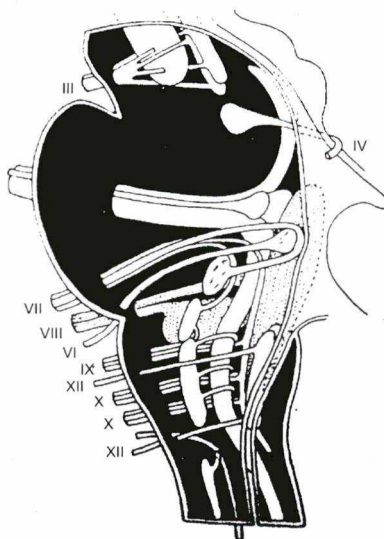


de Bossy (modificado)

Todas las células motoras son de forma estrellada o poligonal y de gran tamaño, fácilmente reconocibles, porque semejan a las neuronas somato motoras del asta anterior de la médula espinal.

Las agrupaciones neuronales y el trayecto de sus cilindros han sido

Fig. 34.- Pares craneanos del III al XII



según Curt Elze

Todo ello ha modificado los conceptos, de modo que ahora se estudian en grupos funcionales, en el proceso de la hominización.

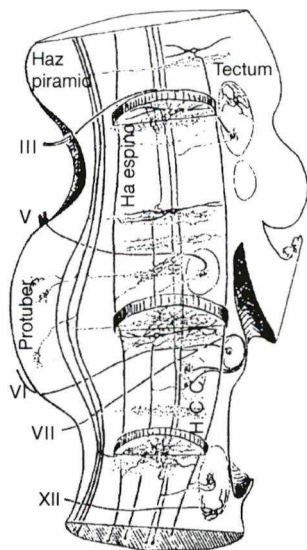
Un papel muy importante tiene las células intercalares.

Estudiaremos así, los núcleos de los pares craneanos somato motores, en las agrupaciones funcionales, que en el hombre adquieren una significación especial, como la articulación de la palabra y el canto, la expresión facial en las emociones y en fin la óculo motricidad, en la estación de pie.

esquematizados por R.E. Truex (1959) y sus esquemas aún son válidos.

En el aspecto funcional, son muy importantes a considerar las "agrupaciones neuronales" propuestas por J. Szentagothai (1966), las "Columnas Celulares" de V. B. Mountcastle" (1957), y sobre todo los "Anillos o Circuitos" de N. E. Scheibel y A.B. Scheibel (1958).

Fig. 35.- circuitos de Scheibel y Scheibel 1958



IX-X-XII Pares y la articulación de la palabra-

Th. Alajouanine (1968), refiriéndose al lenguaje, escribe que el "cerebro humano toma, para su expresión, órganos y sistemas que originariamente fueron creados para otra finalidad; así, los pulmones, la laringe, la cavidad bucal y los labios que fueron creados para la respiración, la masticación y la deglución; en el hombre, fueron empleados, además, para la articulación de la palabra, la modulación de la voz y el canto".

Los núcleos motores que se integran para estas funciones son.

El Núcleo Ambiguo.- Que da origen a las fibras somato motores del IX y X pares, mide 16 milímetros y se extiende por su polo caudal desde la oliva inferior hasta el comienzo del facial, por su polo oral. Sus grandes neuronas multipolares, motoras, envían sus cilindros ejes a los músculos estriados de la laringe y de la faringe y al músculo estilofaríngeo. El X par se dirige principalmente al velo del paladar.

El Hipogloso o XII par.- Tiene la forma de cigarro, de 10 mm. Su polo caudal llega hasta el complejo olivar inferior y el oral hasta el núcleo intercalar. Sus moto neuronas envían sus cilindros ejes a los músculos de la lengua.

Hodología.- El sistema descendente o aferente, más importante para estos músculos es la vía cortico-geniculada, que toma su origen en la parte inferior de la circunvolución frontal ascendente en los esquemas de Penfield y Rasmussen, o en el área 4 de Brodmann, próxima al área de Broca del lenguaje, con la que esta muy unidas por las fibras arqueadas. La otra es la vía topoquímica glutamaérgica, córtico-nuclear, que modula las neuronas intercalares de Renshaw, del núcleo del hipogloso.

Junto a ellas existirían vías motrices que se originarían en el sistema estriado y de modo especial, las del sistema límbico, para el ritmo y la modulación de la voz en relación con las emociones y con la oliva bulbar.

Topoquímica.- Además de la descarga glutamaérgica, proveniente de la corteza son muy importantes, los de dopamina, acetil-colina y el gaba, para el grito, en la emoción y las variaciones en la articulación de la palabra y el tono de la voz, en la conversación y en el canto.

Función.- La emisión de la voz comienza en la sustancia gris peri aqueductal, como lo muestra la clínica. El estímulo se extiende al área motriz suplementaria áreas 6 y 8 de Brodmann; forma circuitos con el estriatum y el núcleo ventro lateral anterior del tálamo, para la secuencia de la palabra.

Para la entonación de la voz con J. O. Trelles (1966) hemos sostenido la importancia de la oliva bulbar en el circuito para la entonación y para la musicalización de la voz los circuitos se integrarían también en la oliva bulbar. (Cuba y R. Díaz 1995).

En síntesis, para el sonido los circuitos comienzan en la sustancia gris periaqueductal; para la vocalización, en lo que interviene la corteza, en las áreas de la corteza motora y pre motora que descargan, por la vía geniculala a los núcleos ambiguo, IX y X al núcleo del XII; para la entonación los circuitos con el sistema estriado, sistema límbico. A ellos se agregarán los circuitos con la oliva bulbar y el cerebelo, para el canto.

El sistema eferente, es la vía final común de estos núcleos, cuyos cilindros ejes van a los músculos estriados, para la articulación de la palabra y la entonación de la voz

V (m) y VII (m).- Trigémino y facial motores:

La expresión emocional.

El gesto del rostro, que expresa estados del ánimo, corresponde al movimiento de los músculos de la cara en los que intervienen principalmente en el V y el VII motores.

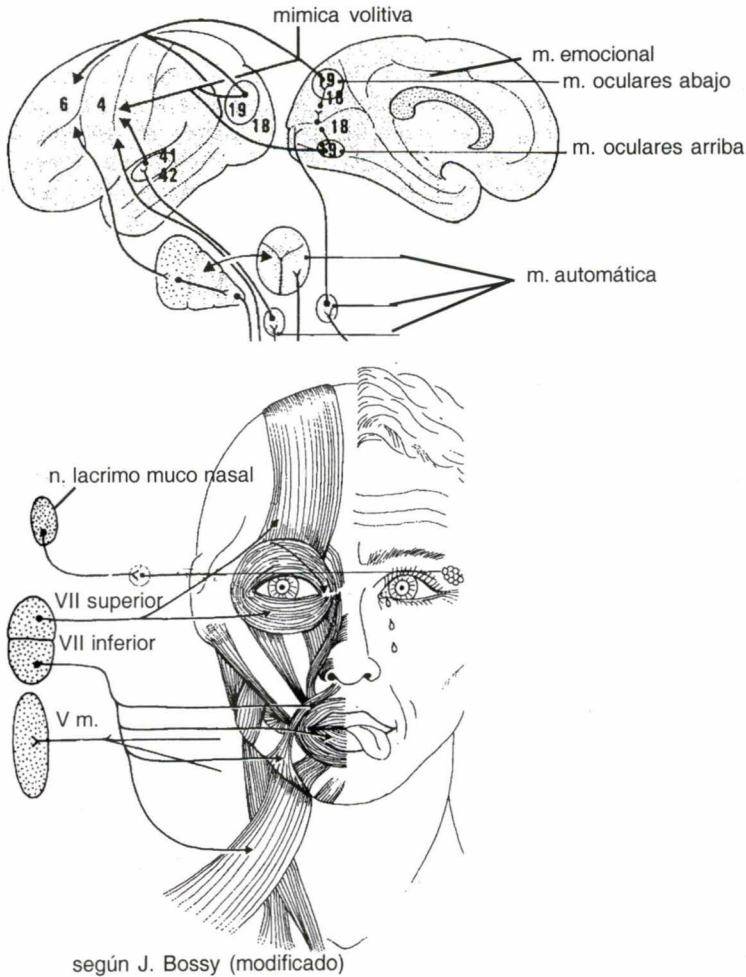
Morfología.- Los Núcleos motores del V par o masticadores son pares y simétricos, situado en la calota pontina, de 2mm. de longitud. Por su polo oral, próximos al locus Coeruleus y por su polo caudal el núcleo del VI par. Su cito arquitectura, como la de todos los núcleos somato-motores, están constituidos por grandes neuronas multipolares semejantes a las del XII par.

Los núcleos motores del VII par motor de 4 mm, están situados en la unión bulbo-pontica. Su polo caudal llega a nivel de la oliva bulbar y el oral hasta el VI par. Sus neuronas, son grandes, multipolares, de tipo motor; los cilindros ejes contornean el VI par, la "rodilla del facial", muy notable en el hombre.

Hodología.- El sistema aferente cortical, para ambos núcleos, comienza en un área muy amplia de la frontal ascendente como lo muestran los esquemas de Penfield y Rasmussen y de Brodmann. Los cilindros ejes forman parte del haz geniculado, se cruzan para el V motor y para el facial inferior, en tanto que para el VII frontal, son directos y cruzados.

Además, estos núcleos reciben influencias notables del sistema tálamo-estriado y especialmente de los circuitos límbicos, entre otros, por fascículo longitudinal medial.

Fig. 36.- expresión emocional



El sistema eferente, de estos núcleos, está constituido por las raíces del V motor que inervan los músculos masticadores y por el III, motor, para los 44 músculos faciales, en el hombre.

Topoquímica.- Es muy importante la dopamina, serotonina y acetil colina para los circuitos reverberantes, especialmente con el estriatum y sistema Límbico y el glutamato y el gaba principalmente, para la regulación o inhibición.

Función.- desde el nacimiento funcionan en relación con el sistema límbico; para el llanto y la sonrisa. En la edad juvenil se desarrollan los circuitos propuestos por G. E. Alexander y Col (1986) y después los propuestos por J. Szentagothai, N. Mountcastle y Scheibel y Scheibel (1986), en los cuales el tálamo y el pallidum, tienen un valor fundamental; por ello, la juventud es particularmente gesticulante. Por último la vía córtico-nuclear o haz geniculado para los aprendizajes de la risa y el gesto, simulados como en el teatro.

La expresión emocional en el rostro, aparece antes que el lenguaje, con el llanto y la risa del niño, que se elabora en la corteza límbica; con el desarrollo de la corteza piramidal, la mímica facial alcanza en el hombre su mayor desarrollo y significación, en ella intervienen los circuitos en los que participan el núcleo accumbens, los núcleos septales y el área pre frontal; la lesión bilateral, de estas áreas afecta notablemente la expresión emocional.

En estos circuitos son importantes los sistemas dopaminérgicos, para la expresión de las emociones. Los serotoninérgicos, para el control de los mismos y los nor adrenergicos y glutamérgicos, para los aprendizajes.

III-IV-VI y XI pares: núcleos óculo motores

La óculo motricidad alcanza en el hombre una función especial, debido a la bipedestación y a la importancia de visión en lugar de la olfacción, para el reconocimiento del exterior.

Morfología.- El núcleo del III par, motor ocular común, , el más importante del sistema, en el hombre, está situado en la sustancia gris peri-aqueductal, por delante del núcleo de Edinger Westphal. Sus neuronas son multipolares, de tipo motor, semejantes a las del IV y VI pares, los grupos neuronales se engarzan en las fibras del fascículo longitudinal medial, o bandeleta longitudinal posterior.

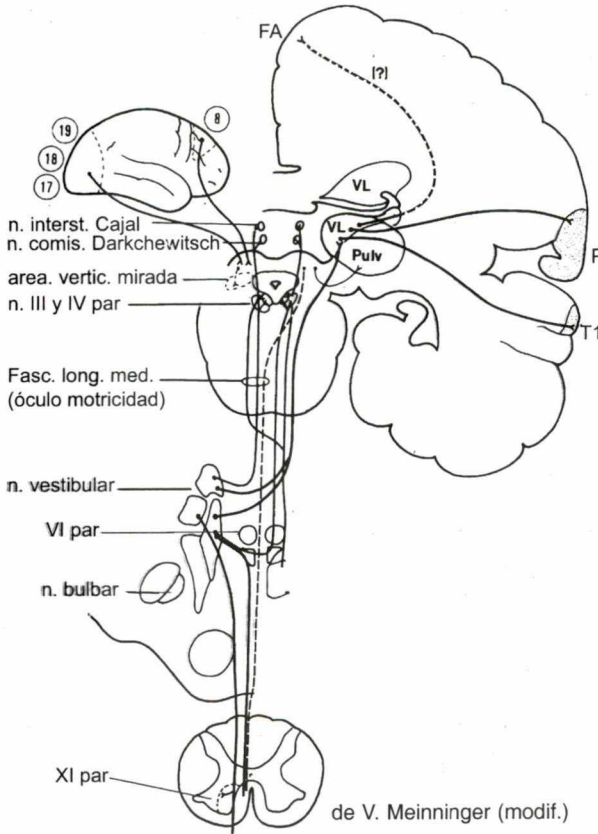
El IV par, patético, o troclear, formado también por neuronas motoras semejante al III con el que se continúa.

El VI par, motor ocular externo, es una columna de 3 mm. Localizada en la protuberancia, con el mismo tipo neuronal.

Hodología.- Sus sistemas aferentes en primer lugar , comienza en el lóbulo occipital, áreas los 17-18-19 de Brodmann. El otro contingente, por el proceso de la hominización, se origina, después, en el área pre-frontal 4 y 8 de Brodmann. Los cilindros ejes, de estas neuronas se dirige a los núcleos de Cajal y de Darkschewitz y de allí, por la bandeleta longitudinal posterior, descienden los impulsos a los núcleos del III, IV, VI y para lo óculo-céfalogiria además al XI par o espinal.

Además reciben influencias cerebelosas, vestibulares, de los núcleos del puente,

Fig. 37.- Oculo céfalo - giria



del núcleo lateral bulbar y de los núcleos del hipogloso, para los circuitos de Scheibel y Scheibel.

Los sistemas eferentes van, de estos núcleos, a los músculos estriados motores oculares del mismo lado, excepto el IV par que sale por la cara posterior del pedúnculo cerebral y se cruza.

Función.- La primera es orientar la mirada hacia un punto de interés; esta se realiza mediante movimientos oculares rápidos o sacádicos y después, mantener la mirada en el objeto, mediante los movimientos lentos. Los primeros se originan en la corteza en el sistema extra

piramidal y los segundos en todos los orígenes aferentes.

La mirada horizontal o lateral se organiza en la región bulbo-protuberancial y además del VI par, intervienen los circuitos con los núcleos vestibulares, el núcleo del hipogloso, el núcleo lateral del bulbo y los núcleos del XI par o espinal.

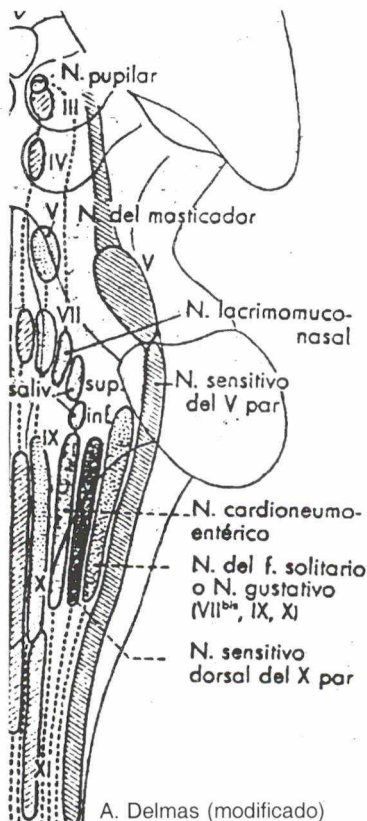
En cambio, la mirada vertical, más importante en el hombre, se organiza en los pedúnculos cerebrales y además del III y IV pares intervienen los núcleos intersticial de Cajal y de Darkschewitsch, los que mediante la cintilla longitudinal posterior organizan los circuitos. A ellos se agregan los núcleos de Perlia y Tchida, que permitirán la convergencia de la mirada; y en fin los núcleos del raphe. La lesión de los pedúnculos cerebrales afecta la mirada vertical.

Los Núcleos Parasimpáticos III –VII – IX- X:

Los ritmos biológicos y las emociones:

La regulación de las funciones vegetativas se hace mediante los sistemas simpático y parasimpático. A grandes rasgos, en el hombre, el primero activa el despertar, la atención y prepara al organismo para las actividades de relación. El segundo, el parasimpático procura el reposo, el sueño y prepara los órganos para la digestión y la sexualidad. Los dos sistemas en la hominización han alcanzado una extraordinaria evolución y su complicada y amplia sistematización comienza en la corteza cerebral se sintetiza en el hipotálamo en donde recibe la información del sistema límbico. Allí se organizan los sistemas parasimpático y simpático; el primero se precisa en el tronco cerebral y el simpático en la médula espinal. Nosotros lo estudiaremos en su papel fundamental para la atención, los aprendizajes, las emociones y particularmente durante la actividad creadora.

Fig. 38.- N. parasimpáticos



Núcleo de Edinger – Westphal. - Alcanza su mayor desarrollo en el hombre. Se localiza en la sustancia gris peri-ependimaria, de 5 mm. de longitud, se extiende, por delante, del núcleo del III par desde el núcleo rojo. En su citología sus neuronas fusiformes, ovaladas o triangulares; pequeñas y medianas, se parecen al núcleo motor del vago.

Su sistema aferente principal viene de los tubérculos cuadrigéminos anteriores y su sistema eferente se dirige al ganglio ciliar u oftálmico y de allí al esfínter del iris y al anillo del músculo ciliar. El parasimpático produce miosis.

El sistema simpático se integra en la médula, entre C4 y C6, en el centro cilio espinal de Budge y de allí, por los ramos comunicantes blancos, van a los ganglios y a los músculos para la dilatación de la pupila.

Función. - El núcleo de Edinger-Westphal, tiene un rol en la constricción y la

acomodación de la pupila para la luz.

Núcleo lacrimo- muco – nasal, o VII bis.- Pequeño núcleo, de forma alargada por detrás del VII par motor.

En su citoarquitectura, sus neuronas semejan al X vegetativo y sus cilindro ejes constituyen el sistema eferente, que va al ganglio eseno palatino y las glándulas lagrimales; otro grupo va al ganglio sub maxilar y de allí a las glándulas sub maxilares y sub linguales. Así el VII bis estimula las glándulas lacrimales, nasales y sub linguales. Su sistema aferente es probablemente cortical y límbico y se organiza en el hipotálamo.

Función.- Principalmente en las emociones intensas como en el llanto y a veces en la risa.

Núcleo cardio – pneumo – entérico: dorsal del vago X.

Se observa como una saliente en el ventrículo, es el trígono del vago, ala gris o cinérea.

En la citoarquitectura sus neuronas son fusiformes y multipolares, medianas y pequeñas. El núcleo esta inmerso entre otras formaciones de función conocida y desconocida.

Su sistema aferente viene de la corteza, del sistema límbico y del hipotálamo y el eferente, por las fibras que acompañan a las del X par, después de hacer sinapsis con los ganglios de los plexos cardíaco, pulmonar, celíaco e intestinal, van a todos los órganos viscerales que controla el parasimpático.

En síntesis, respecto a su hodología, el sistema aferente para todos estos grupos viene principalmente de la corteza pre frontal y del lóbulo límbico; se integra en el hipotálamo, en el sistema parasimpático y mediante el fascículo mesencefálico o hipotálamo-mesencefálico de Schutz, que tiene su origen en el Hipotálamo posterior y termina en los núcleos parasimpáticos. El hipotálamo envía además los impulsos simpáticos a la médula espinal.

Por último la bandeleta longitudinal dorsal o fascículo longitudinal medial, constituida por fibras ascendentes y descendentes unilaterales y bilaterales pone en asociación a estos con otros grupos funcionales, como los óculo motores. Deben considerarse aquí, la vía dopaminérgica del locus Níger; la nor adrenérgica, del locus coeruleus, las serotoninérgicas de los núcleos del raphe. A ello se agregan los sistemas glutamaérgicos corticales.

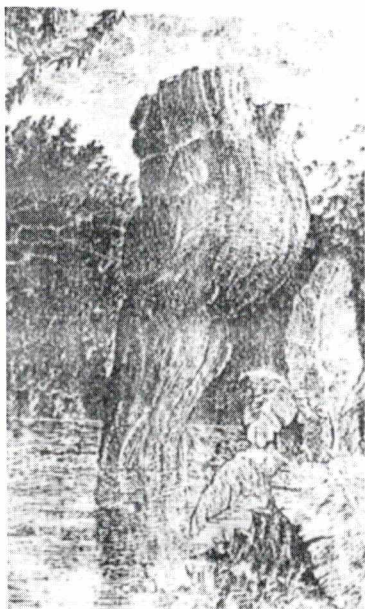
Esta área parasimpática, del tronco cerebral, que recibe influencias de la corteza pre-frontal, del sistema límbico y del hipotálamo, relaciona la función parasimpática con los comportamientos humanos como la disposición al sueño, a la digestión y la sexualidad. Su inhibición es, sobre todo, importante para la acción del sistema simpático y la actividad conciente.

Resumen.-

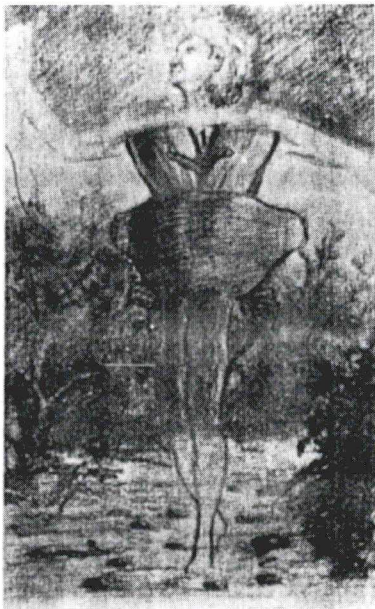
Así, hemos señalado en los núcleos segmentarios del tronco cerebral, las agrupaciones funcionales para la palabra, el gesto facial y la oculomotricidad; actividades peculiares del hombre que, a su vez, se relacionan con las formaciones no segmentarias, cuyas influencias dinamogénicas, para el sistema talamo-estriado y la corteza, se efectúa por los sistemas nor-adrenérgicos, dopaminérgicos y serotoninérgicos principalmente, a los que agregamos el gaba y los neuro-esteroides, que justifican bien la consideración de que el tronco cerebral debe considerarse como el órgano dinamogénico del cerebro.

Si a ello agregamos la marca genética para la síntesis de los neurotransmisores y las enzimas, y la acción epigenética, desde la niñez, Podemos afirmar que en el tronco cerebral esta inscrito, en gran parte, nuestra personalidad y por tanto no debe considerarse en el hombre, como el simple cerebro de los reptiles.

Fig. 39.- Significación funcional del Tronco C. en el hombre



en reptiles, de Ornstein y Thompson (modificado)



en el hombre:

¿Fundamento de la personalidad? Cuba (1962)

V.- El sistema Tálamo-estriado: La neuropsicología

A.- Los tálamos

Morfología: Son dos formaciones ovaladas de tamaño de aceitunas, de 3 x 2 cm., con un polo anterior o frontal y otra posterior u occipital. Su cara interna forma la pared lateral del III ventrículo y su cara externa, separada de la cápsula interna por la lámina medular externa.

En su citoarquitectura, los estudios histológicos y funcionales han llevado a diferentes clasificaciones de los núcleos talámicos. Nosotros seguiremos las disposiciones propuestas por la neuropsicología.

Así se reconocen, en primer lugar, dos tipos de agrupaciones nucleares. Los núcleos no específicos, que son los núcleos reticulares antero laterales y los núcleos intralaminares en el interior de la lámina fibrosa, que divide cada tálamo y los núcleos específicos, los que a su vez, por su difícil aislamiento histológico, tienen numerosas clasificaciones; nosotros los estudiaremos sólo a los que se relacionan, de modo específico, con las funciones cognitivas

I.- Núcleos no específicos del tálamo: La activación cortical

N. Reticulares antero-laterales.- Tapizan el polo anterior y externo del tálamo; aquí están bordeados por la lámina medular externa y después por las fibras mielinizadas de la cápsula interna.

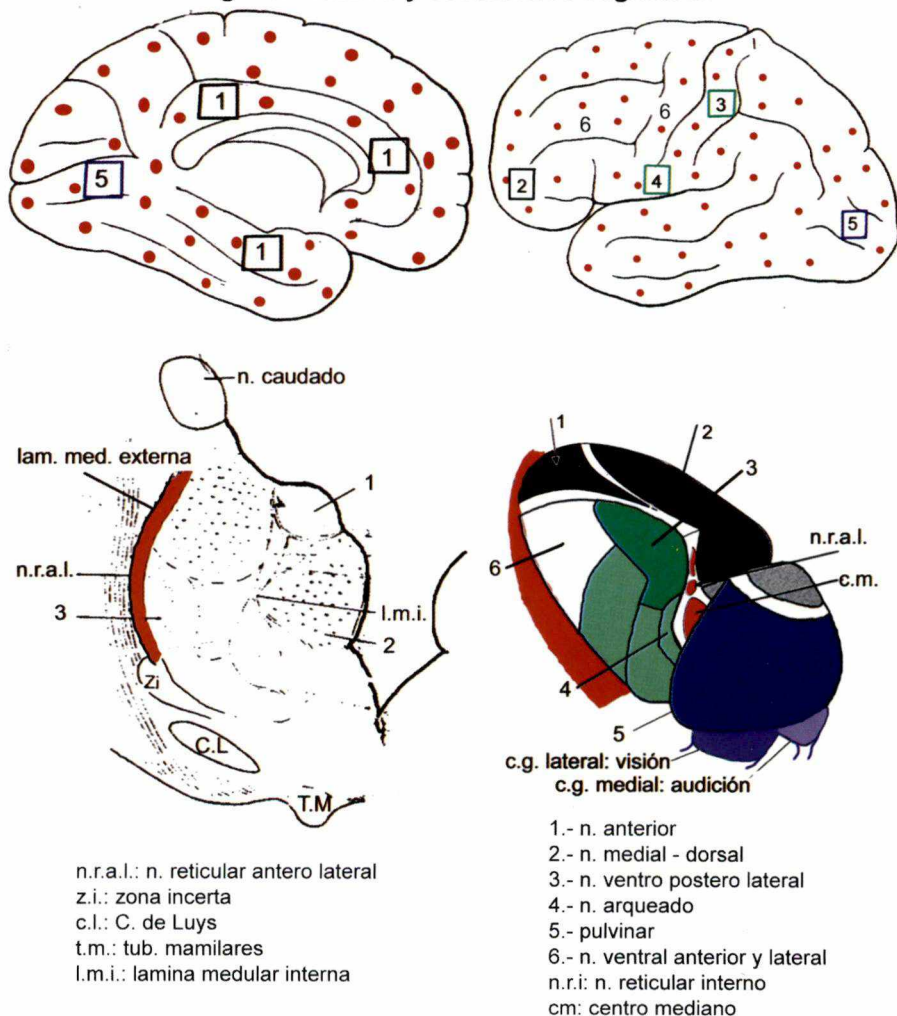
N. reticulares intralaminares.- Son agrupaciones neuronales situadas en el interior de la lámina medular interna del tálamo. Aquí se señalan el núcleo del centro mediano y otros pequeños grupos neuronales, de diversa clasificación, según los investigadores.

Hodología.- Las aferencias principales de los núcleos no específicos, están constituidos por las fibras amielínicas provenientes de las formaciones no segmentarias del tronco cerebral y de la V capa cortical.

Sus eferencias difusas van principalmente, a la I capa de la corteza pre frontal, a los diferentes núcleos específicos del tálamo y al striatum.

Topoquímica.- Están constituidas fundamentalmente por neuronas gabaérgicas, que mediante la inhibición regulan numerosas circuitos.

Fig. 40.- Tálamo y conexiones cognitivas



Función.- La principal, de estos núcleos reticulares, está en relación con el despertar, el alerta y la atención, es decir la preparación para recibir la información conciente. También permite la primera fase del sueño y por su conexión con el sistema estriado, con la orientación e iniciación motora.

II.- Núcleos específicos del tálamo: La función cognitiva

La lámina medular interna que se dirige de adentro hacia fuera y de atrás hacia delante, en su tercio anterior se divide en dos y aísla en el núcleo anterior. Así mismo esta lámina delimita, hacia adentro, mirando al III ventrículo, agrupaciones celulares que se denominan núcleos mediales, y por fuera frente a la sustancia blanca, los núcleos laterales, anterior, mediano y posterior.

Núcleo Anterior: Sistema límbico.- El núcleo anterior es el grupo neuronal, aislado por la dehiscencia de la lámina medular.

Hodología.- Su principal aferencia es el fascículo mamilotálamico de Vicq d'Azyr y sus principales eferencias van a la corteza límbica, circunvolución callosa marginal.

Función.- Participa en el despertar y los comportamientos, pero su función más importante está en relación con la afectividad y la memoria para los aprendizajes, mediante su integración en el circuito de Papez.

Núcleo mediano dorsal: Sistema límbico.- Es la continuación del núcleo anterior y separado de él, por el brazo interno de la lámina medular interna. En su citoarquitectura, se observa un grupo magno-celular, por delante y adentro y otro, parvo – celular, por detrás y afuera.

Hodología.- Sus aferencias vienen del hipocampo, del núcleo amigdalino, por el trigono; de los núcleos septales y de la 5ta circunvolución temporal.

Sus eferencias van principalmente a la corteza órbito-frontal

Función.- El núcleo dorso mediano participa, en la atención selectiva, fundamental para la actividad intelectual; en la inhibición de comportamientos violentos y en el prelude del gesto emocional y comportamientos sexuales.

Por ello los núcleos anteriores y dorso mediano deben considerarse como partes importantes de los circuitos del sistema límbico.

Núcleo ventro – postero-lateral y núcleo ventro postero medial o núcleo arqueado: La sensibilidad.

Se consideran en éstos los núcleos sensitivos del tálamo.

Hodología.- En su sistema aferente, el núcleo ventro-postero-lateral, recibe las fibras de los fascículos espino talámicos y de la cinta de reil media, de modo somatotópico. El núcleo arqueado, segmento del núcleo ventro – postero – lateral, recibe al trigémino sensitivo.

Los sistemas eferentes se dirigen a la corteza parietal sensitiva, a las áreas 1, 2 y 3 de . Brodmann.

Función.- Estos núcleos son fundamentales para la percepción sensitiva, el tacto fino y la posición de las articulaciones. Según su somatotopía, las áreas de la mano están próximas a las de la boca, lo que permite las respuestas mano-bucales, en el niño, estableciéndose así los primeros circuitos para la alimentación.

Los cuerpos geniculados o metatálamo: Audición y visión.- Son agrupaciones neuronales que pertenecen al tálamo, relacionados en los tubérculos cuadrigéminos.

El cuerpo geniculado medial, en relación con el tubérculo cuadrigémimo posterior, recibe las aferencias auditivas y se proyecta a la corteza temporal superior. el cuerpo geniculado lateral, en relación con el tubérculo cuadrigémimo anterior, recibe las fibras de las vías ópticas y las proyecta al área calcarina.

El pulvinar o neo-tálamo.- Corresponde al polo posterior del tálamo y está muy desarrollado en el hombre.

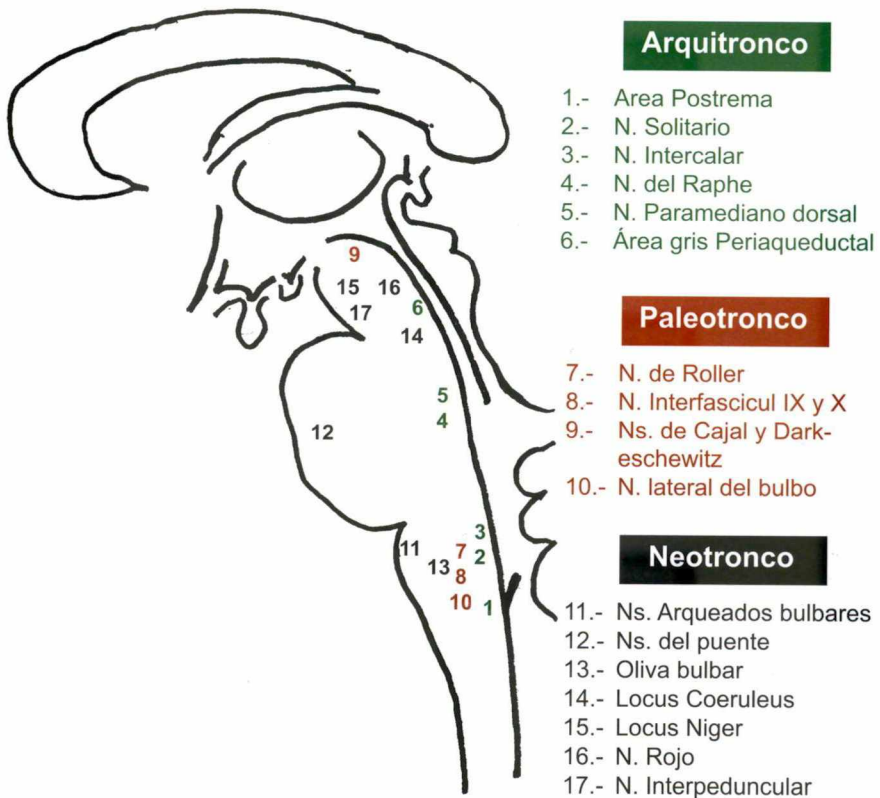
Hodología.- Por los cuerpos geniculados externos, que reciben las fibras de los tubérculos cuadrigéminos anteriores y estas las vías visuales directa y cruzadas por la bandeleta óptica, de la retina, constituye el núcleo de integración visual.

Además de las aferencias visuales, por su relación con los cuerpos geniculados mediales, reciben con las auditivas influencias semestésicas; todas pasan por la comisura de Gudden y se integran con las funciones visuales.

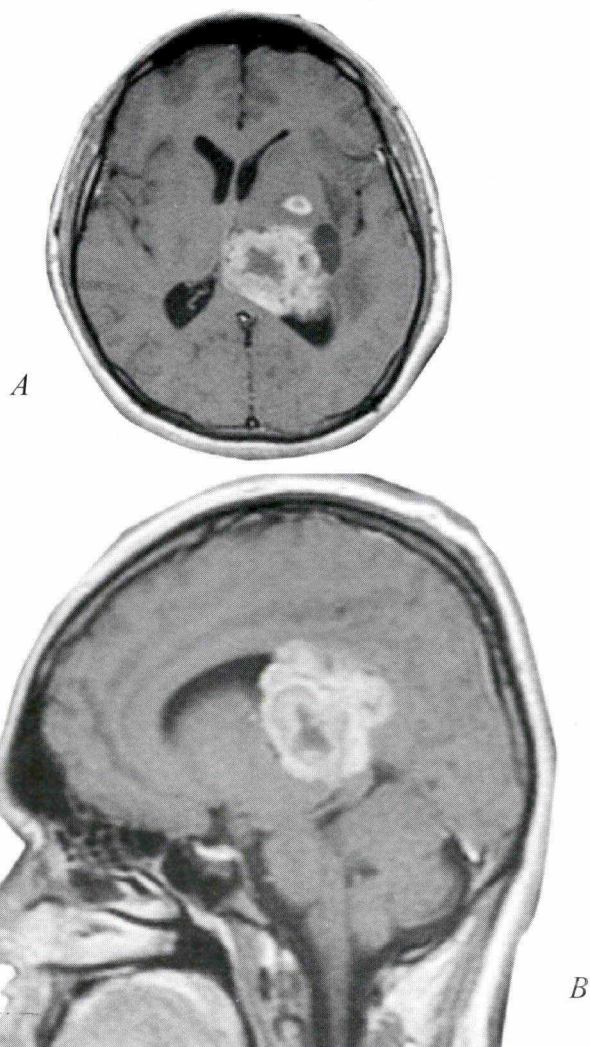
El sistema eferente, del pulvinar, está constituido por las radiaciones que, específicamente, van a la región posterior de cada hemisferio, a las áreas occipitales y de allí a la región parietal y temporal; en última instancia va a las áreas de la sensibilidad del hemisferio derecho, áreas en donde se integran al esquema corporal. Los impulsos auditivos van principalmente al hemisferio izquierdo, donde se integra el lenguaje.

Función.- El pulvinar es el núcleo fundamental para la integración del cuerpo en el espacio y su orientación mediante la audición y visión.

En síntesis, en el hombre, los tálamos tienen la acción principal para el despertar, la alerta y la atención. Para el reconocimiento del espacio y del esquema corporal mediante la audición y la visión y por último el lenguaje, la intelectualización y la planificación para la acción.



Compromiso del Núcleo Talámico Izquierdo



A.- RM coronal ponderada en T1 con contraste B.- RM sagital ponderada en T1, se observa proceso neofornativo en núcleo talámico Izquierdo en relación a glioma del tálamo.

B.- Sistema estriado

I.- Núcleos pallidales: Los comportamientos humanos

La anatomía funcional, de estos núcleos, en relación, con el hombre, que fue vislumbrada por Galeno, se ha ampliado notablemente hasta nuestro días. Así, en 1994, con ocasión del **centenario de Charcot**, se ha revisado el tema sobre sistema estriado y cognición, a cuyas publicaciones seguiremos aquí; el globus pallidus: La auto-activación psíquica, las obsesiones y compulsiones.

Morfología.- Es una notable agrupación celular, en forma de pirámide o lente, de allí su nombre de "núcleo lenticular". Se observa, con toda nitidez, en el corte transversal del cerebro, de Charcot, que pasa por los tubérculos mamilares. En la ontogenia, el pallidum se desarrolla antes que el estriado, por eso se denomina *arqui pallidum* o *arquistriado* al primero y *neo estriado* al segundo.

El Globus Pallidus está dividido en el pallidum externo, en relación con el putamen y el pallidum interno próximo al núcleo accumbens, cuyas células tienen el mismo aspecto.

Hodología.- Las aferencias, al pallidum, vienen del putamen, del núcleo caudado y del núcleo sub. talámico de Luys.

Sus eferencias van a los núcleos ventrales anterior, laterales y al centro mediano del tálamo.

Topoquímica.- La más importante son las corrientes dopaminérgicas que vienen del locus Níger y las glutaminérgicas de la corteza y las gabaérgicas, del neo-estriado.

Función.- Su importancia principal es la auto activación psíquica o auto motivación, que si bien se sospechaba desde el siglo XIX, recién en los últimos 20 años, gracias a los trabajos de Dominique Laplane (1981) se ha precisado esta función en el globus pallidus.

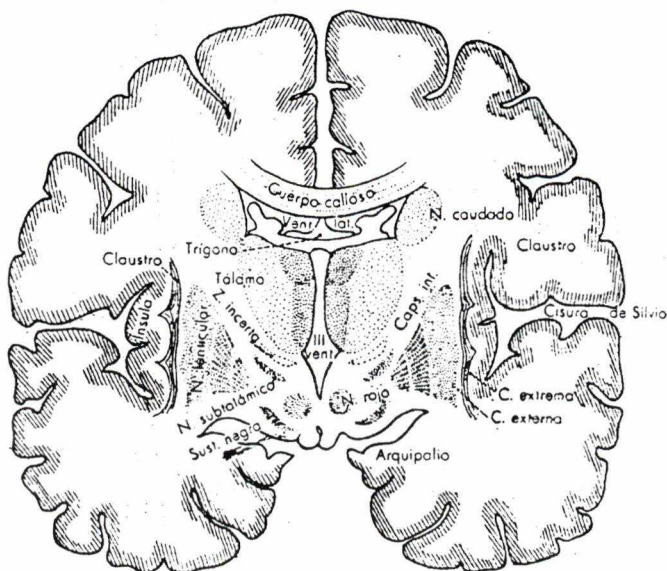
La neuropsicología francesa, después de Laplane, a dado notables aportes a la anatomía funcional del globus pallidum, pues su moderna semiología y las nuevas técnicas de la tomografía por emisión de positrones las han comprobado. Así, cuando se interrumpe en el pallidum, en el circuito fronto-estrio- pallido-talamo-cortical, ocurre la pérdida de la auto-motivación.

El pallido interviene también en los procesos iniciales de los movimientos finos.

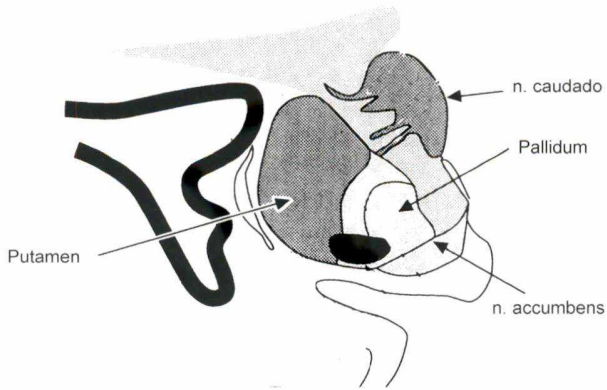
Las alteraciones, en la neurotransmisión, pueden originar actos motores de tipo compulsivo, como los comportamientos obsesivos.

En 1995, dos de nosotros (C. Martinot L. y C. A. Martinot) se publicaron en la revista peruana de Neurología un caso de comportamiento obsesivo-compulsivo, asociado a una lesión corticopontocerebelosa este caso fue estudiado clínicamente y con tomografía axial computarizada, en la cuál se demostró fehacientemente la presencia de una hemiatrofia cerebelosa izquierda, asociada a una atrofia cortical prefrontal derecha, la importancia de esta publicación reside que se demuestra la presencia de un mecanismo físico, demostrable por imágenes, con un trastorno aparentemente puramente psíquico; este reporte revisa la literatura y compra otros casos publicados en el mundo, donde se demuestra que la comunicación a través de los fascículos frontopontocerebelosos que conectan la corteza prefrontal con el cerebelo, haciendo sinapsis en los núcleos del puente, tiene una importancia considerable en el mecanismo de acción y producción de determinados circuitos que pueden retroalimentarse produciendo este comportamiento obsesivo compulsivo.

Fig. 41.- El pallidun, n. accubens



Esquema corte Charcot



de Ch. Duyckaerts y J.J. Hauw (modificado)

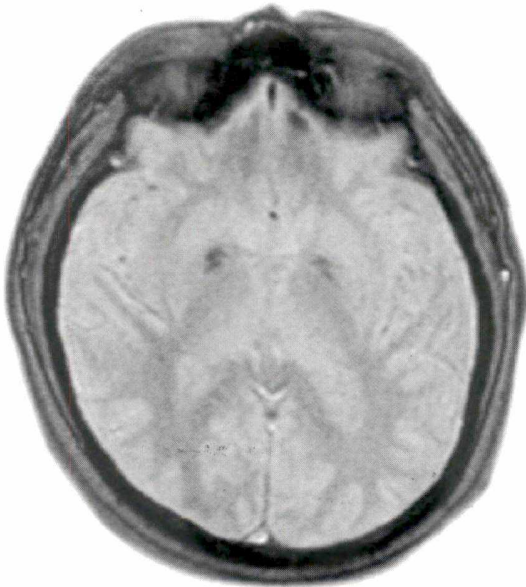


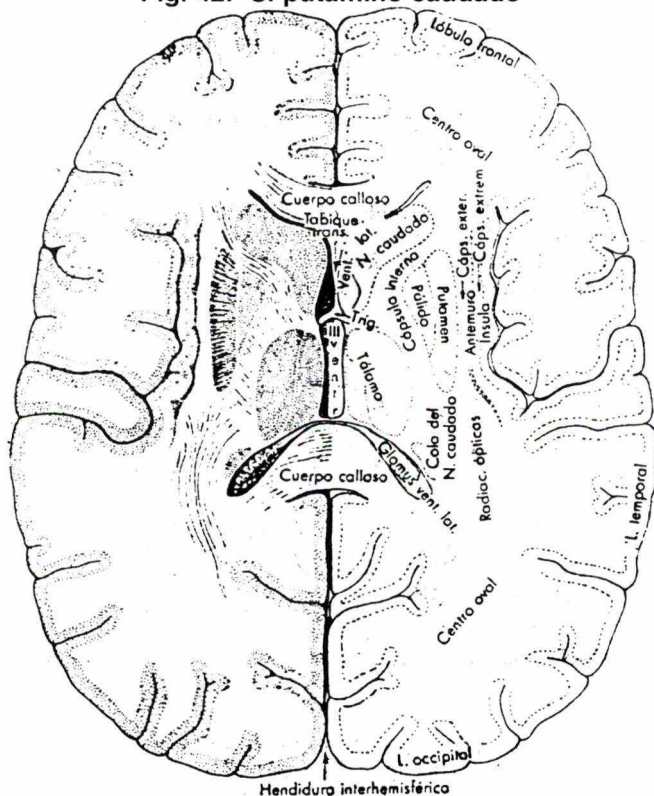
Imagen axial de RM en secuencia GE, la que muestra calcificaciones a nivel de los globos pallidum, en relación a enfermedad de FARH.

II.- Sistema putámino-caudado: El procesamiento de los movimientos

El núcleo caudado y el putamen, parte externa del núcleo lenticular constituyen el neo estriatum. En los cortes del Charcot y de Flechsig, es fácil reconocer su forma, posición y por las estrías, que se observan en fresco, le viene el nombre de "estriado".

Morfología.- El núcleo caudado, a modo de herraje, rodea el tálamo; su "cabeza", en el lóbulo frontal; el "cuerpo" bordea el tálamo y la "cola" se separa

Fig. 42.- S. putamino caudado



Esquema corte de Flechsig

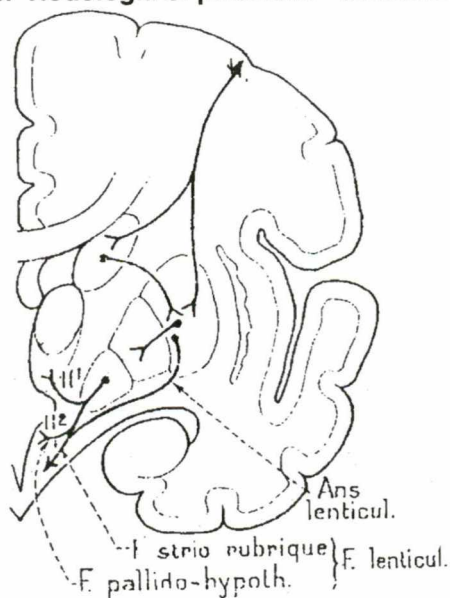
de éste y en el tercio posterior, se arquea y termina en el núcleo amigdalino. El putamen forma la parte externa del núcleo lenticular; esta separado del glolus pallidus por la lámina medular.

Tanto el putamen como el núcleo caudal tienen el mismo origen telecenfálico y ambos comienzan su mielinización durante la gestación y se termina mucho después del parto. En su citología ambos tienen el mismo tipo neuronal, semejantes a la corteza celular; de talla pequeña y mediana, de forma triangular o poligonal, sus cilindro ejes, los más pequeños, constituyen las estrias que juntan el núcleo caudado con el núcleo lenticular y el putamen al glolus pallidus y los más grandes constituyen el fascículo o ansa lenticular.

Hodología.- Los sistemas aferentes vienen en general, de la corteza ella envía axones al putamen y núcleo caudado, excepto de las áreas auditivas y visuales, lo que indica que el neo-estriatum no recibe información directa del mundo exterior y sólo de la corteza, de modo especial, de la corteza asociativa, del área de Broca y de la corteza óculo motora.

En el sistema eferente, el principal, es el ansa lenticular, que parte del estriado continua por el fascículo lenticular del globus pallidus, y terminan en el tálamo; en los núcleo de la sustancia innominado de Reichert, en el núcleo de Meynert; en el cuerpo sub talámico de Luys y en el locus niger.

Fig. 43.- Hodología S. putamino - caudados



Topoquímica.- De la corteza va al neostriatum un sistema glutamérgico córtico-estriatal, para la modulación y la plasticidad.

Existe una corriente gabaérgica, cuyas más altas concentraciones está en el estriatum, tiene acción inhibitoria sobre el pallidum y la pars reticulata del locus Níger.

Las proyecciones gabaérgicas son: Las estrio-nigro-tectales, estrio-nigro-talámicas y estrio-pallido-talámicas; acción reguladora fundamental.

El sistema dopaminérgico nigro-estriado; de la parte compacta del locus níger se dirige al núcleo caudado, al putamen y al globus Pallidus.

En fin, es muy importante, el sistema glutamérgico subtalámico-estriatal, que se origina en el cuerpo de Luys.

Los sistemas dopaminérgicos y serotoninérgicos, van a contra corriente, por las fibras amielínicas del fascículo mediano del telencéfalo, del tronco cerebral, al sistema estriado.

Fue Ives Agid (1975) uno de los primeros en resaltar el circuito anátomo-químicos que comienza en el sistema dopaminérgico nigro-estriatal, seguido del colinérgico Inter estriatal y estrio nígrico y por último, el gabaérgico, estrio nígrico. Desde entonces se señalan diferentes circuitos anátomo-químicos, como el propuesto por G. Percheron y col. (1994).estrio-pálido-talámico, el cortico-estrio-tálamo cortical o el estrio-pallido-límbico.

En resumen el putamen regula principalmente los movimientos voluntarios más simples en tanto que el núcleo caudado, los más complejos. En el hombre su organización es fundamental para el deporte o la danza en los aprendizajes y realización de todos los movimientos finos, como con los instrumentos musicales. Últimamente, las investigaciones parecen mostrar su importancia en el desencadenamiento del apetito.

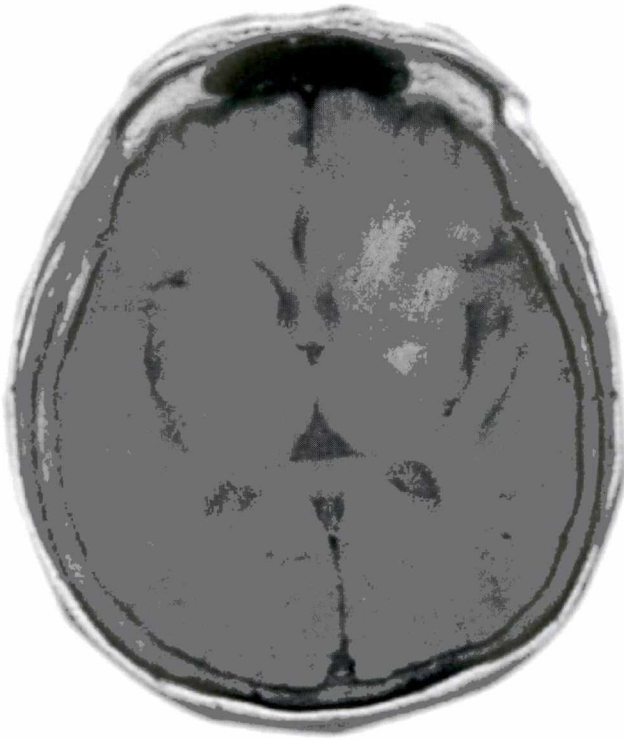


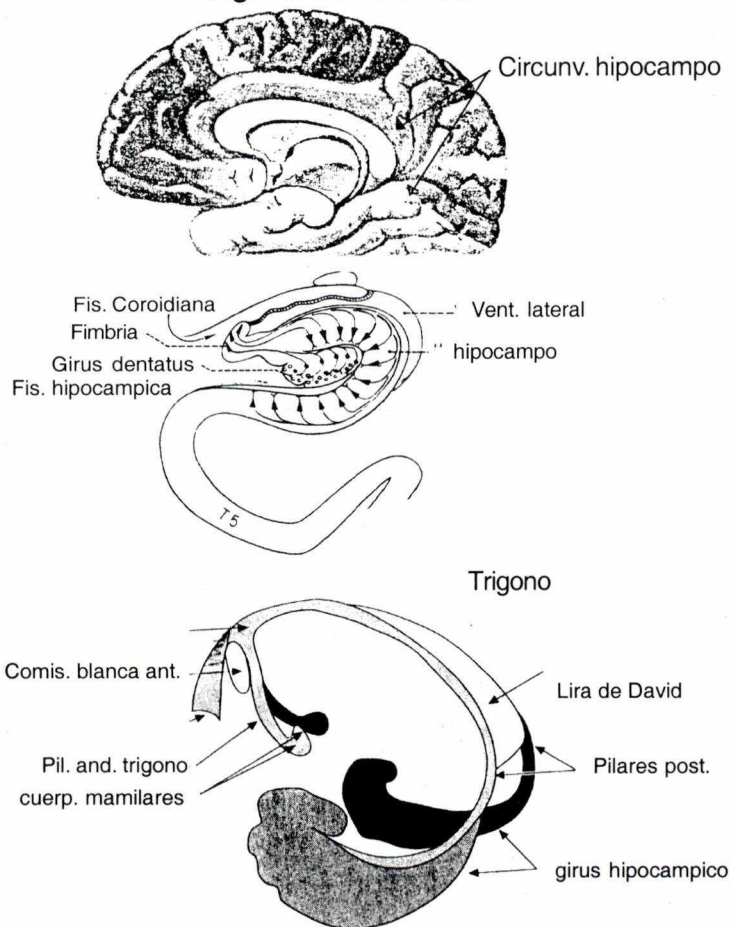
Imagen axial de RM en secuencia SE T1, la que muestra hemorragia a nivel de putamen del núcleo lenticular izquierdo.

VI. El sistema límbico: Los sentimientos, las emociones, memoria

El sistema límbico ha jugado un papel fundamental en los procesos de la hominización, pues mediante él, la reproducción y vida sexual, entre otros, en el hombre, alcanza un comportamiento sublimizado y trascendental.

Morfología.- Las circunvoluciones que lo integran forman un doble anillo cortical

Fig. 44.- Sistema límbico



uno en cada hemisferio, que toman las caras mediales de la circunvolución calloso-marginal y según los casos en la cara inferior de la 5ta temporal.

En otros casos las caras lo constituyen la unión con las caras inferiores de la 5ta temporal, de cada hemisferio y los hipocampos

La circunvolución límbica de Broca es la que corresponde a los anillos de la cara interna e inferior de cada hemisferio. Está constituido por la circunvolución calloso marginal que comienza por delante, rodeando el pico del cuerpo calloso, sigue por la cara superior de este y en el rodete se junta a la 5ta circunvolución temporal, por la cara inferior, hasta el uncus o gancho del hipocampo, que envuelve al núcleo amigdalino. Cada circunvolución de Broca constituye el primer anillo funcional.

A ellos se agregan, en la actualidad, determinadas agrupaciones nucleares como la corteza pre-frontal, el núcleo anterior del tálamo, los núcleos septales y los núcleos accumbens; además los tubérculos mamilares, la habénula y el núcleo interpeduncular, todos ellos participan en circuitos importantes en la cognición y los sentimientos.

En su citoarquitectura, la mayor parte de ésta región esta formada por tres capas neuronales que se les denomina Allocortex (allo=diferente). La 6ta capa se distingue del resto del manto cortical de modo muy notable. Además el uncus del hipocampo, en el hombre, tiene una citoarquitectura especial; está constituida en su mayoría por neuronas piramidales grandes. Otro hecho peculiar, en el uncus es que la sustancia blanca es superficial en tanto que la gris es profunda.

Hodología.- Es muy complicada y difícil de sistematizar, por su amplitud, la señalamos así aquí.

Los sistemas aferentes, están constituidos, en primer lugar, por las fibras del "nervio" olfatorio que al llegar al sistema límbico o rinencéfalo se dividen en dos ramas; una, para el área para-olfatoria por delante del pico del cuerpo calloso y la otra, para el área entorhinal, en el uncus del hipocampo. Este sistema que fue importante para el reconocimiento y la memoria del mundo exterior, mediante la olfacción en los animales, después, en la hominización, quedó relegada cuando la visión tomó el primer lugar.

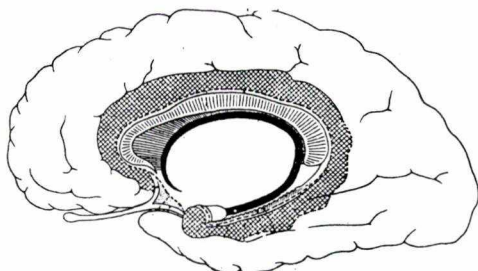
Otras aferencias importantes son las colaterales de la cinta de Reil media, que llevan la sensibilidad propioceptiva al hipocampo, especialmente en las actitudes de reposo, como el sueño o los movimientos articulares intensos, como en el deporte o la danza.

En fin, a través del fornix o trígono cerebral, que es una vía en doble sentido, los impulsos van del núcleo amigdalino a los tubérculos mamilares y a la inversa.

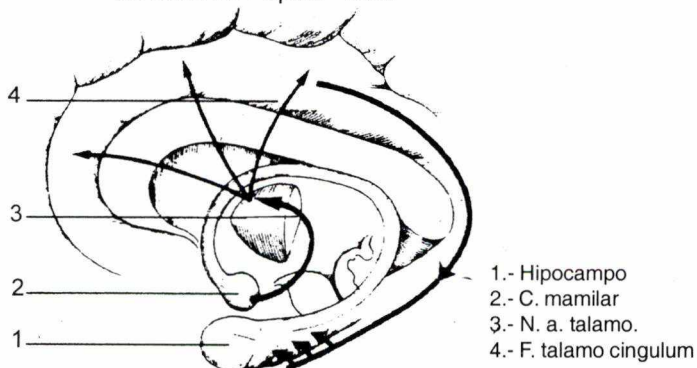
Entre los sistemas eferentes; el más importante es el fascículo mamilotálámico de Vicq d'Azir, que va de los tubérculos mamilares al núcleo anterior del tálamo

Fig. 45.- Cincumvoluciones límbicas

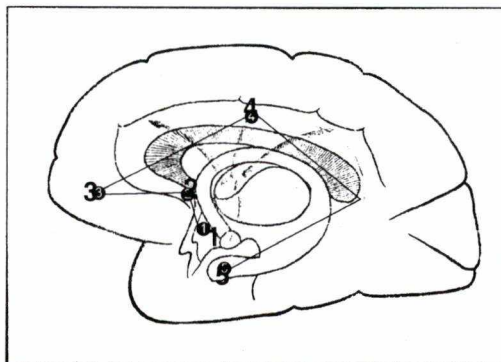
Circuito de Broca - 1884



Circuito de Papez - 1937



Circuito de Olds y Milner - 1954



1.- n. accumbens 2.- n. septales 3.- area pre front. 4.- c. de broca 5.- n. amigdalino

y de allí a la circunvalación límbica formando el circuito de Papez, importante en el afecto y la memoria.

El fascículo mamillo-tegmental de Gudden o mamillo mesencefálico que se dirige al tronco cerebral a los núcleos no segmentarios y también a algunos núcleos, de los pares craneanos.

Topoquímica.- Los neurotransmisores juegan aquí un papel muy importante pues los sistemas, el dopaminérgico, noradrenérgico; histaminérgico, serotoninérgico actúan excitando o regulando el sistema límbico, por su acción en los diferentes circuitos.

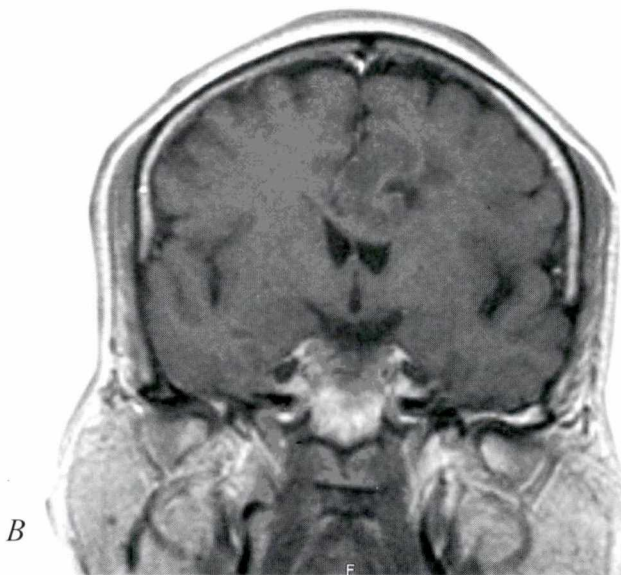
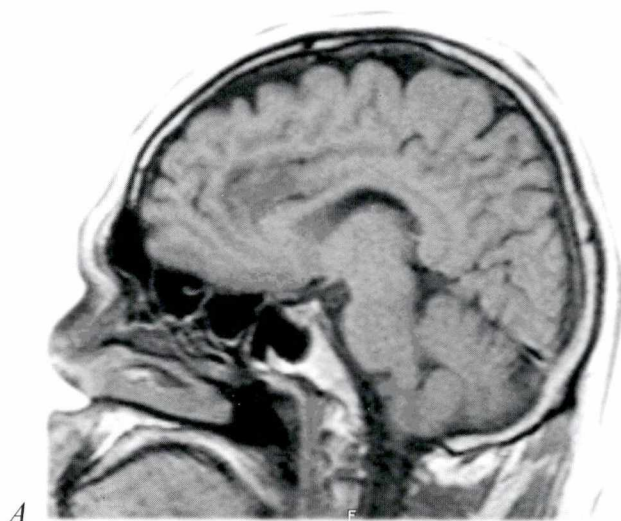
Función.- Su compleja organización funcional se integra en circuitos que los sistematizaremos así:

El gran Circuito Límbico de Broca, (1884).- constituido por la circunvolución calloso-marginal y 5ta circunvolución temporal fue; señalado por Mc Lean (1949), como el circuito dominante para la afectividad, las emociones y la memoria.

El Circuito de Papez (1937).- Mamillo-tálamo-cortical, que comienza en el tubérculo mamilar, los cilindros ejes de sus neuronas se dirigen al núcleo anterior del tálamo y los de éstas, a la circunvalación límbica de Broca, hasta el hipocampo (núcleo amigdaliano) y de allí de nuevo al tubérculo mamilar del mismo lado por el triángulo. Este circuito es fundamental para los sentimientos, la experiencia emotiva y la memoria a largo término.

En fin, el Circuito de Olds y Milner (1954), que se origina en las neuronas dopaminérgicas del núcleo accumbens, sigue a los núcleos septales, de allí al área pre frontal, de nuevo a la circunvalación límbica, al núcleo amigdaliano y de nuevo al núcleo accumbens. Es el circuito del placer, la recompensa y el vicio.

Cada circuito funciona de modo paralelo y su función se altera cuando son interrumpidos los dos, sea en un área simultánea como en la rabia o en áreas diferentes del mismo circuito, como en los accidentes vasculares. Por último, los circuitos se integran, progresivamente por la genética y mediante los aprendizajes; así el de Olds y Milner, que es el último, su función está muy marcada por la genética y la epigenética.



A.- RM sagital en T1 con Gd-DTPA, muestra proceso neoformativo localizado en la región frontal del cingulum izquierdo.

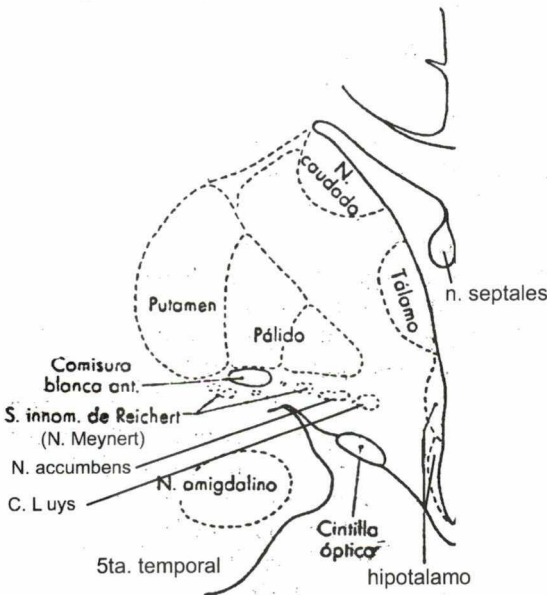
B.- RM coronal en T1 con Gd-DTPA, muestra proceso neoformativo localizado en la lado izquierdo del cingulum.

VII. EL CEREBRO ANTERIOR: La hominización

Se denomina así a una serie de pequeños núcleos, simétricos, descritos por los neuro-anatomistas desde el siglo antepasado y que se dejaron de lado; ahora por la neuroquímica han tomado un lugar preponderante en la neuropsicología y particularmente en la neurología cognitiva.

Se observan en los cortes frontales del cerebro, por delante del corte de los tubérculos mamilares y están situados entre el espacio perforado anterior y la comisura blanca anterior, de cada hemisferio.

Fig. 46.- Esquema cerebro anterior



Núcleo septales **(D.J. Andy y H. Stephan – 1968).-**

Estas agrupaciones neuronales se encuentran por delante del septum pellucidum, a cada lado y por debajo del pico del cuerpo calloso; por delante de y por encima de la comisura blanca anterior. Están separadas, a su vez, del polo anterior de los ventrículos laterales por tejido ependimario.

Hodología.- Su sistema aferente, viene principalmente del núcleo amigdalino a través del trigono.

Su sistema eferente, lo constituyen los cilindros ejes de sus neuronas, de forma triangular, que originan una corriente colinérgica, que va al hipocampo a contra corriente, por el trigono.

Función.- Está en relación con la orientación temporo espacial. Tienen también

un papel importante en la memoria reciente y en los estados afectivos de placer o displacer. En fin están en relación con los comportamientos sexuales. Es un segmento importante en el circuito de Olds y Milner y por ello, en relación con el vicio y la creatividad según la genética.

Núcleo sub talámico o cuerpo de Luys (1828-1897).- _Es un núcleo que alcanza un notable desarrollo en el hombre; de forma lenticular entre el pallidum y el locus Níger, por debajo del tálamo y encima y detrás de los tubérculos mamilares.

Hodología.- Sus principales aferencias, vienen del pallidum por el sistema pallido-sub talámico y sus eferencias van a la pars reticulata del locus Níger, al globus pallidus y al putamen.

Función.- En la regulación del tono muscular, particularmente de los miembros superiores.

Núcleo accumbens (Winkler 1906).- Por la disposición "desparramada" de sus neuronas en el hombre, es difícil su demarcación. Se encuentra por delante y debajo del pallidum, al que semejan sus neuronas y por ello, algunos anatomistas lo consideran una porción de éste..

Hodología.- Su principal aferencia viene del hipocampo, por el trígono. Sus eferencias, van por la comisura blanca anterior, al núcleo septal y al núcleo accumbens del lado opuesto. Es un núcleo intermedio entre el sistema límbico y pallidum y forma parte del circuito de Olds y Milner.

Topoquímica.- recibe y libera dopamina.

Función.- esta en relación con los comportamientos y particularmente con las sensaciones de placer y displacer.

Sustancia innominada de Reichert: Núcleo de Meynert.- Por debajo de la comisura blanca anterior y del globus pallidus, Reichert describió grupos neurales a los que denominó sustancia innominada Th. Meynert (1832-1892) precisó en la región, un núcleo, que lleva su nombre.

Topoquímica.- Es un núcleo muy importante, pues sus neuronas producen acetil-colina que se libera en toda la corteza cerebral y el hipocampo.

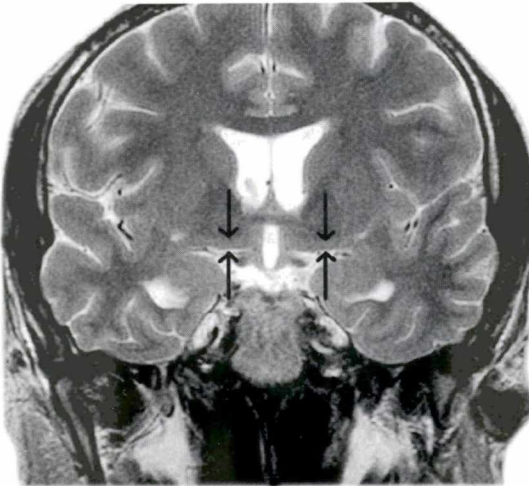
Función.- Esta en relación con la memoria y los aprendizajes, las funciones intelectuales y el comportamiento.

Así, esta pequeña área del cerebro reúne grupos neuronales de notable importancia para los comportamientos teleológicos del hombre, como el altruismo (J.C. Eccles–1988) o para el vicio (S.P. Tassin–2002) o la creación.

A



B



A.- RM sagital en T2: línea que cruza el área de la sustancia innominada.

B.- RM coronal en T2: las flechas indican el área de la sustancia innominada bilateral.

VIII NEOENCEFALO: La cognición

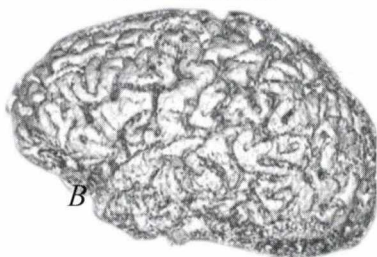
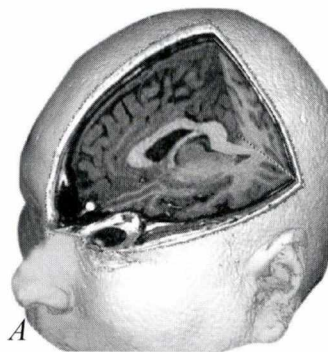
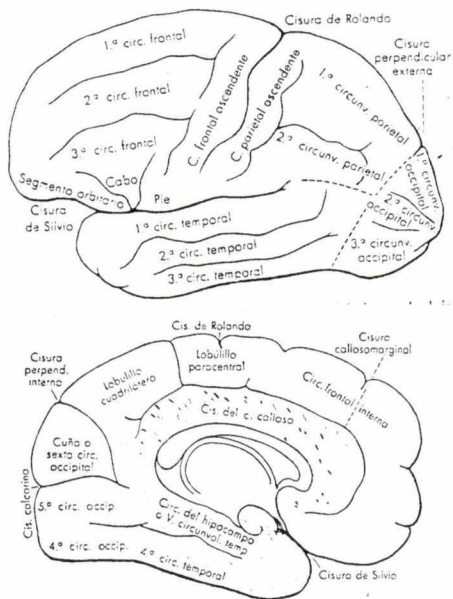
Desde el punto de vista ontogenético, citogenético y funcional corresponden al neocórfalo los hemisferios cerebrales, excepto los núcleos opto-estriados.

En el neopallium se reconocen el rinencéfalo o arquipallium, que corresponde al sistema límbico y que determina las relaciones del ser con el mundo interior y el neopallium propiamente dicho, que determina la relación del ser con el mundo exterior.

La telencefalización, en la hominización comienza en el embrión de 9 milímetros desde los 35 días, sigue un rápido desarrollo, con la girencefalia, hasta el nacimiento y con la mielinización y la organización dendrítica cortical, continúa hasta la juventud.

MORFOLOGIA.- En la macroscopía, los primeros que se diferencian son los hemisferios cerebrales, después como consecuencia de la operculización, aparecen las cisuras, primero la de Silvio y después la de Rolando, con los surcos y circunvoluciones.

Fig. 47.- Surcos y circunvoluciones



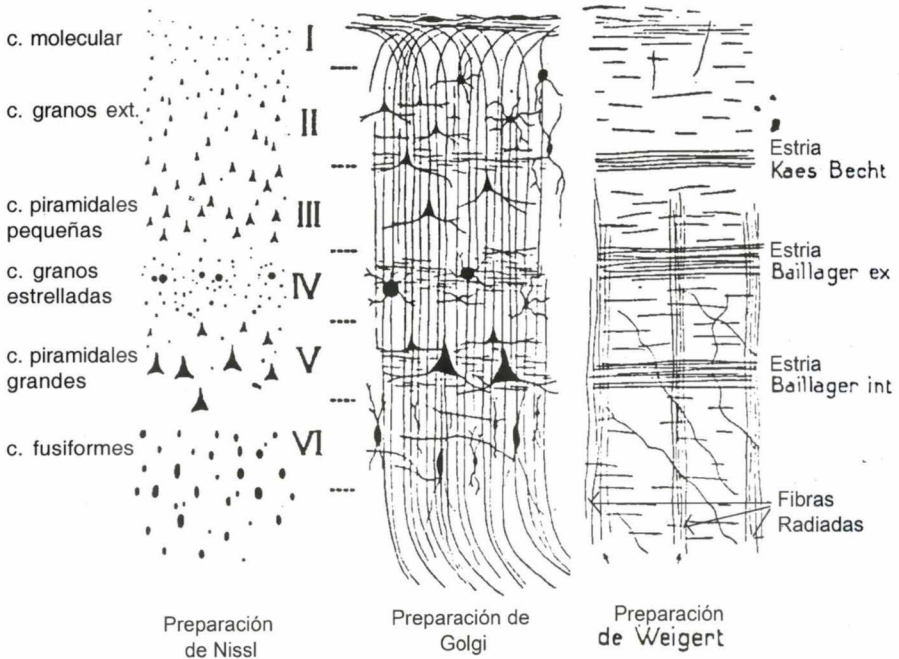
A.- Imagen de reconstrucción 3-D de la cara interna del cerebro.

B.- Imagen de reconstrucción 3-D de la cara lateral del encéfalo.

Citología: El manto cortical.- Willian James (1884) refiriéndose a la corteza, decía que el "espíritu" es el conjunto de funciones de relación. Siguiendo ese concepto se han ocupado de la corteza los neuroanatomistas más notables y la obra más reconocida, entre ellas, es "La corteza cerebral" de Gerhardt V. Bonin (1948).

La Citoarquitectura de la corteza cerebral, está constituida por neuronas de diferentes tallas y formas que se describen en 6 capas.

Fig. 48.- Citoarquitectura del neocortex



Capas del Neocortex.- Se describen 6 capas en general.

I.- Capa molecular- Constituido por células pequeñas, piriformes, en poca cantidad engarzadas en notables redes de dendritas y de terminales de cilindros ejes. Esta capa, pobre en neuronas, es muy rica en "plexos" dendríticos, especialmente de las capas II, III y V y los cilindros ejes tipo Golgi I; de diferentes áreas corticales.

Esta capa asegura las conexiones inter e intra hemisféricas.

II.- Capa de los granos.- A diferencia de la anterior está muy poblada de células más grandes, de forma triangular y redonda. Sus dendritas enriquecen los plexos de la capa I y sus cilindros ejes forman los haces de asociaciones corticales.

Esta capa recibe, las informaciones de otras áreas corticales.

III.- Capa células piramidales pequeñas.- Se mezcla con la anterior pero es fácilmente reconocible por sus células piramidales. Se la encuentra en casi toda la corteza. Las dendritas de grandes recorridos horizontales, forman las llamadas "estrias corticales" de Kaes-Bechterew y sus cilindros ejes constituyen las conexiones intercorticales.

Su función, es enviar mensajes a otras áreas.

IV.- Capa de células estrelladas o granular interna.- Constituida por pequeñas células redondas o poliformes en gran cantidad. Aquí las dendritas forman notables redes de asociación, es la estría externa de Baillarger. Esta es la capa más variable de la corteza y en donde no existe, se denomina "corteza agranular" A ella llegan las proyecciones talámicas, principalmente.

Su función es recibir las informaciones del mundo exterior y del propio cuerpo

V.- Capa de grandes células piramidales.- Fácilmente reconocible por las grandes células piramidales de Betz. Sus dendritas hacen sinapsis con las de todas las capas especialmente, con la IV, en la que forma parte de la "estria externa de Baillarger" y también con la "estria interna de Baillarger". Sus axones forman el haz geniculado, y el haz piramidal y van a los núcleos somato motores del tronco cerebral y de la médula.

Es la que regula los movimientos.

VI.- Capa de células fusiformes.- Orientada en sentido transversal y en relación con la sustancia blanca de la que, en algunas regiones, es difícil de separar. Sus dendritas van hasta la primera capa y sus cilindros ejes forman principalmente las comisuras interhemisféricas.

Las más características son las neuronas piramidales de la V capa, cuyas dendritas van hasta la primera capa, formando los módulos y los "campos dendríticos" y sus axones, los de tipo Golgi I, alcanzan hasta un metro de largo, como las del haz piramidal.

Los cilindros ejes mielinicos de estas células sólo en sus terminaciones originan numerosas ramificaciones para las sinapsis, pero no en su trayecto; estos cilindros ejes constituyen los haces descendentes.

Siguen en importancia las neuronas estrelladas, capa IV; son generalmente receptoras, también de gran tamaño; sus dendritas forman los "campos dendríticos" mediante las estrias de Baillarger y sus "cilindros ejes", tipo Golgi II, no salen del encéfalo.

Las células fusiformes o triangulares ocupan la VI capa, sus dendritas van a la primera capa o molecular y sus cilindros ejes van a los núcleos estriados y al otro hemisferio, formando las comisuras.

Las neuronas pequeñas denominadas "granos" se encuentran, especialmente, en la 1ra capa "molecular", que es la más externa y en general sus neuronas son de tipo Golgi II. Estas neuronas están dispuestas en capas, que varían, según la región.

Este análisis permite comprender los módulos corticales y las redes neuronales

Estrias.- Mediante las coloraciones, especiales como las de Weigert, entre las capas neuronales se describen fibras dendríticas a modo de cintas, son las "estrias" y las más notables son:

La estria de Kaes - Bechterew, formada por los sistemas dendríticos de la tercera capa. Las de Baillarger externa, que relaciona la cuarta capa y la Baillarger interna las dendritas de la quinta capa.

Hodología.- La ambición de los neuroanatomistas es poder mostrar todas las relaciones sinápticas y las proyecciones corticales, pero aún estamos lejos de ello (Eccles – 1994). Sin embargo, en la última década la imaginología ha precisado los "módulos funcionales" y "redes dendríticas" asociadas a la neurotransmisión.

Aquí estudiaremos:

Las Comisuras

Comisuras intrahemisféricas.- Aseguran el funcionamiento, en conjunto, de cada hemisferio cerebral, relacionando con el proceso de la hominización, las áreas más antiguas, como el área límbica; con las más modernas, como con el área frontal son:

Las fibras arqueadas.- Reúnen las circunvoluciones vecinas entre ellas. Son fundamentales para la plasticidad neuronal.

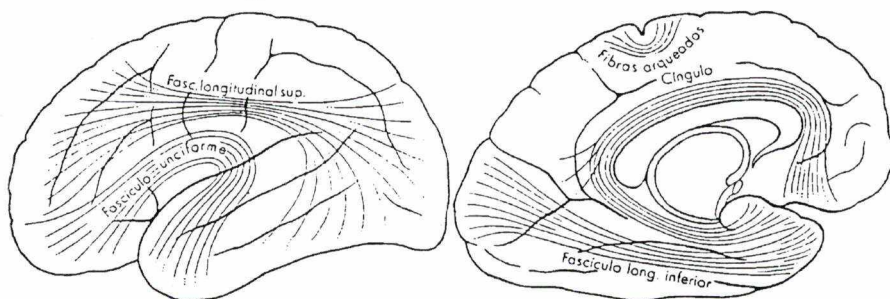
El fascículo longitudinal superior.- Notable haz de fibras mielínicas que une el lóbulo occipital con el lóbulo frontal. Importante para la concepción intelectual de la imagen.

El fascículo longitudinal inferior.- Reúne el lóbulo occipital con el hipocampo y en general con el lóbulo temporal. Importante para el recuerdo y el contenido afectivo o emocional de la imagen.

El cingulum.- Reúne el hipocampo y el área temporal con el lóbulo pre-frontal. Regula el sentimiento y la reacción emocional.

El fascículo uncinado: Reúne el área pre - frontal con el hipocampo y el lóbulo temporal, importante para el recuerdo, la emoción y la intelectualización auditiva, como la música.

Fig. 48.- comisuras intrahemisféricas



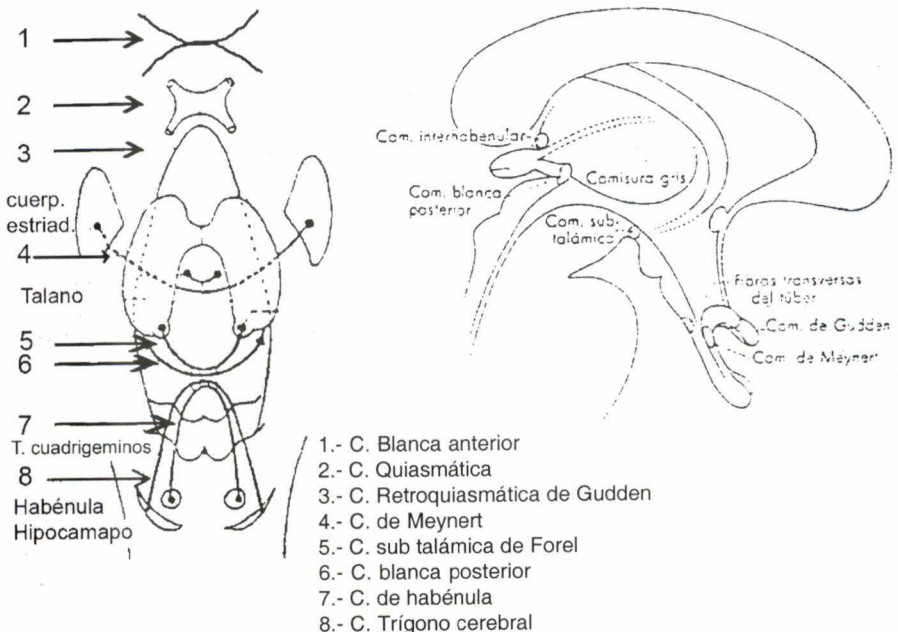
Comisuras interhemisféricas.- Son las más importantes, aquí señalamos:

- 1.- **La comisura blanca anterior.-** Por delante de la lamina terminal y debajo del pico del cuerpo calloso, del que deriva embriológicamente. Las fibras de concavidad anterior, unen los bulbos olfatorios y las de concavidad posterior, los hipocampos
- 2.- **Comisura quiasmática.-** Por el quiasma óptico pasan las fibras del campo nasal de la retina de un lado, al cuerpo geniculado lateral o externo, del lado opuesto.
Asegura la visión de los campos temporales del espacio.
- 3.- **Comisura retroquiasmática, de Gudden.-** Pasa por la cara posterior del quiasma. Relaciona los cuerpos geniculados internos y probablemente también los tubérculos cuadrigéminos posteriores de ambos lados después de un largo recorrido. Es una comisura importante para la audición.
- 4.- **Comisura de Meynert.-** Las fibras de esta comisura pasan por la pared ventral del tallo pituitario y reúne la sustancia innominada de Reicher.

De cada lado y especialmente los núcleos de Meynert. Importante en los comportamientos inteligentes.

- 5.- **Comisura sub talámica posterior, de Forel.**- Por detrás de los tubérculos mamilares. Reúne las regiones sub. tálamicas, entre ellas los cuerpos de Luys. Su función es importante para la coordinación motriz fina, particularmente de los miembros superiores.
- 6.- **Comisura blanca posterior.**- Por detrás del aqueducto de Silvio y del III ventrículo. Es una comisura muy importante pues une los locus niger y los núcleos rojos de cada lado; los núcleos del III par, los tubérculos cuadrigéminos anteriores, los cuerpos geniculados externos, y el pulvinar de un lado con los del lado opuesto. Su función es muy importante para la percepción visual.
- 7.- **Comisura de la habénula:** Juntan los dos cuerpos de la habénula. Su función esta en relación probablemente, con el sueño.

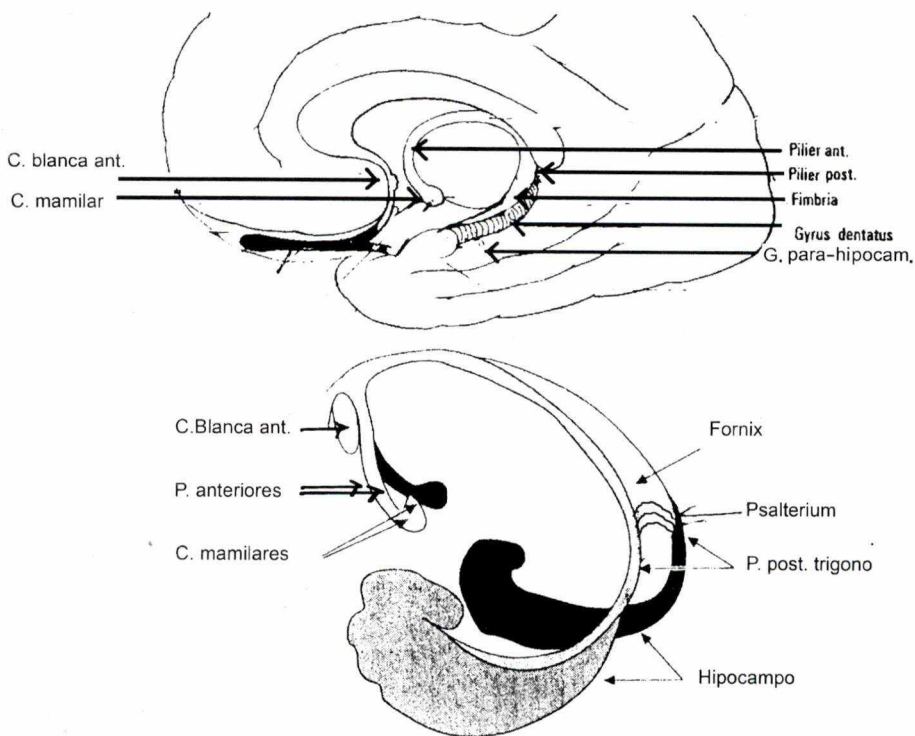
Fig. 49 Comisuras Interhemisféricas



El trígono cerebral o fornix.- Son los haces constituidos por los cilindro-
ejes de las grandes células piramidales del hipocampo. En su comienzo el
hipocampo, de un lado, se comunica con el del lado opuesto por las fibras
transversales del "Psalterium" o "Lira de David" del trígono.

La mayor parte de cilindros ejes, que se originan en las células del hipocampo
constituyen primero la fimbria, después los pilares posteriores; estos se juntan
debajo del cuerpo caloso; formando el cuerpo del trígono. En el polo anterior
del tálamo se separan del cuerpo caloso, bordean el tálamo y terminan en los
tubérculos mamilares. De éstos, parten dos corrientes; las que van al tálamo,
por el fascículo mamilo-talámico y la que va al hipotálamo y al tronco cerebral,
por el fascículo de Gudden.

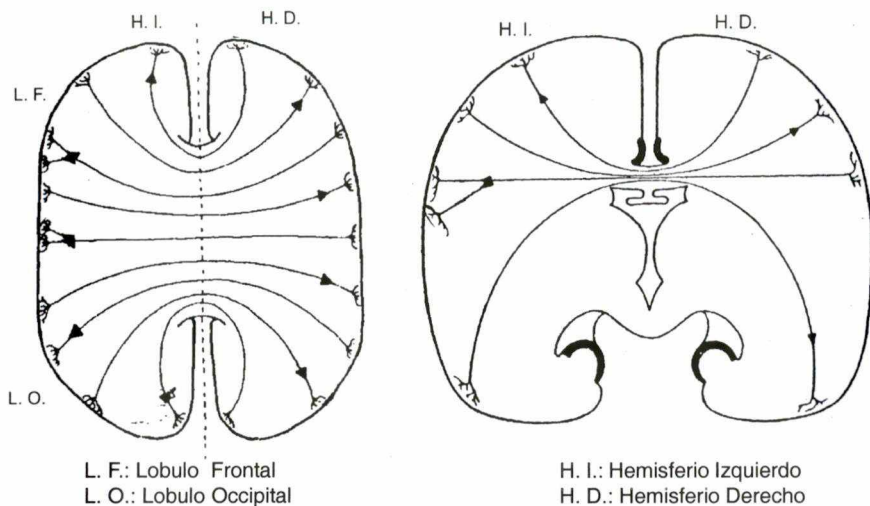
Fig. 50 Trígono Cerebral



El cuerpo caloso.- Es la principal y la más voluminosa de las comisuras,
reúne todo el manto cortical de un lado con el del lado opuesto. Por el "pico"
pasan las fibras de los lóbulos pre-frontales; por el "cuerpo", los frontales y

parietales y por el "rodete" se juntan los lóbulos temporales y occipitales. Es la comisura que permite la inspiración, la creación, en fin hace conciente lo inconsciente; a esta organización funcional la llamó Jean Cambier (1997) "dialéctica de los hemisferios cerebrales"

Fig. 51 Cuerpo Calloso

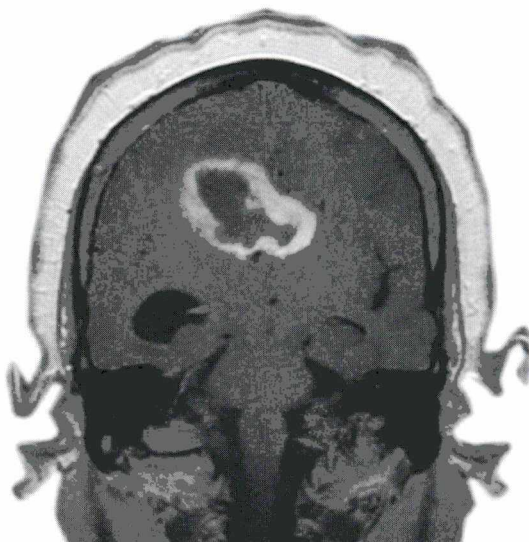


Sistemas Aferentes y Eferentes.- Los sistemas aferentes corticales casi todos pasan por el tálamo, excepto la corriente del olfatorio y de los neurotransmisores.

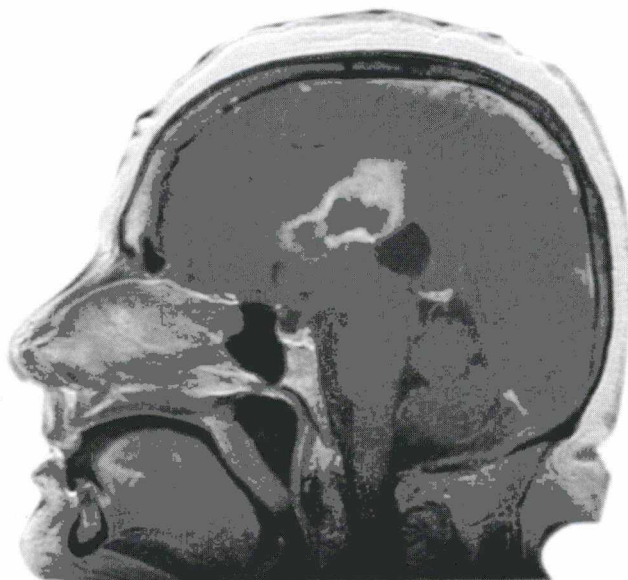
Los Sistemas Eferentes corticales son los haces córtico-estriados y los haces piramidales y geniculados; para el sistema estriado y para los núcleos somatomotores del tronco cerebral y de la médula.

Todos los textos de neuroanatomía ofrecen una amplia información sobre estos sistemas.

A



B



(A) imagen de RM, en corte coronal T1 con gadolinio (B) imagen de RM, en corte sagital T1 con gadolinio que muestra proceso neofornativo a nivel del cuerpo calloso que involucra al trigono cerebral.

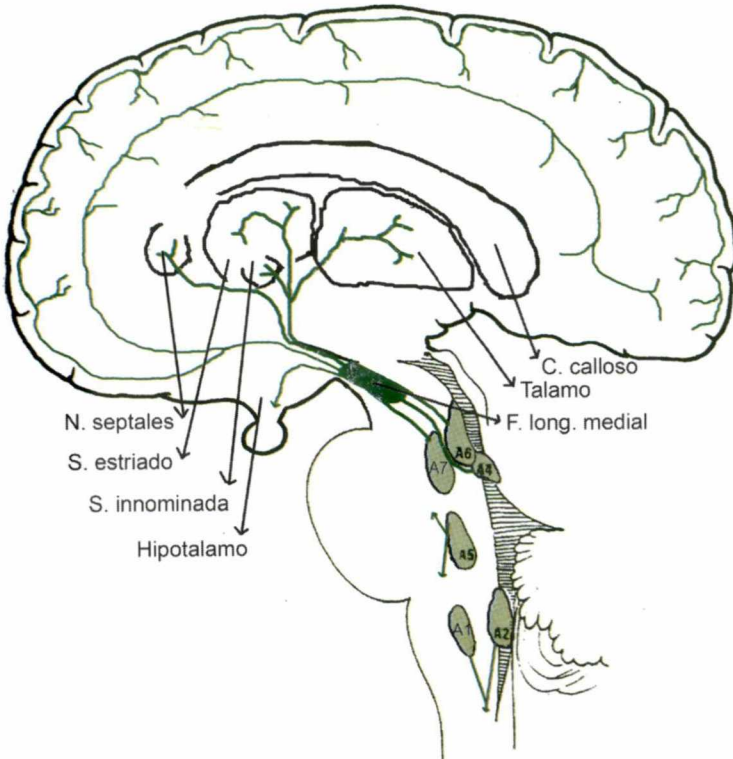
Topoquímica

Es el capítulo más importante en la neuroanatomía cognitiva, aunque a penas estamos comprendiendo su función.

Los principales neurotransmisores aferentes, van por fibras, generalmente amielínicos, mediante el fascículo longitudinal medial o bandeleta longitudinal posterior y no hacen sinapsis en el tálamo. Aquí sólo mencionaremos:

La nor adrenalina.- Las neuronas nor adrenérgicas están principalmente en el locus coeruleus y en los núcleos del tegmento bulbar; envían sus cilindros ejes a toda la corteza cerebral, a los núcleos septales, a la sustancia innominada, (n. de Meynert), a los núcleos estriados, al tálamo, hipotálamo y al hipocampo.

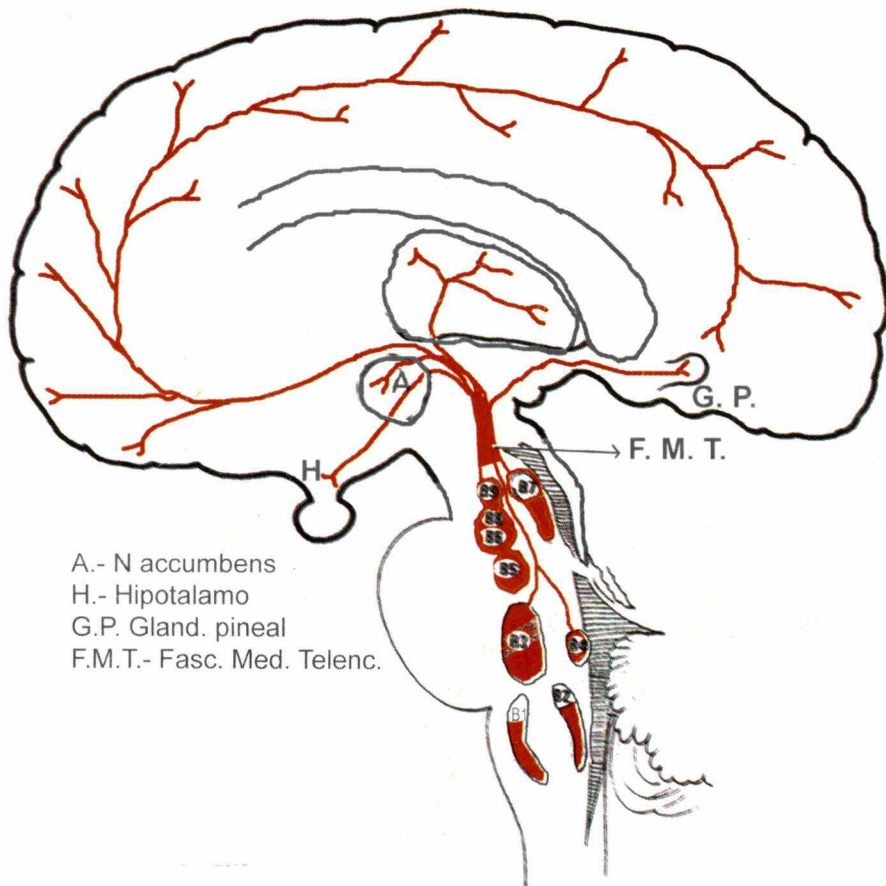
**Fig. 52 S. Nor adrenergico: (locus coeruleus)
A1 - A7 Dahlstron y Fuxe (no A3)**



Las neuronas nor adrenergicas del tegmento bulbar envían sus cilindros ejes a los núcleos motores de los pares craneanos.

La serotonina.- La corriente toma su origen principalmente en los núcleos del raphe, de allí se dirige también a toda la corteza cerebral. Otro contingente va al tálamo, al núcleo accumbens, al hipocampo y al hipotálamo. Otra, además, al tronco cerebral y al cerebelo y glándula pineal.

Fig. 53 Sistema serotoninérgico (N del Raphe): B1-B9 Dahlstron y Fuxe

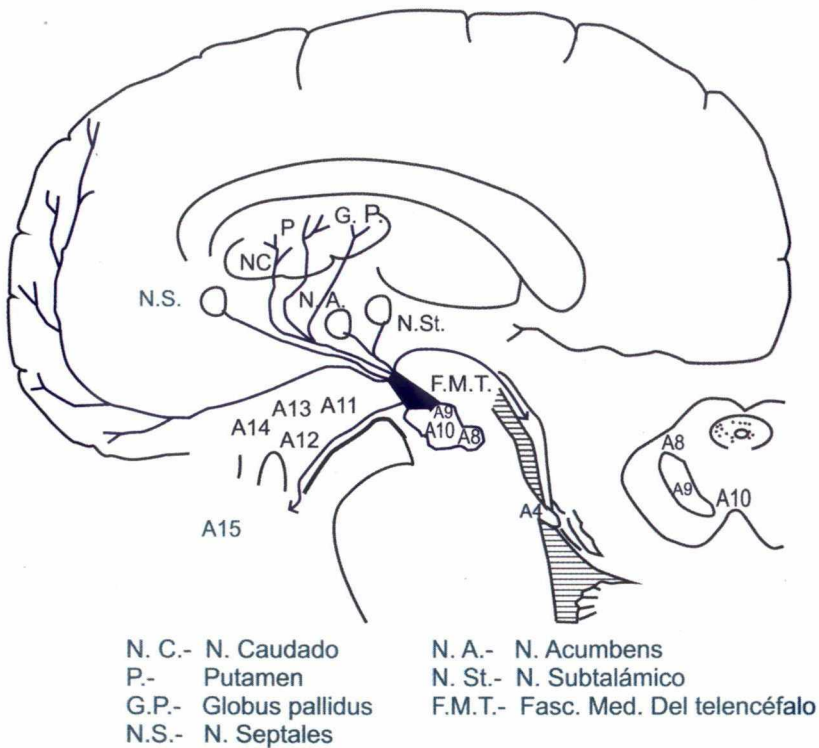


La dopamina.- Las neuronas dopaminérgicas se encuentran, principalmente en el locus niger y en el área pre tectal; envían sus cilindros ejes segun algunos autores por el sistema hipotalámico y por el sistema mesodiencefálico; este último constaría también de dos sistemas: el nigro estriado y el meso-cortico-

limbico. El nigro-estriado se dirige al núcleo caudado, al putamen y al globus pallidus, además, al núcleo acumbens y al núcleo subtalámico.

El sistema meso-cortico-límbico va a los tubérculos cuadrigéminos, a los núcleos septales a la corteza anterior.

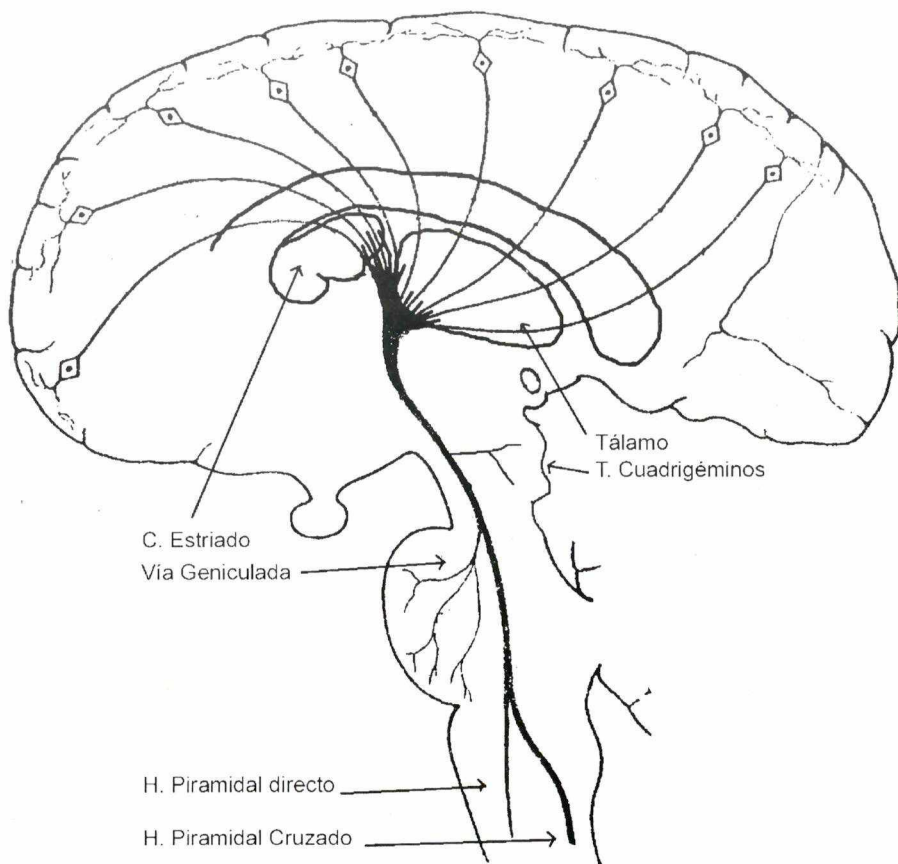
Fig. 54 Sistema dopaminérgico A8 - A15 (Locus Niger)



Glutamato.- A la inversa, las neuronas glutamatergicas están en toda la corteza cerebral y envían sus cilindros ejes al tálamo, a los núcleos estriados y a núcleos somatomotores del tronco cerebral y de la médula.

Es el principal sistema para la plasticidad neuronal.

Fig. 55 Sistema glutamatergico



La acetil colina.- Las neuronas localizadas en los núcleos de Meynert, pre óptico, y del septum generan la acetil colina que, por sus cilindros ejes, van al encéfalo y hacen sinapsis con las dendritas de la corteza cerebral y del hipocampo.

Neurotrasmisores Inhibidores

Glicina y Acido Gama Amino Butírico(gaba).- La glicina es el neurotrasmisor imhibidor fundamental en el S.N.C. Se integra en circuitos con otros neurotrasmisores en todo el encéfalo, mediante las células de Renshaw y las células gliales.

Fig. 56 A Sistema glicinérgico

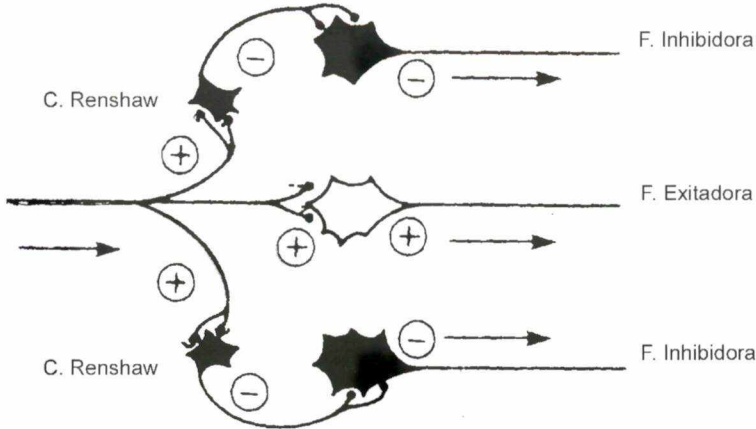
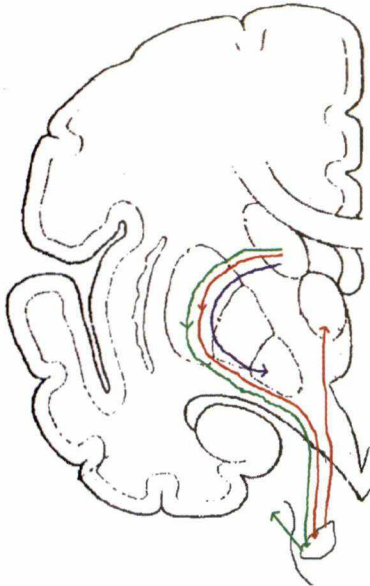


Fig. 57 Sistema gabaérgico



El gaba, es otro neurotrasmisor inhibidor notable que actúa particularmente en los circuitos estriados, para el movimiento voluntario y, en el tronco cerebral, para los movimientos oculares.

- Estrión nigro-tectal
- Estrión nigro-talámico
- Estrión pálido-talámico

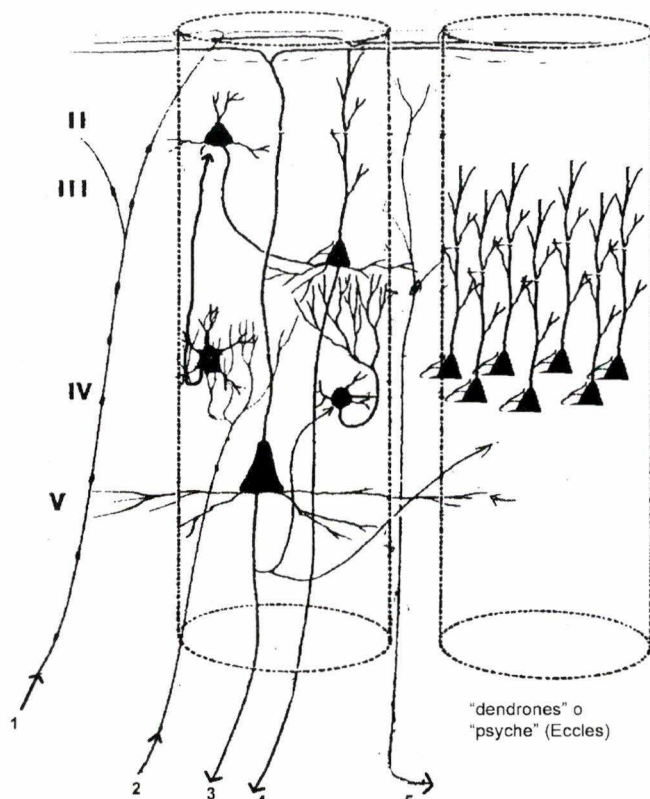
FUNCION

En cuanto a la función del neocórtex se reconocen en primer lugar, los "módulos o minicolumnas" y las "redes dendríticas".

Módulos o minicolumnas.- Estudiados por Vernon Mountcastle desde 1978 en la corteza cerebral y por Janos Szentagothai en 1983 y particularmente en el tronco cerebral.

En la neuroanatomía la minicolumna es la unidad básica funcional organizada en cadenas verticales que van desde la segunda hasta la sexta capa cortical.

Fig. 58 Módulos Funcionales



"dendrones" o
"psyche" (Eccles)

- 1.- Aferencias aminérgicas del tronco cerebral
- 2.- Aferencias talámicas
- 3.- Aferencias piramidales
- 4.- Aferencias cortico - corticales ipsi y contra laterales
- 5.- Aferencias glutamérgicas

Estas redes no se limitan a la respuesta de una célula, sino que, un sólo cilindro eje modifica varias neuronas, de modo que las redes neuronales, varían o modifican las respuestas de las columnas modulares.

Las redes funcionales de Mesulam son las que se integran en sitios claves a los que el autor denominan "epicentros".

Así un epicentro es una región del cerebro capaz de tratar las informaciones originadas en todas las modalidades sensoriales indispensables para una reacción cognitiva precisa. La lesión de este epicentro altera gravemente la función como los epicentros de Broca o de Wernicke para el lenguaje.

Sin embargo la unión de estas redes es muy frágil y su delimitación e integración se amplía con la edad y la epigénesis. Por ello la plasticidad neuronal es notable en la infancia, pero deleznable con la vejez.

En resumen la función armoniosa de módulos y redes permiten los aprendizajes, la memoria, el sentimiento, la emoción y la creatividad.

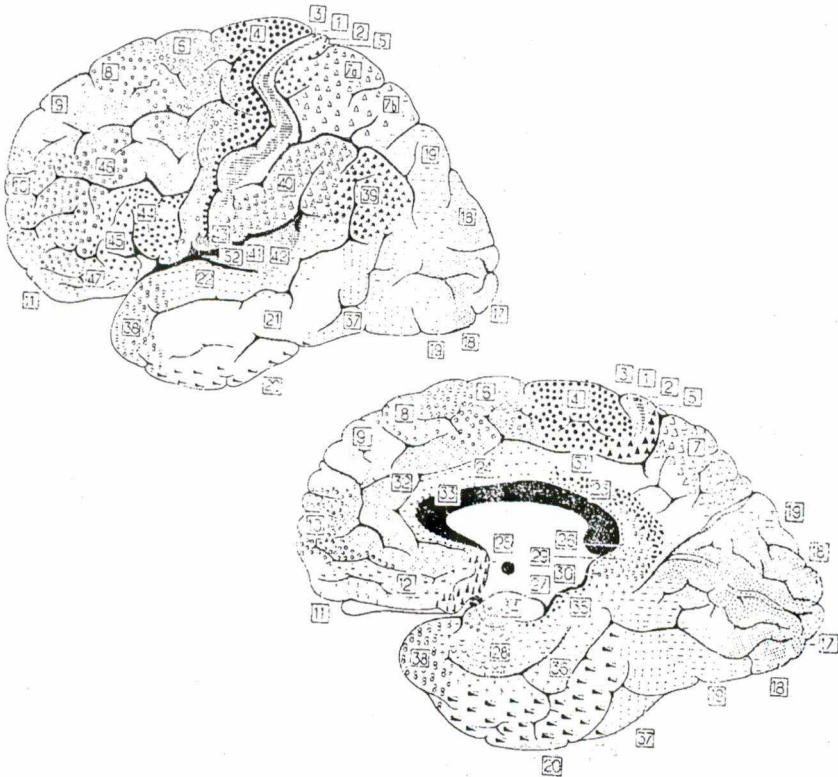
LAS LOCALIZACIONES CORTICALES FUNCIONALES

Teodoro Meynert, en 1870 divide las circunvoluciones cerebrales en motoras, anteriores y sensoriales, posteriores. Paul Flechsig, en 1876, avanza en la división de la corteza en áreas de proyección motriz, sensorial, áreas de cognición y asociación.

El paso fundamental para la función cognitiva le corresponde a Paul Broca, cuando en 1878 describe el área motora de lenguaje en la tercera circunvolución frontal. Después Jules Dejerine en 1901, en su "anatomía de la corteza y de los centros nerviosos" señala las principales funciones corticales como las conocemos actualmente.

Los trabajos de Walter Campbell, 1905 y de Eliot Smith, 1907 dieron origen a numerosas publicaciones. Por entonces Korbinian Brodmann, 1909 esboza un esquema funcional de la corteza cerebral, que se usa todavía.

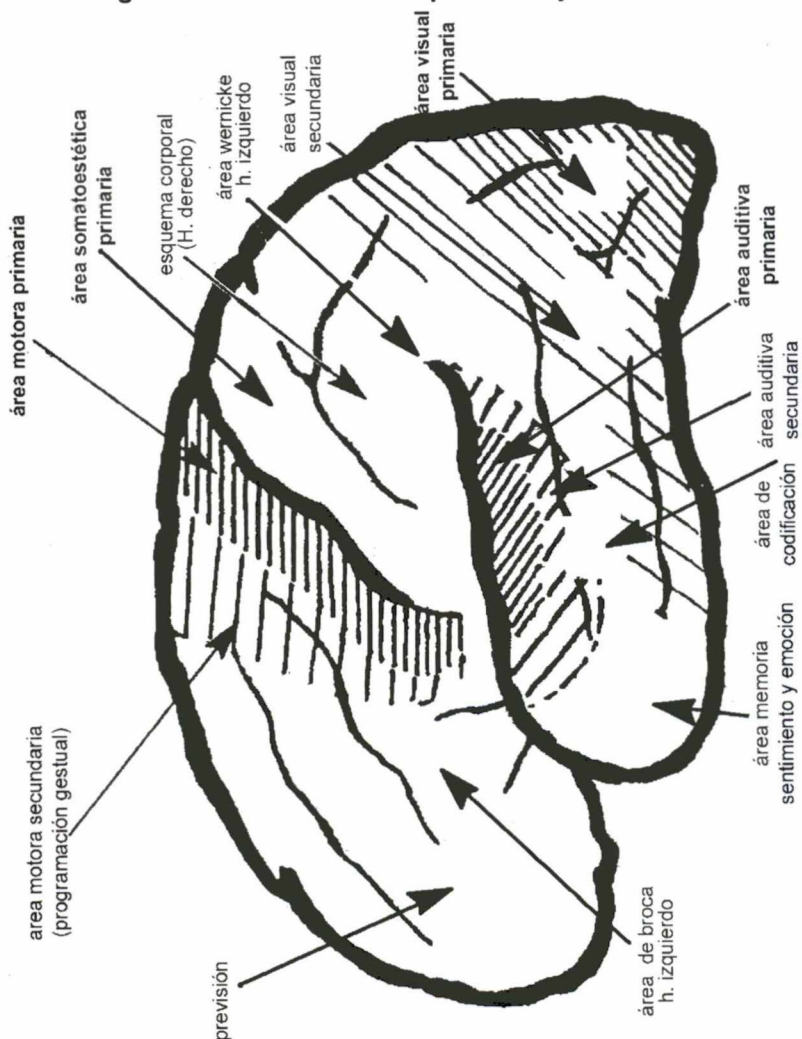
Fig. 60 Áreas de Brodmann



Finalmente Gerhardt Von Bonin, en su ensayo sobre: "la corteza cerebral" en 1948 hace un resumen sobre el tema.

Todas estas estas investigaciones han dado lugar a una nueva concepción de áreas principales y secundarias para las principales funciones cerebrales como nos señala Raymond Houdart en 1902 a quien, seguimos de cerca en este punto.

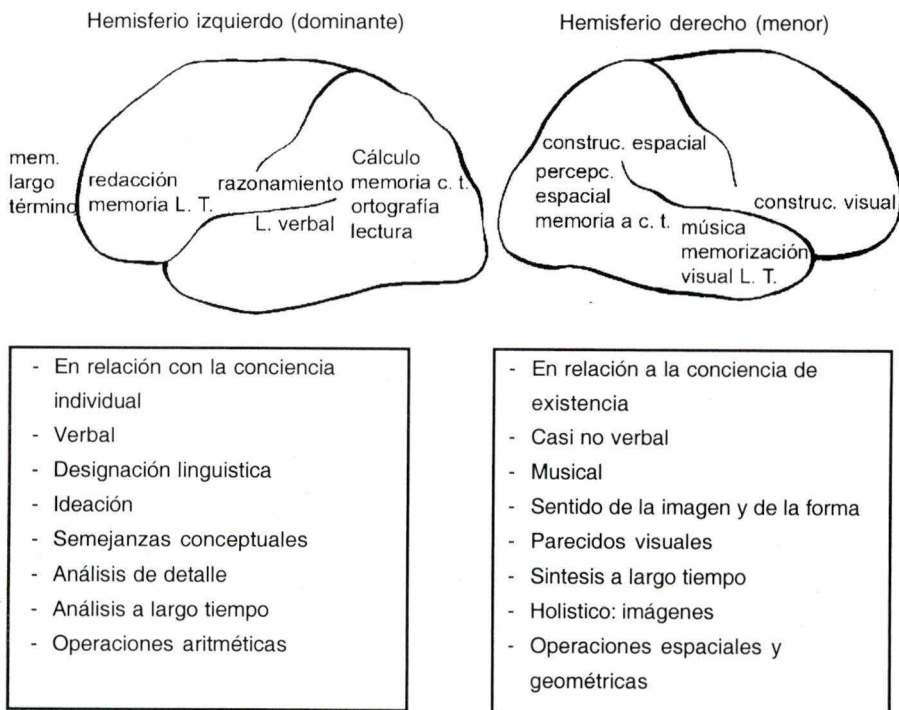
Fig. 62 Áreas funcionales primarias y secundarias



Sin embargo, las localizaciones funcionales primarias y secundarias anátomo funcionales no guardan una relación estricta con la imaginología del siglo XXI, por ello es necesario una nueva revisión para la neuropsicología.

Por último, el cuerpo calloso y las comisuras interhemisféricas aseguran la interrelación funcional entre el hemisferio derecho, silente, por ello inconsciente, con el hemisferio izquierdo de fórmulas comunicativas y lógicas. A ésta interrelación es lo que Jean Cambier, denomina, con originalidad, "dialéctica de los hemisferios cerebrales".

Fig. 63 dialéctica de los hemisferios cerebrales



Así, la neuroanatomía que comienza con los filósofos griegos, para quienes el "Encephalum", que está en el interior del cráneo, enfría el "penuma" o espíritu, que se localiza en los ventrículos, precisa las ideas de Alcmeon (500 a.c.) que fue el primero, de los griegos, que localiza en el cerebro la percepción, la sensación y los sentimientos. Por eso, en Alejandría (300 a.c.), la corteza aún se ignoraba. Erasistrato, decía que los plizamientos de la corteza semejaban a los del intestino delgado, sin ninguna función superior y Galeno, que la corteza

no tenía ninguna relación con la actividad psíquica, mental. Lo mismo para Leonardo de Vinci y Vesalio los hemisferios cerebrales, sólo semejaban a intestinos pues cambiaban de forma, como las nubes y no merecieron ninguna descripción anatómica precisa.

Después de un largo periodo, de más de 2 mil años, sólo a fines del siglo XX la neuroanatomía vuelve a la filosofía y con la neuropsicología comienza la neuroanatomía cognitiva. En el siglo XXI la imaginología nos ofrece nuevas proyecciones para la investigación de la cognición.

LA IMAGINOLOGIA CEREBRAL FUNCIONAL

Comienza a fines del XX en Dinamarca con los trabajos de David Ingran, Niels Larssen y Per Roland, quienes utilizaron el Zenon 133, por vía sanguínea, en el hombre para la tomografía por emisión de positrones; trabajos realizados desde 1980 hasta 1990.

Por esta época la resonancia magnética nuclear asociada a la tomografía por emisión de positrones permiten observar en el instante la actividad cognitiva cerebral.

Esta nueva disciplina permite el estudio del cerebro y la cognición: cerebro-pensamiento, que resuelve la idea cartesiana de la dualidad. Así, como acabamos de ver, la neuroanatomía funcional que tuvo sus orígenes en la filosofía a vuelto a ella.

Como se establece en los capítulos anteriores el conocimiento del cerebro relacionado con su función a pasado por múltiples etapas desde Alcmeon de Crotona, 500 años A.C, que fue el primero que le asignó al cerebro las funciones cognitivas, hasta el día de hoy en que se pueden observar las áreas cerebrales funcionantes específicas en vivo, cuyas imágenes pueden obtenerse en tiempo real, estudiarse y editarse para ser visualizadas posteriormente.

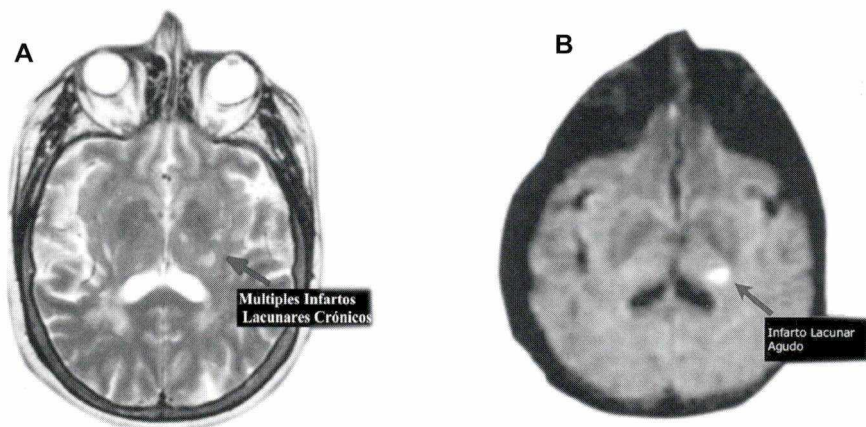
Los avances han sido lentos en los primeros siglos y en los últimos 30 años han sido espectaculares, por su rapidez, por su precisión y debido a la aplicación de la ciencia y tecnología a la Medicina.

Actualmente tenemos muchos métodos para estudiar las funciones del Sistema Nervioso, del área estimulada en forma específica, unos de los métodos mas precisos y fáciles de analizar lo constituyen los estudios funcionales del sistema nervioso mediante Resonancia Magnética.

Al respecto tenemos cuatro áreas de proyección que son los siguientes:

1. Los estudios de Difusión Cerebral
2. Los estudios de Perfusión Cerebral
3. Los estudios Funcionales propiamente dichos.
4. Espectroscopia por Resonancia Magnética.

Difusión.- El primero de ellos el estudio de Difusión por Resonancia Magnética, nos permite tener una idea cuantitativa del desplazamiento de las moléculas de agua a través del encéfalo y las características de Anisotropia que presenta el tejido cerebral, permite hacer diagnósticos muy precisos en todas las afecciones y en todas las circunstancias en que se afecte el transporte de agua a través del Sistema Nervioso y en la hora actual nos permite visualizar de los grandes Tractus Nerviosos, tales como el cuerpo calloso, la cintilla longitudinal, las Fibras en U etc., dando una imagen muy bien definida de estas estructuras in vivo que antiguamente solamente se podía estudiar por Anatomía Patológica.

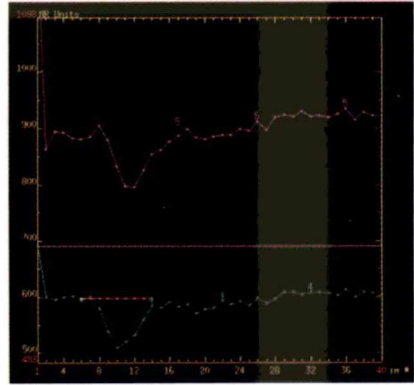
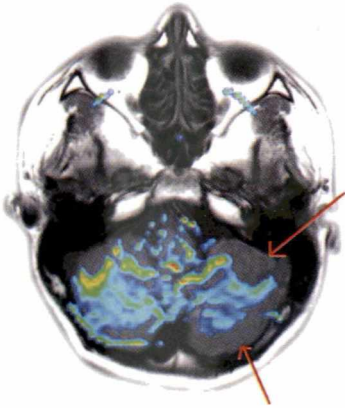


A.- Imagen por Resonancia Magnética, en secuencia ponderada en T2, que muestra lesiones hiperintensas crónicas, en núcleo talámico izquierdo, en relación a infartos lacunares.

B.- Imagen por Resonancia Magnética, de difusión, que muestra en el mismo caso, un foco hiperintenso, por restricción de agua, en núcleo talámico izquierdo en relación a infarto agudo.

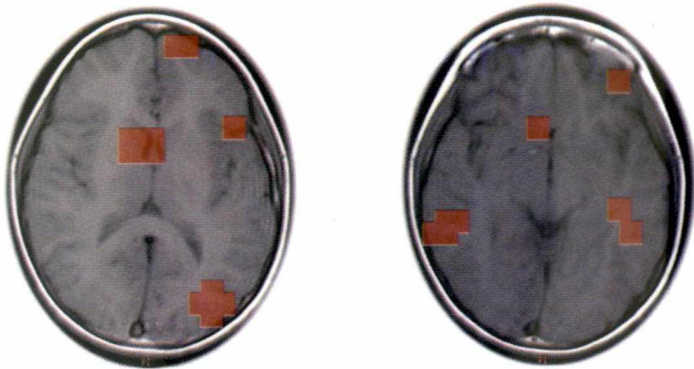
Perfusión.- Estos nos permiten estudiar la Circulación Capilar del Sistema Nervioso, estudiar las Áreas en Penumbra y realizar estudios muy precisos de Circulación Cerebral.

La aplicación terapéutica inmediata de estos dos exámenes son los Infartos Isquémicos Agudos, que un periodo corto de tiempo pueden ser diagnósticados y tratados con medicación trombolítica.



Mapa de perfusión a color y curva correspondiente que muestra área hipoperfundida en hemisferio cerebeloso izquierdo en relación a proceso isquémico

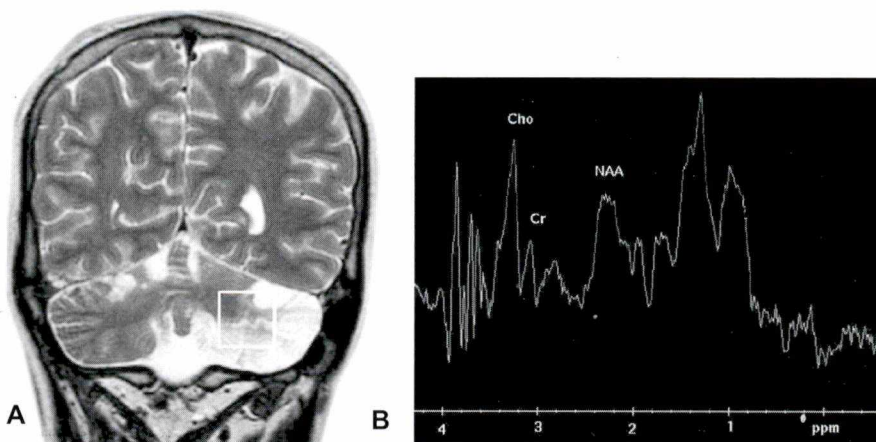
Los Estudios Funcionales.- Propiamente dichos nos permiten estudiar las diversas funciones tales como: El lenguaje hablado, escrito etc., aprovechando las característica del bold (Blood oxygen level dependent) esta característica de haber un mayor consumo de Oxígeno cuando se activa una área de la Corteza Cerebral, produce una mayor cantidad de Metahemoglobina y esta sustancia paramagnética es posible de ser registrada por la Resonancia Magnética, lo que nos permite decir en "vivo" como se encuentra esa área funcional, para ello se estudia mediante técnicas de estimulación psicológica tales como: El Test de Boston, el Test de Movimiento etc., que pueden hacerse a cada una de las funciones cerebrales y observarse en el área que se activa en la corteza Cerebral.



Estudio funcional de niño de 9 años con dislexia que muestra activación de las áreas de lenguaje motor y sensorial, y áreas de lecto-escritura en forma bilateral (dominancia cerebral incompleta, Geshwind).

Por último la realización de la **Espectroscopia por Resonancia Magnética** constituye en la práctica una "Biopsia Virtual" del tejido cerebral; la Espectroscopia es una técnica muy simple, totalmente inocua que permite la determinación química de diversos metabolitos a nivel cerebral, actualmente hay varias formas de Espectroscopia, pero la mas usada es por protón de hidrógeno, pero puede hacerse con fósforo o con otras sustancias; al momento actual los metabolitos mas importantes que podemos detectar son los siguientes: N Acetil aspartato; la creatina, la colina, los lípidos, lactato y algunos aminoácidos; el incremento y los ratios considerados para estos elementos son de una gran importancia para la determinación química de las lesiones en el Sistema Nervioso y dar un diagnóstico muy preciso a cerca del carácter etiológico de la lesión.

Como podemos apreciar en la Imaginología Funcional del Sistema Nervioso, hemos dado pasos gigantescos en el estudio del encéfalo y en sus alteraciones asociados a la función; en la actualidad podemos ver en "vivo un cerebro funcionando", con sus diversas áreas activadas de acuerdo a lo que nosotros deseamos estudiar, lo cual es un avance inmenso en la Neurología, la Neuropsicología e Imaginología y este desarrollo aún no ha concluido y abre nuevas áreas de investigación, cada vez mas precisas que permiten penetrar cada vez más en los secretos que nos guarda aún el cerebro humano.



A.- IRM, coronal en T2, que localiza voxel a nivel del hemisferio cerebeloso izquierdo

B.- Curva de ERM, que muestra disminución del N-acetil-aspartato y aparición del lactato, en relación a lesión vascular.

INDICE ALFABETICO

- A**
 acetil-colina 90, 104
 activación cortical 71
 actividad intelectual 73
 acueducto de Silvio 49
 ADN y código genético 22
 adicción a las drogas 57
 afecto 87
 afectividad 73, 87
 agrupaciones no segmentarias 27
 Alcmeon 17
 ala gris 37
 ala blanca interna 38
 Allocortex 85
 altruismo 91
 aminoácidos 116
 ansa lenticular 81
 Análisis de detalle 112
 Análisis a largo tiempo 112
 Anisotropia 114
 apoptosis 22
 apetito 82
 aprendizajes 23, 25, 42, 53, 57, 73, 82, 91, 108
 Arquí Tronco 35, 36
 áreas adrenérgicas 40
 área de Broca 63, 81, 109
 área 4 de Brodmann 63, 109
 área calcarina 74
 área cinerá o trigono del vago 36
 áreas dopaminérgicas 31, 42, 69, 77, 87
 Areas Grises Centrales 34
 Área gris Periaqueductal 35
 área motriz suplementaria 63
 áreas nor adrenérgicas 31, 38, 39, 41, 42
 áreas occipitales 74
 Area Postrema 35, 36, 40, 41, 43, 75
 áreas serotoninérgicas 31, 40
 Aristóteles 17
 atención 57, 73
 Audición 53, 74
 auto motivación 57, 77
 australopithecus 19
- B**
 Baxter 27, 46
 Baillarger externa 94, 95
 Baillarger interna 95
 bandeleta óptica 74
 Bell 26
 Born 27
- Broca Paúl 18
 bulbo 49
- C**
 calota 33
 Cambier Jean 19, 112
 canales iónicos 22
 capa fusiformes 93, 94
 capa granos ext. 93
 capa granos estrelladas 93, 94
 capa molecular 93
 capa piramidales pequeñas 93, 94
 capa piramidales grandes 93, 94
 centro cilio espinal de Budge 68
 cerebelo 56
 cerebro anterior 24, 89
 centro mediano 72, 77
 Centros neuroquímicos meso-diencefálicos 32
 cilindro eje 24
 cintilla longitudinal posterior 42
 cinta de Reil media 47, 74, 85
 circuito fronto-estrio- pallido-talamo-cortical 77
 Circuito Límbico de Broca 87
 Circuito de Olds y Milner 87, 90
 circuito de Papez 73, 87
 circuito retículo-cerebelo-reticular 41
 circuitos reverberantes de Scheibel y Scheibel 31
 Circulación Cerebral 114
 circunvolución callosa marginal 73, 85, 87
 circunvalación temporal (5ta). 73
 circunvolución límbica de Broca 85, 87
 cisuras 92
 cisura de Silvio 18
 Citología 93
 Citoarquitectura 93
 citosina 22
 Cognición 12, 57, 77, 92
 columna de Mouncastle 107
 comportamientos humanos 77
 comportamientos sexuales 90
 comportamientos violentos 73, 91
 Comisuras 95
 comisura blanca anterior 89, 90, 96
 Comisura blanca posterior 97
 Comisuras intrahemisféricas 95, 96
 comisuras interhemisféricas 112
 Comisura de la habénula 97
 Comisura de Meynert 96

- Comisura quiasmática 96
Comisura retroquiasmática, de Gudden 96
Comisura sub talámica posterior, de Forel 97
conciencia de existencia 112
conciencia individual 112
corteza cerebelosa 53
corteza cerebral 56, 93
corteza límbica 73
corteza parietal 74
corteza pre-frontal 57, 73, 85, 87
control del dolor 42
colinérgicas 40
corticotropin releasing factor 41
colecistoquina 42
Cuerpo de Luys 72, 81
cuerpos geniculados 74
cuerpos geniculados externos 74
cuerpo geniculado medial 74
cuerpo geniculado lateral 74
cuerpo calloso 85, 89, 98, 112
creatividad 23, 25, 90, 108
creatina 116
Cromagnon 116
- CH**
Charcot Jean Martín 18
Churchland Patricia S. 19
Churchland Paul M. 19
- D**
Dahlstrom 32
Darkschewitz 30
danza 82
Dechaseau 20
Delmas 27
Deiters 107
dendritas 24
despertar 57, 72
deporte 82
dendrones 107
Designación lingüística 112
Dialéctica de los hemisferios cerebrales 19, 99, 112
difusión 14, 114
digestión 69
dopamina 57, 90, 102
dorsal 55
- E**
Eccles 107
Edelman Gerard 19
electroencefalograma 13
eminencias teres 41
emociones 87, 108
Envoltura de Integración 33
entonación 64
Erasístrato 17
espacio perforado anterior 89
esquizofrenia 14, 57
esquema corporal 74
estados afectivos 57, 90
estación de pie 57, 58
estriatum 63
estriado 77, 80, 81
estrias corticales de Kaes-Bechterew 94, 95
Estrias 95
Estudios Funcionales propiamente dichos 114, 115
Espectroscopia por Resonancia Magnética 114, 116
expresión emocional 64
experiencia emotiva 87
- F**
fascículos espino talámicos 74
fascículo Interpeduncular tegmental 59
fascículo lenticular del globus pallidus 81
fascículo longitudinal inferior 96
fascículo longitudinal medial 24, 29, 30, 57, 69, 101
fascículo longitudinal posterior o medial 38, 39, 41, 49
fascículo longitudinal superior 95
fascículo mamilo-talámico de Vicq d'Azyr 73, 86
fascículo mamilo-tegmental 87
fascículo uncinado
fascículo Retro reflejo de Meynert 59
fibras dento-rúbricas 58
fibras arqueadas 95
Flechsig 24
Flourens 17
Forma 11
formación reticular 26
Formaciones Segmentarias 61
formaciones no segmentarias 27, 32
funciones intelectuales 91
Función 12
fúnculos teres 41
Fuxe 32
- G**
gaba 70, 105
ganglio ciliar 68
gabaérgicas 57, 77, 82
Galeno 17, 26

- gelatinoso 38
- gesto emocional 73
- gesto facial 70
- Gestalt 11
- girencefalia 92
- Glicina 105
- Globus Pallidus 57, 77
- glutamaérgica 54, 66, 69
- glutaminérgicas 77
- Glutamato 103
- glándula pineal 40
- Gratiolet Luis Pierre 18
- grupo magno-celular 73
- guanina 22
- gusto 38
- H**
- habénula 85
- haces córtico-pontinos 54
- haz córtico-ponto-cerebeloso 29
- haz espino-talámico 42
- haz geniculado 66, 94
- haz piramidal 94
- haz de Fuxe 39
- Hecaen Henri 18
- hemisferio derecho 74
- Herófilo 17
- hipocampo 40, 73, 90
- hipotálamo 40
- Hipogloso 63
- histamínicas 54
- histaminérgico 38, 87
- Holístico 112
- Hominización 19, 24, 89
- Homo erectus 20
- Homo sapiens 19, 20
- Homúnculo de Penfield y Rasmussen 110
- I**
- Ideación 112
- Imaginología 13
- Imaginología cerebral funcional 113
- Infartos Isquémicos Agudos 114
- L**
- lamina medular interna 72, 73, 81
- lenguaje 74, 115
- Leonardo de Vinci 18
- Leuret Francois 18
- Lhermitte 55
- límbico 103
- lípidos 116
- Lira de David 98
- llanto 66
- localizaciones corticales funcionales 109
- Locus Niger 27, 35, 43, 57, 75, 77, 81, 82, 90,
- Locus Coeruleus 35, 43, 56, 75
- M**
- Magoun 26
- Mamilo-tálamo-cortical 87
- marcha 57, 58
- médula 94
- melatonina 40
- membrana 22
- metaencéfalo 26
- memoria 53, 57, 85, 87, 90, 91, 108
- Mesulan 107
- mesencéfalo 26
- mielencéfalo 26
- mitocondrias 24
- Miguel Angel 18
- miosis 68
- midriasis 68
- mirada horizontal 67
- mirada vertical 67
- mielinización 92
- Módulos Funcionales 106
- motivaciones 42
- movimientos finos 77, 82
- movimiento aprendidos 54
- Musical 112
- musicalización 64
- N**
- N Acetil aspartato 116
- neandertales 20
- Neurociencias 21
- neurona 24, 57
- Neuropsicología 18, 71, 89
- Neo Tronco 53
- neo-estriado 77, 88
- Neocéfalo 92
- Neocortex 93
- neuronas dopaminérgicas 57
- neuronas gabaérgicas 71
- neuroquímica 89
- neurología cognitiva 89
- neuronas piramidales 94
- neurotransmisores 101, 107
- Neurotransmisores Inhibidores 105
- nigro estriado 57, 102
- nor adrenalina 56, 101
- noradrenérgico 66, 69, 87
- núcleo accumbens 40, 57, 77, 85, 87, 90
- núcleo ambiguo 49, 63

- núcleo amigdalino 73, 81, 85
núcleo anterior 72, 73, 75, 87
núcleos Arqueados bulbares 35, 43
núcleos de Cajal 30, 35, 42, 43, 75
núcleo caudado 80, 82
núcleo de Darkschewitsch 42, 48, 75
núcleo dorsal del vago 38
núcleo dorso mediano 73
núcleo de Edinger Westphal 66, 68
núcleos específicos del tálamo 73
núcleo del fascículo solitario 37
núcleo del fascículo teres 41
núcleo del hipogloso 38
núcleo Intercalar 35, 43, 75
Núcleo Interfascicular del nervio hipogloso 47
núcleo Interfascicul IX y X 35, 43, 75
núcleo interpendular 33, 35, 43, 59, 75
núcleos intralaminares 71
núcleo lacrimo- mucos - nasal 69
núcleo lateral del bulbo 35, 43, 49, 75
núcleo lenticular 77
núcleo medial - dorsal 72
núcleo de Meynert 81, 104
núcleos no específicos del tálamo 71
núcleos óculo motores 66
núcleos pallidales 77
núcleos periventriculares 40
núcleo Paramediano dorsal 35, 38, 41, 42, 43, 75
núcleos Parasimpáticos 68
- núcleo de Roller 35, 43, 46, 75
núcleos del puente 35, 43, 54, 75
núcleo del Raphe 35, 38, 39, 41, 42, 43, 47, 75, 102
- núcleos reticulares antero laterales 71, 72
núcleos sensitivos-sensoriales V, VIII, IX, X. 55
núcleos somato motores VII, IX, XI y XII. 55
núcleo sub. talámico de Luys 57, 77
núcleo septales 57, 73, 85, 87, 90
núcleos somato motores 94
núcleo Solitario 35, 37, 43, 75
núcleo supraquiasmático 40
núcleo Rojo 35, 43, 57, 75
núcleos de los tubérculos cuadrigénimos 33
núcleo de la sustancia innominada de Reichert 81
- núcleos vestibulares 38
núcleo ventro lateral 63
núcleo ventro postero lateral 72, 73
núcleo ventral anterior y lateral 72
núcleos ventrales anterior, laterales 77
- O**
óbex 37
obsesiones y compulsiones 77, 78
oculogiria 31
óculo-céfalo-giria 31, 66
oculomotricidad 70
orientación 72
olivo espinal 29, 55
Oliva bulbar 35, 43, 55, 64, 75
olivo cerebeloso 55
Olszewski 26, 46
Operaciones aritméticas 112
Operaciones espaciales y geométricas 112
- P**
paleo neurología 20
Paleo Tronco 46
parasimpática 31
pares craneales 28, 61
Pares craneales III 49, 66
Pares craneales IV par 40, 41, 66, 67
Pares craneales VI par 38, 66
Pares craneales VII bis IX y X 38
Pares craneales IX-X-XII Pares 63
Pares craneales núcleo del XII par 41
Pares craneales núcleo del trigémino 49
para-olivas, ventral 55
palabra 55, 70
pallido-rúbricas tecto-rúbricas 58
pallidum 77, 82, 90
Parecidos visuales 112
Penfield 110
perfusión 14, 114
PET 14
personalidad 70
percepción sensitiva 74
Percheron 82
pirimídicas 22
pico 98
placer 87, 90
plasticidad neuronal 24, 95, 104
Platón 17
plexos cardíaco pulmonar, celíaco e intestinal 69
potenciales evocados cognitivos 13
ponto-cerebelosos 54
prolactina 41

proyecciones dopaminérgicas 57

Psalterium 98

purínicas 22

pulvinar 72, 74

putamen 57, 77, 80, 82

R

Ramón y Cajal 26

raphe oscuro 40

raphe pálido 40

Rasmussen 110

receptores 23

región peri-ependimaria 33

recompensa, el placer 57, 87

redes funcionales de Mesulam 108

Redes Neuronales 107

regulación del tono muscular 90

redes 108

Renshaw 105

resonancia magnética 14, 115

retina 74

reproducción 84

rinencéfalo 85

risa y el gesto 66

Rolando 92

rodete 99

rubro-corticales 58

rubro-bulbares 58

rubro-olivares 55

rubro-talámicas 58

S

segmentarias 27

sensibilidad 73

septum 104

septum pellucidum 89

sentimientos 87, 108

Sentido de la imagen y de la forma 112

Síntesis a largo tiempo 112

serotonina 41, 102

serotoninérgicos 42, 69, 82

sexualidad 69

Signoret Jean Louis 18

Silvio 92

Sinapsis 23

sistema activador 26

Sistema activador ascendente 46, 47

sistema estriado 53, 77

sistemas dopaminérgicos 66, 82

sistema glutamérgico 82

Sistema gabaérgico 105

Sistema glicinérgico 105

sistema hipotalámico 102

sistema límbico 41, 66, 84, 90

sistema mesodiencefálico 102

sistemas serotoninérgicos 66, 87

sistemas simpático y parasimpático 68

sistema Tálamo-estriado 71

sonrisa 66

Soemmering Samuel Thomas 18

Staderini 37, 38

sueño 69, 72

sustancia reticular 27, 46

Sustancia Gris 41

sustancia gris peri aqueductal 35, 41, 43, 63, 75

sustancia innominada de Reichert 27, 90

surcos y circunvoluciones 92

Szentagothai 33

T

tacto fino 74

tálamo 55, 56, 71, 80, 81, 101

tálamo-estriado 24

tomografía axial computarizada 13

trigémino sensitivo 74

Tiziano 18

trígono 73, 85, 98, 89, 90, 98

Tronco cerebral 26, 94

Truex 28

Trigémino y facial 64

tubérculos cuadrigéminos 42, 68, 74

tub. mamilares 72, 74

U

ubiquitina 11

uncus del hipocampo 85

V

Verstichel Patrick 19

Vesalio Andres 18

vestíbulo-espinal 29

vestibular 31

Verbal 112

Vías pálido-olivares, dento rubro olivares 55

Vicq d'Azyr Félix 18

vicio 25, 87, 90

visión 53, 74

vías ópticas 74

vida sexual 84

vigilia 57

Vogt 26, 46

von Haller Alberto 18

voz 55, 64

Z

zona incerta 72

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRIEU, B. : La neurophilosophie, 1998, Presses Universitaires de France

ANDREW NEWBERG, M:D:, EUGENE D`AQUILI, M.D., PH.D., AND VINCE RAUSE;
Why God Won` t Go Away, 2001 first Edition.

AGID, IVES: Le systema nigrostriée dopaminergique chez le rest. These Universite
Pierre e Marrie Currie - VI - 1976.

BONIN, G.: Essai sur le cortex cérébral, 1955, Masson.

BOSSY, J. : Neuro – Anatomie. in Chevrel, S.P.
Anatomie Clinique, 1974, Springer – Verlag.

CAMBIER, J. Y VERSTICHEL, P. : Le cerveau reconcilié, 1998, Masson

CLARKE, E. Y DEWHURST, K. : Historire illustrée de la fonction cérébrale, 1984,
Roger Dacosta-Paris.

CUBA, J. M.: Les formations non-segmentaires du tronc cerebral de L´homme,
1962, Lab. D anatomie-prof. A. Delmas. Fac Med. Paris.

CUBA, J. M. : El tronco cerebral (Ensayo de aproximación anatomo funcional),
1995, Concytec-Lima-Perú.

DELMAS, A.: Vías y centros nerviosos 2001 Totay - Barcelona

DUYCKARERTS, CHE Y HAUW, J. J.: Introduction á l a ´ anatomie fonctionnelle et á
la pathologie du sytème nerveux central humain: In Neuropsychologie clinique
et neurologie du comportement. Masson 1992

ECCLES, J.: Evolution du cerveau et creation de la conscience, 2002, Maury
Eurolivres

HOUDART, R.: Le cerveau de L´Hominisation, 2002, La gutenber

HARON HANYU H, et al MR Analysis of the substantia Innominada in normal
Aging, Alzheimer Disease, and other types of dementia, AJNR, AM J.
NEURORIOE 2002; 23:27 - 32

JEANNEROD, M.: Le cerveau intime, 2002, Floch á Mayenne

LHERMITTE, J. MASQUIN Y TRELLES J. O. : *Precis d'anatomo-physiologie normale et pathologique du systeme nerveux central*, 1966, 4 edic. Doin-Paris.

LE FLOCH-PRIGENT, P., MOLHO, M. Y OUTIN, H.: *Imagerie de l'encéphale* 1990 Sandoz.

LEWIS P. ROWLAND: *Merrit's Neurology*, 2001, Oxford.

MARTINOT C., MARTINOT C.A. comportamiento obsesivo - compulsivo y lesión cortico - ponto cerebeloso, *Rev. Per. Neurol* 1995; 2:74 - 77

MEUNIER, J., SHVALOFF A.: *Neurotransmetteurs*, 1995, Masson

MEININGER; V. *Neuroanatomie* 1983 Masson.

RACKLAND, K. S. Y ICHINOHE, N.: some Houghts en cortical minicolumnas. *Brain Res.* 2004, 158: 265 - 277.

TESTUD, L: *Traité D'Anatomie Humaine*, 1929

Se termino de imprimir:
en los talleres gráficos **ARAUCANOS`S S.A.**
El 13 de diciembre del 2005

FE DE ERRATAS

- 1.- Página 78, Segundo párrafo
(Primera línea)

Dice: Se publicaron

Debe decir: Publicaron

- 2.- Página 78, Segundo párrafo
(Novena línea)

Dice: Compra

Debe decir: Compara

- 3.- Página 86, (Tercera línea)

Dice: Figura 45.-

Circunvoluciones

Debe decir:

Circunvoluciones

Fundamentos de Neuroanatomía Funcional Cognición E Imaginología

La resonancia magnética permite la reconstrucción y visualización de las imágenes en el cerebro en todos los planos es decir axial, coronal y sagital y oblicuos y nos muestra una imagen tridimensional de las estructuras cerebrales las reproducciones por resonancia magnética realiza cortes del cerebro muy precisos que nos permiten obtener una visión muy aproximada desde el punto de vista anatómico.

