

Contribución original**TEORÍA ANATÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA IMAGEN VISUAL****Gustavo H. R. A. Otegui^{1,2,3}, Gabriel Morán¹, Horacio A. Conesa²**¹ *Laboratorio de Neurobiología, 2ª Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, UBA, Buenos Aires, Argentina*² *Instituto Naón, Facultad de Medicina, UBA, Buenos Aires, Argentina.*³ *Departamento de Ciencias Biomédicas, Escuela Superior de Ciencias de la salud, UNCPBA, Buenos Aires, Argentina***RESUMEN**

Objetivos: Este trabajo se propone elaborar una teoría anatómica de la construcción de la imagen visual en función de la conectividad de las áreas visuales del lóbulo occipital con otras áreas del cerebro y sus posibles funciones. Material y Métodos: La muestra la constituyen 10 hemisferios cerebrales humanos, colocados por una semana en solución de formol al 50%. La disección se realiza con espátulas de madera de diseños diferentes, desarrolladas en nuestro laboratorio. Resultados: Hemos reconocido seis sistemas fibrilares que conectan la corteza visual del lóbulo occipital con otras áreas. Discusión: En vista de las áreas conectadas y los síntomas asociados a lesiones en las mismas podemos conjeturar las funciones de los fascículos hallados: 1- Fascículo longitudinal superior - fibras occipito-frontales, exploración visual voluntaria. 2- Fascículo longitudinal superior- fibras occipito-parietales, identificación del contexto en el que se sitúa nuestro objeto de interés, es la vía del dónde. 3- Fascículo longitudinal superior- fibras occipito-temporales, reconocimiento de un objeto en cuanto a categoría semántica, es la vía del qué general, y sus lesiones podrían implicar un déficit en la memoria declarativa semántica. 4- Fascículo longitudinal inferior, reconocimiento de objetos familiares como caras, es la vía del qué especial y su déficit podría implicar falencias en la memoria declarativa episódica y trastornos de prosopagnosia. 5- Fascículo occipito-frontal inferior, categorización semántica integrando lo que se ve con la memoria de trabajo. 6- Fibras occipito-cingulares, valoración emocional del objeto percibido.

Palabras clave: *Fascículos de asociación telencefálica, lóbulo occipital, sustancia blanca cerebral.*

ABSTRACT

Objectives: This paper suggests an anatomic theory of the visual image construction considering the connectivity of the visual areas of the occipital lobe with other brain's areas and

those possible functions. Material and Methods: The samples consisted of 10 human cerebral hemispheres, stored for a week in 50% formalin solution. The dissections were made with tips of wooden spatulas of various sizes developed in our laboratory. Results: We have recognized six different fibrillar systems connecting the visual areas of the occipital lobe with others areas. Discussion: In view of the connected areas and the symptoms associated to the same lesioned areas we want to suggest the follows functions for the analyzed fiber systems. 1- Superior longitudinal fasciculus- occipito-frontal fibers: the voluntary visual exploration. 2- Superior longitudinal fasciculus- occipito-parietal fibers: the context's identification where our object of interest is. This is the "pathway of where". 3- Superior longitudinal fasciculus- occipito-temporal fibers: the object recognition as a semantic category, it is the "pathway of the general what". The lesion at this level may cause a deficit of semantic declarative memory. 4- Inferior longitudinal fasciculus: the familiar face recognition, it is the "pathway of the special what". The lesion at this level may cause a deficit of episodic declarative memory and prosopagnosia. 5- Inferior occipito-frontal fasciculus: the semantic categorization integrating what is being seen with working memory. 6- Occipito-cingular fibers: the emotional evaluation of the perceived object.

Key words: *Telencephalic fasciculi associations, occipital lobe, white matter.*

* *Correspondencia a: Gustavo HRA Otegui, Paraguay 2155 2º piso (sector Uriburu), CP: C1121ABG, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. gotegui@fmed.uba.ar*

Recibido: 13 de febrero, 2013. **Revisado:** 3 de marzo, 2013. **Accepted:** 13 de marzo, 2013.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se propone elaborar una teoría anatómica de la construcción de la imagen visual en función de la conectividad de las áreas visuales del lóbulo occipital con otras áreas del cerebro y sus posibles funciones.

La disección del cerebro, permite reconocer inmediatamente por debajo de la corteza cerebral las fibras en "U", arciformes y cortas, que unen dos giros que presentan una relación inmediata o de adyacencia.

En un plano más profundo se observan las fibras intermedias que presentan un alcance mayor y unen, por lo tanto, giros de posición mediata (separados por al menos una circunvolución).

Finalmente, en el plano fibrilar que se encuentra por debajo del anterior, encontramos los fascículos más largos.

Las primeras disecciones de fascículos de asociación del cerebro, fueron realizadas por Tomás Willis, Nicholas Steno y Vieussens en la segunda mitad del siglo XVII (Marshall y Magoun, 1998).

Reil (1809, 1812) reconoce el fascículo arcuato y Burdach lo describe y le da el nombre en 1822.

Dejerine (1895, 1901), describe una serie de fascículos y comprende su probable aplicación clínica.

Curran (1909) describe por primera vez el fascículo occipito-frontal inferior y lo diferencia de los fascículos uncinado y longitudinal inferior.

Klingler (1935) describe una modificación técnica importante en el método de disección de fascículos, mejorando la diferenciación de las fibras que componen cada fascículo. Esta modificación consistía en congelar la preparación por diez días permitiendo la dilatación del agua dentro de las fibras nerviosas. Esto lograba una separación mayor de los fascículos facilitando la disección.

Desde entonces diferentes autores, (Crosby et al, 1962; Nieuwenhuys et al, 1988; Ture et al, 2000; Peuskens et al, 2004; Kier et al, 2004; Fernández-Miranda et al, 2008) han corroborado la existencia de los fascículos de asociación intrahemisféricos.

Recientemente, el uso de imágenes mediante la técnica de Tensión Difusión por Imagen de Resonancia Magnética (TDI-RMI) ha verificado la existencia de los fascículos en el vivo, (Catani et al, 2002; Catani y Thiebaut de Schotlen, 2008; Fernández-Miranda et al, 2008).

Quienes aceptan la existencia del **fascículo longitudinal inferior** han postulado diferentes roles para este escurridizo fascículo. Si bien todas las propuestas le asignan un rol visual, no todos los autores coinciden en la correspondiente asignación de funciones. Para algunos

autores como Ungerleider y Mishkin (1982) y Squire y Zola-Morgan (1991), este fascículo podría funcionar en el reconocimiento de objetos y en la memoria visual de objetos

Otros autores (Benson et al, 1974) sostienen en cambio que su función distintiva es el reconocimiento de caras, ya que al ser lesionado aparece la prosopagnosia.

Para Jankowiak y Albert, (1994) el fascículo longitudinal inferior interviene en la gnosis visual asociativa.

En base a los datos obtenidos a partir de estudios anatómico-clínico-funcionales los autores (Mountcastle et al, 1975; Mesulam, 1981), infieren que el **fascículo longitudinal superior** estaría involucrado en la exploración visual voluntaria, constituyendo un sistema que enfoca la atención del objeto de interés. El objeto puede ser reconocido y seguido en el espacio en el que se desplaza.

En lo que respecta al **fascículo occipito-frontal inferior** se ha postulado su probable intervención en: a- Percepción espacial (Cabeza y Nyberg, 2000), b- Generación de planes motores (Friedman y Goldman-Rakic, 1994), c- Atención y memoria de trabajo (Tagamets et al, 2000), d- Rol semántico en el lenguaje (Dufau et al, 2005) Problema de investigación:

Este trabajo se propone responder la pregunta: ¿Qué fascículos de asociación intrahemisférica conectan el lóbulo occipital con el resto de la corteza cerebral y que rol funcional jugarían en la construcción de la imagen visual?

Hipótesis:

Nuestra hipótesis de trabajo propone que el lóbulo occipital (centro cortical visual) conecta con todos los lóbulos mediante subsistemas fibrilares dependientes de los fascículos de asociación cerebral intrahemisférica y por lo tanto el sistema resultante de dicha asociación fascicular es la responsable de la construcción del objeto visual.

Objetivos:

a- Describir la constitución fibrilar de los fascículos que conectan las áreas visuales del lóbulo occipital con los diferentes lóbulos del cerebro.

b- Proponer para los diferentes componentes fibrilares constitutivos, las posibles funciones afectadas a la construcción del objeto visual en virtud de la conectividad de sus áreas.

MATERIAL y MÉTODOS

1) Disección fascicular de encéfalos humanos

La muestra la constituyen 10 hemisferios cerebrales humanos seleccionados a partir de un

total de 22 encéfalos examinados. El cadáver es fijado en formol al 10% por inyección por vía femoral y carotídea. Luego de un período mayor o igual a 1 mes, se descalota y obtiene el encéfalo, que es colocado por una semana en solución de formol al 50%. El encéfalo queda suspendido en la solución sostenido por un lazo hecho en posición rostral a la protuberancia. Luego de descalotar y examinar macroscópica-

mente los 22 encéfalos, se excluyeron de la muestra destinada a la disección 17 encéfalos por presentar zonas con hemorragias y/o sectores de consistencia disminuida por mala fijación o por procesos de reblandecimiento previos a la misma.

La disección se realiza con espátulas de madera de diseños diferentes, desarrolladas en nuestro laboratorio (Fig.1).



Figura 1. Espátulas de madera para disección fascicular. La lapicera colocada a la izquierda permite apreciar por comparación las dimensiones de cada una de las espátulas.

2) Correlación de componentes y sistemas fibrilares con áreas de Brodmann

Se superponen los fascículos hallados con las superficies corticales que se corresponden con las áreas de Brodmann.

3) Correlación de los sistemas de conexión con funciones sectoriales conocidas (o propuestas).

En base a los datos recogidos de la bibliografía y obtenidos por estudios electrofisiológicos,

anatomoclínicos, imagenológicos, etc. se construye la evidencia sobre funciones cerebrales. A partir de los déficits sectoriales o bien al registro

de actividad cortical en las zonas determinadas, los diferentes autores consultados han podido localizar funciones cerebrales.

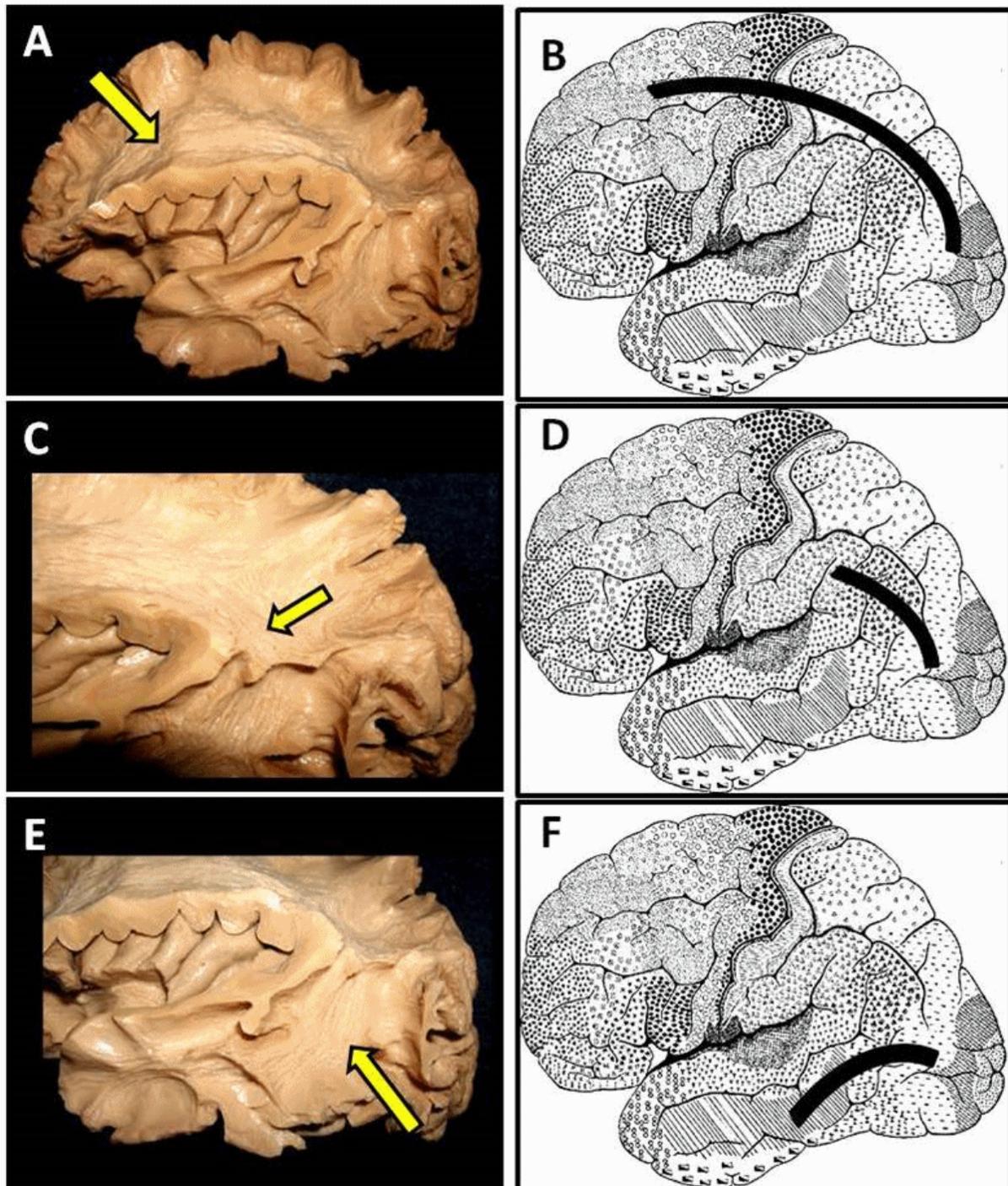


Figura 2. Conexiones de los sistemas fibrilares y rol funcional. **A:** Fascículo longitudinal superior: fibras occipitofrontales. **B:** Esquema de la exploración visual voluntaria: fibras tendidas entre las áreas de Brodmann frontales 8 y 9 y las áreas de Brodmann occipitales 17 a 19. **C:** Fascículo longitudinal superior: fibras occipitoparietales. **D:** Esquema visual de contexto (vía del dónde): fibras tendidas entre las áreas de Brodmann parietales 39 y 40 y las áreas de Brodmann occipitales 17 a 19. **E:** Fascículo longitudinal superior: fibras occipitotemporales. **F:** Esquema del objeto visual general (vía del qué general): fibras tendidas entre el área de Brodmann temporal 37 y las áreas de Brodmann occipitales 17 a 19.

RESULTADOS

1) Disección fascicular de encéfalos humanos

Luego de realizar la remoción de la corteza cerebral del lóbulo occipital, se extraen progresivamente los diferentes planos de fibras cortas "U", fibras intermedias y se alcanza el plano de los sistemas fasciculares mayores.

Hemos reconocido seis sistemas fibrilares que conectan la corteza del lóbulo occipital con otras áreas

1- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-frontales (Fig.2 A).

2- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-parietales (Fig.2 C).

3- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-temporales (Fig.2 E).

4- Fascículo longitudinal inferior (Fig.3 A).

5- Fascículo occipito-frontal inferior (Fig.3 C).

6- Fibras occipito-cingulares (Fig.3 E).

El **fascículo longitudinal superior** se presenta como un conjunto de fibras blancas, de concavidad inferior, de posición periinsular. Se sitúa en la profundidad de la cisura lateral abrazando el perímetro dorsal del lóbulo de la ínsula. Formado por dos planos:

a- Superficial (fronto-parieto-occipito-temporal).

b- Profundo (fronto-parieto-temporal).

Describimos a continuación los tres componentes del fascículo longitudinal superior que conectan diferentes sectores de corteza cerebral con el lóbulo occipital.

Componente fibrilar occipito-frontal: este componente se encuentra en la profundidad del giro frontal superior, o en el sector superior de la segunda circunvolución frontal, en los giros, parietal y occipital superior.

Componente fibrilar occipito-parietal: este componente fibrilar se presenta en la profundidad de la segunda circunvolución occipital y de la circunvolución parietal inferior.

Componente fibrilar occipito-temporal: este sistema fibrilar se presenta en la profundidad de la segunda circunvolución ténporo-occipital.

Fascículo longitudinal inferior: debajo de fibras cortas e intermedias identificamos el fascículo longitudinal inferior.

Constituido por un conjunto de fibras blancas, de dirección aproximadamente rectilínea, con relación lateral y mediata al ventrículo lateral (astas temporal y occipital).

Estratigráficamente a nivel del lóbulo occipital, el fascículo longitudinal inferior se sitúa entre el fascículo longitudinal superior, que queda por fuera y las radiaciones ópticas (haz genículo-estriado) ubicadas por dentro. Medialmente a éstas se ubican las fibras del tapetum.

Luego de extraer el sector temporal del fascículo longitudinal superior, aparece el plano del

fascículo longitudinal inferior. Por último aparece el haz genículoestriado (loop de Flechsig-Meyer). Debe observarse cuidadosamente que estas últimas fibras vienen desde el metatálamo y su dirección es curvilínea, a diferencia de lo observado con el fascículo longitudinal inferior que presenta una dirección rectilínea.

Fascículo occipito-frontal inferior:

Luego de realizar la remoción de la corteza cerebral dorsolateral, se extraen progresivamente los diferentes planos de fibras cortas "U", fibras intermedias y las fibras correspondientes al fascículo longitudinal superior.

El fascículo occipitofrontal inferior (IFOF) aparece luego de disecar la corteza insular, constituyendo parte de la cápsula extrema y externa, y configurando un arco de concavidad dorsal. Por delante, el IFOF pasa dorsal al fascículo uncinado y al fascículo longitudinal inferior y queda por fuera del haz genículoestriado (loop de Flechsig-Meyer) y del tapetum.

Fibras occipito-cingulares

Disecando el lóbulo límbico (giro del cíngulo, istmo del cíngulo, giro subcaloso y giro parahipocámpico), luego de extraer la corteza cerebral y las fibras cortas subyacentes, se identifica el cíngulo.

Constituido por fibras cortas y largas. Las primeras que conectan la corteza del lóbulo límbico al cíngulo y a las áreas corticales adyacentes. Y las fibras largas e intermedias que forman un círculo en el interior del lóbulo límbico, y que conectan con: a. cara orbitaria y medial del lóbulo frontal, b- cara dorsolateral del lóbulo frontal, c- lóbulo parietal, d- lóbulo occipital y e- formación del hipocampo y giro parahipocámpico. En particular en este trabajo nos interesan las fibras que conectan el cíngulo con el lóbulo occipital (Fig.3 E).

2) Correlación de componentes y sistemas fibrilares con áreas de Brodmann

En vista de los fascículos que hemos identificados en nuestras disecciones y tomando en consideración las superficies corticales conectadas que se corresponden con las áreas descritas por Brodmann, podemos proponer la existencia de seis subsistemas de conexión cortico-cortical entre el lóbulo occipital y los otros lóbulos de cada hemisferio cerebral.

1- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-frontales. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 8 y 9 del lóbulo frontal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. (Fig. 2 A, Fig. 2 B).

2- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-parietales. Este sistema conecta las

áreas de Brodmann 39 y 40 del lóbulo parietal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19

correspondientes al lóbulo occipital, (Fig. 2 C, Fig. 2 D).

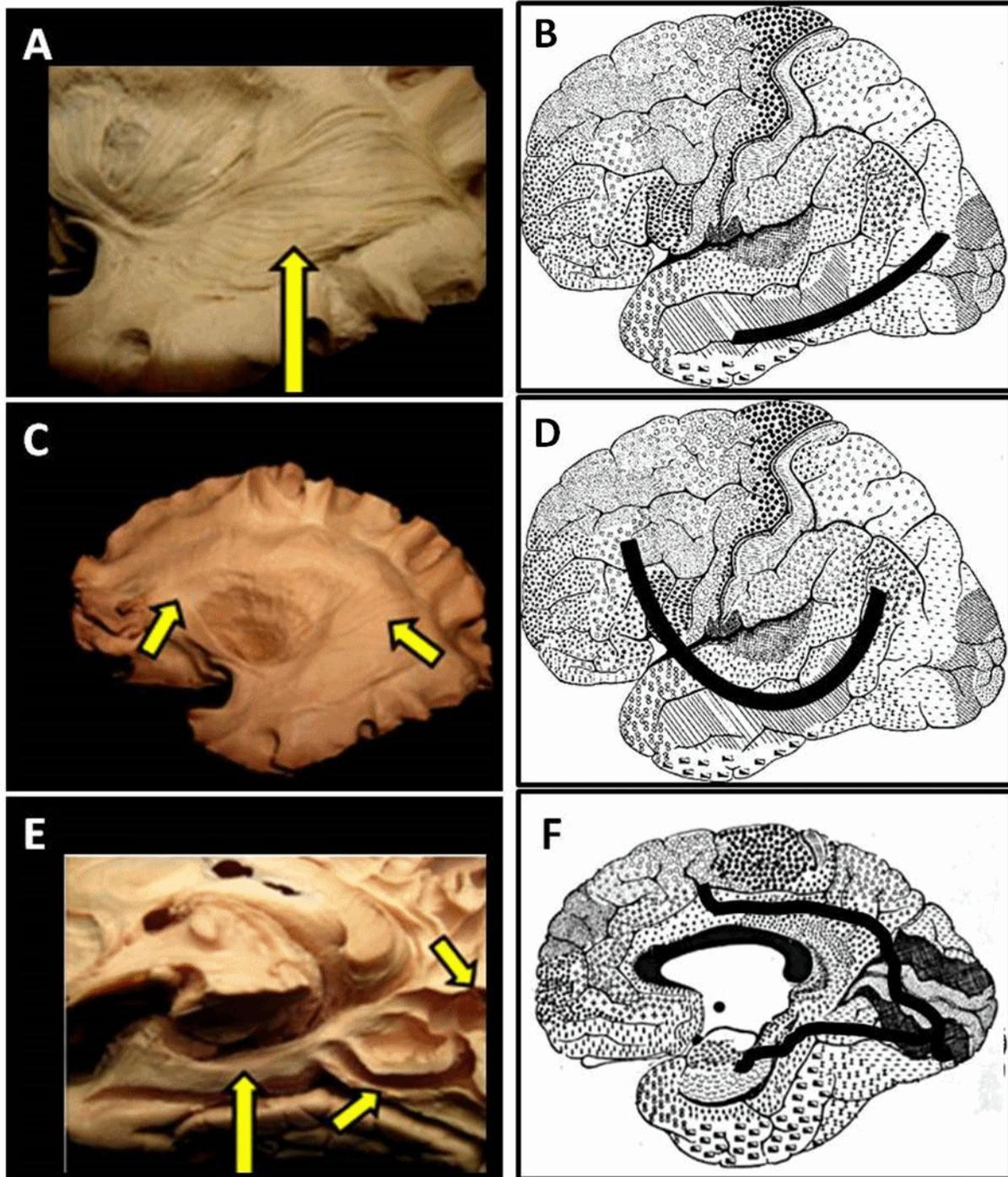


Figura 3. Conexiones de los sistemas fibrilares y rol funcional. **A:** Fascículo longitudinal inferior. **B:** Esquema del objeto visual especial (vía del qué especial): fibras tendidas entre las áreas de Brodmann temporales 37, 20 y 21 y las áreas de Brodmann occipitales 17 a 19. **C:** Fascículo occipitofrontal inferior. **D:** Esquema de la valoración semántica del objetovisual: fibras tendidas entre las áreas de Brodmann frontales 9, 10, 11, 44, 45 y 46 y las áreas de Brodmann occipitales 17 a 19. **E:** Cíngulo. **F:** Esquema de la valoración emocional del objeto visual: fibras tendidas entre las áreas de Brodmann del lóbulo límbico 23, 24, 28 y 35 y las áreas de Brodmann occipitales 17 a 19.

3- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-temporales. Este sistema conecta el área de Brodmann 37 del lóbulo temporal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital, (Fig. 2 E, Fig. 2 F).

4- Fascículo longitudinal inferior. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 37, 20 y 21 del lóbulo temporal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital, (Fig. 3 A, Fig. 3 B).

5- Fascículo occipito-frontal inferior. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 9, 10, 11, 44, 45 y 46 del lóbulo frontal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital, (Fig. 3 C, Fig. 3 D).

6- Fibras occipito-cingulares. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 23, 24, 28 y 35 del lóbulo límbico con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. (Fig. 3 E, Fig. 3 F).

3) Datos obtenidos de la bibliografía que relacionan total o parcialmente los sistemas de conexión (áreas y/o fascículos) con funciones sectoriales conocidas.

- El **fascículo longitudinal superior**: estaría involucrado según Mountcastle et al, (1975) y Mesulam, (1981) en la focalización de la atención y en el seguimiento de objetos.

Las lesiones parietooccipitales pueden ser responsables del Síndrome de Balint, caracterizado por ataxia óptica, apraxia ocular y simultanagnosia (Balint, 1909; Damasio, 1985). La vía (flujo) dorsal sería la vía del dónde, permitiendo situar en un contexto espacial determinado la escena o el objeto que se observa.

- Fascículo longitudinal inferior.

Para algunos autores como Ungerleider y Mishkin (1982) y Squire y Zola-Morgan (1991), este fascículo podría funcionar en el reconocimiento de objetos y en la memoria visual de objetos. Es el llamado por Ungerleider y Mishkin (1982) flujo ventral.

Otros autores (Benson et al, 1974) sostienen en cambio que su función distintiva es el reconocimiento de caras, ya que al ser lesionado aparece la prosopagnosia.

Para Jankowiak y Albert, (1994) el fascículo longitudinal inferior interviene en la gnosia visual asociativa.

- Fascículo occipito-frontal inferior.

En cuanto a su rol funcional se ha postulado su probable intervención en: a- Percepción espacial (Cabeza y Nyberg, 2000), b- Generación de planes motores (Friedman y Goldman-Rakic, 1994), c- Atención y memoria de trabajo (Tagamets et al, 2000), d- Rol semántico en el lenguaje (Dufau et al, 2005)

- Cíngulo:

De extrema complejidad es la constitución fibrilar del cíngulo. Se lo ha involucrado en: a- Manipulación de información, monitoreo conductual y memoria de trabajo (Petrides, 1995), b- Motivación y voluntad (Stuss y Benson, 1986; Devinsky et al, 1995), c- Aspectos emocionales de la conducta psicosocial (Ballantine et al, 1987; Spangler et al, 1996; Cosgrove y Rauch, 2003).

DISCUSIÓN

La idea de que la sustancia blanca cerebral poseía una estructura fascicular viene del siglo XVII con los primeros estudios realizados por Tomás Willis, Nicholas Steno y Vueussens (Marshall y Magoun, 1998). Los métodos en ese entonces muy rudimentarios consistían en someter el encéfalo a la cocción en aceite y luego rasgar en distintas dirección la sustancia blanca. La idea de que la estructura fascicular era constante en su disposición y conexiones se afirma con el reconocimiento del fascículo arcuato por parte de Reil (1809, 1812) y la denominación y descripción bastante completa del fascículo mencionado que hace Burdach en 1822.

Dejerine (1895), describe una serie de fascículos y comprende su probable aplicación clínica.

Curran (1909) describe por primera vez el fascículo occipito-frontal inferior y lo diferencia de los fascículos uncinado y longitudinal inferior.

Klingler (1935) describe una modificación técnica importante en el método de disección de fascículos, mejorando la diferenciación de las fibras que componen cada fascículo. El principio físico en el que se sustenta la técnica de Klingler es la dilatación sufrida por el agua al congelarse. Esto genera una modificación de la fibras que según el autor y muchos otros investigadores que le siguieron mejora la visualización y disección de las fibras. Nuestra experiencia con la técnica de este importantísimo autor ha sido desigual y hemos obtenido excelentes beneficios usando nuestra solución de formol al 50% que logra una fijación excelente al tiempo que produce un efecto por deshidratación y distorsión en las fibras mielinizadas que nos permite una disección de fascículos con diámetros de aproximadamente 1 mm.

La existencia de los fascículos como tal, o al menos de sus troncos principales, parece estar fuera de toda duda, ya que muchos autores, (Crosby et al, 1962; Nieuwenhuys et al, 1988; Ture et al, 2000; Peuskens et al, 2004; Kier et al, 2004; Fernández-Miranda et al, 2008) han corroborado la existencia de los mismos. A

diferencia de los autores mencionados nuestros resultados revelan la existencia de componentes en el fascículo longitudinal superior y un detalle en la conectividad que no ha sido reconocido hasta la fecha.

Recientemente, el uso de imágenes mediante la técnica de Tensión Difusión por Imagen de Resonancia Magnética (TDI-RMI) han verificado la existencia de los troncos (porción media) de los fascículos en el sujeto vivo, (Catani et al, 2002; Catani y Thiebaut de Schotten, 2008; Fernández-Miranda et al, 2008).

En base a nuestros resultados que muestran la conectividad de los fascículos entre áreas, y considerando las funciones que podrían cumplir las áreas y/o los fascículos que las conectan es que nos atrevemos a elaborar una síntesis que reuniendo nuestros datos con los recogidos de la bibliografía pueda dar cuenta de la construcción de la imagen visual y por lo tanto de los principales signos que aparecen en la clínica cuando hay compromiso de alguna de las estructuras que estamos involucrando.

1- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-frontales. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 8 y 9 del lóbulo frontal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. Tal como lo postularon Ungerleider y Mishkin (1982) el lóbulo occipital se conecta con el lóbulo parietal por el flujo dorsal y con el lóbulo temporal por el flujo ventral..

La ataxia óptica (imposibilidad de alcanzar objetos bajo guía visual) y la apraxia ocular (imposibilidad de explorar ordenadamente los objetos de un espacio determinado) son propias del síndrome de Balint (Balint, 1909; Damasio, 1985). La posibilidad de explorar el espacio siguiendo un objeto determinado y alcanzarlo con el miembro superior dependería de la gran conectividad entre los lóbulos frontal, parietal y occipital (Cavada y Goldman-Rakic, 1989; Gentilucci y Rizzolatti, 1990) Para nosotros la conexión occipito-frontal es la responsable de la exploración visual voluntaria, y constituye un sistema que enfoca la atención del objeto de interés (Fig. 2 A, Fig. 2 B). El objeto es reconocido y seguido en el espacio en el que se desplaza. En caso de lesión parecería la apraxia ocular. La ataxia óptica en cambio, para nosotros dependería indirectamente de las fibras occipitoparietales del fascículo longitudinal superior. Luego y tal como lo señalan Cavada y Goldman-Rakic, (1989) por un lado y Gentilucci y Rizzolatti, (1990) por otro sería la conexión parieto frontal la que permite alcanzar el objeto.

2- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-parietales. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 39 y 40 del lóbulo parietal

con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. Constituiría la vía del dónde o bien del cómo a la manera de Goodale y Milner (1992) permitiendo situar en un contexto espacial determinado la escena o el objeto que se observa. Es la responsable del contexto visual, (Fig. 2 C, Fig. 2 D). para poder manipular un objeto, (lo que creemos se realiza por la existencia del fascículo longitudinal superior: fibras parieto-frontales) se requiere la construcción del objeto y su contexto. Es esta construcción la que dependería del fascículo longitudinal superior: fibras occipito-parietales. Otro de los signos que puede verse en las afectaciones de la conectividad parieto-occipital es la simultaneosia, que es la incapacidad de diferenciar o distinguir dos objetos que se presentan al observador de manera simultánea (Rizzo y Robin, 1990)

3- Fascículo longitudinal superior: fibras occipito-temporales. Este sistema conecta el área de Brodmann 37 del lóbulo temporal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. Para los autores mencionado previamente (Ungerleider y Mishkin, 1982) el flujo dorsal constituiría la vía del dónde. Otros autores como Goodale y Milner (1992) sugieren denominar al flujo dorsal la vía del cómo, por ser ésta la responsable de guiar las acciones y no sólo percibir la localización de los objetos en el espacio. Para nosotros la vía del qué o flujo ventral tendría dos componentes un qué general representado por el fascículo longitudinal superior: fibras occipitotemporales y un qué especial representado por el fascículo longitudinal inferior. La prosopagnosia (Benson et al, 1974) que surge al lesionar los giros lingual y fusiforme o bien el fascículo longitudinal inferior sin afectar el reconocimiento de los objetos en cuanto pertenecientes a una determinada categoría constituyen evidencia en cuanto a la existencia de dos tipos diferentes de flujos ventrales. Este subsistema (fascículo longitudinal superior: fibras occipito-temporales) representa para nosotros la vía que hemos denominado del qué general. Esta es la vía de identificación en cuanto categoría o tipo de objeto observado y la hemos denominado del objeto visual general, (Fig. 2 E, Fig. 2 F). Este subsistema estaría involucrado en la percepción y categorización semántica de un objeto. El objeto es un elemento de un conjunto o categoría. Creemos que las fallas en este sistema determinan una agnosia visual y pueden conducir a una amnesia declarativa semántica. Hay un desconocimiento del objeto.

4- Fascículo longitudinal inferior. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 37, 20 y 21 del lóbulo temporal con las áreas de Brodmann 17,

18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. Hemos visto que para autores como Ungerleider y Mishkin (1982) y Squire y Zola-Morgan (1991), este fascículo podría funcionar en el reconocimiento de objetos y en la memoria visual de objetos. Es el llamado por Ungerleider y Mishkin (1982) flujo ventral.

Otros autores (Benson et al, 1974) sostienen en cambio que su función distintiva es el reconocimiento de caras, ya que al ser lesionado aparece la prosopagnosia.

Para Jankowiak y Albert, (1994) el fascículo longitudinal inferior interviene en la gnosia visual asociativa.

Nuestra hipótesis basada en la conectividad encontrada se acerca más a la expresada por Benson et al, (1974) que la involucra en el reconocimiento de rostros. Nosotros agregaríamos que tal vez no sólo se reconocen rostros sino objetos que tienen un carácter especial o familiar y por eso la hemos denominado vía del qué especial. Mientras la vía anterior (fascículo longitudinal superior: fibras occipitotemporales) podría estar implicada en la memoria declarativa semántica, ésta última (fascículo longitudinal inferior) estaría implicada en la memoria episódica (Fig. 3 A, Fig. 3 B).

5- Fascículo occipito-frontal inferior. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 9, 10, 11, 44, 45 y 46 del lóbulo frontal con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. Posiblemente esté involucrada en la valoración semántica del objeto visual (Fig. 3 C, Fig. 3 D).

Tal como se mencionó en el apartado resultados, el rol funcional de este fascículo es complejo y diverso: a- Percepción espacial (Cabeza y Nyberg, 2000), b- Generación de planes motores (Friedman y Goldman-Rakic, 1994), c- Atención y memoria de trabajo (Tagamets et al, 2000), d- Rol semántico en el lenguaje (Dufau et al, 2005). Creemos que esto más que interpretarse como evidencia contradictoria de los diferentes autores debe entenderse en base a los datos encontrados por nosotros en la conectividad tan compleja y en la gran cantidad de áreas conectadas.

Esta valorización se requiere como insumo en las tareas de la memoria de trabajo (working memory). Para operar simbólicamente con objetos debo primero construirlos y luego otorgarle significados y referencia real, y ese podría ser el rol jugado por el fascículo occipito-frontal inferior. El significado práctico-pragmático estaría dado por las áreas frontales. Su construcción como objeto dependería del sector temporo-parieto-occipital.

6- Fibras occipito-cingulares. Este sistema conecta las áreas de Brodmann 23, 24, 28 y 35 del lóbulo límbico con las áreas de Brodmann 17, 18 y 19 correspondientes al lóbulo occipital. Esta conexión permitiría hacer una valoración emocional del objeto visual, asignando una determinada carga afectiva al objeto que se observa (Fig. 3 E, Fig. 3 F). -

Se lo ha involucrado en: a- Manipulación de información, monitoreo conductual y memoria de trabajo (Petrides, 1995), b- Motivación y voluntad (Stuss y Benson, 1986; Devinsky et al, 1995), c- Aspectos emocionales de la conducta psicosocial (Ballantine et al, 1987; Spangler et al, 1996; Cosgrove y Rauch, 2003). Podemos apreciar que si bien los autores le asignan funciones que pueden interpretarse como distintas están perfectamente interconectadas y vertebradas en torno a la valoración afectiva y emocional de tal modo que un objeto nos motive a actuar en un contexto psicosocial determinado.

La conectividad de la corteza occipital (visual) con los otros lóbulos permite construir un objeto visual, colocarlo en un contexto espaciotemporal, dotarlo de una valoración pragmática y recordarlo u olvidarlo según la valoración emocional asignada.

No se nos escapa que estamos presentando un conjunto muy complejo de datos (la conectividad fascicular de determinadas áreas) y evidencias clínico funcionales recogidas por otros autores y las estamos integrando en una propuesta teórica que permita entender la evidencia clínica actual y futura. La presente propuesta requerirá seguramente de mejores aproximaciones en el futuro o de eventuales reformulaciones que permitan una comprensión más profunda. Pero creemos que esta teoría resultará de utilidad para quienes se interesan en resolver la cuestión de las componentes implicadas en la construcción del objeto visual en todas sus dimensiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballantine HT, Bouckoms Aj, Thomas EK, Gitiunas IE.* 1987. Treatment of psychiatric illness by stereotactic cingulotomy. *Biol Psychiatry.* 22: 807-19.
- Balint R.* 1909. Seelenlahmung des "Schavens" optische Ataxie, raumliche Störung der Aufmerksamkeit. *Monatsschr. Psychiat. Neurol.* 25: 51-82.
- Benson DF, Segarra J, Albert ML.* 1974. Visual agnosia-prosopagnosia. A clinicopathologic correlation. *Arch Neurol* 30: 307-10.
- Cabeza R and Nyberg L.* 2000. Imaging cognition II: an empirical review of 275 PET and fMRI

- studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12: 1–47.
- Catani M, Howard RJ, Pajevic S, Jones DK. 2002. Virtual in vivo interactive dissection of white matter fasciculi in the human brain. *Neuroimage* 17: 77–94.
- Catani M, Thiebaut de Schotten M. 2008. A diffusion tensor imaging tractography atlas for virtual in vivo dissections. *Cortex* 44: 1105–1132.
- Cavada C, Goldman-Rakic PS. 1989. Posterior parietal cortex in rhesus monkey: II Evidence for segregated corticocortical networks linking sensory and limbic areas with the frontal lobe. *J Comp Neurol*, 287: 422–445.
- Cosgrove GR, Rauch SL. 2003. Stereotactic cingulotomy. *Neurosurg Clin N Am*, 14: 225–35.
- Crosby EC, Humphrey T, Lauer EW. 1962. *Correlative Anatomy of the Nervous System*. New York: MacMillan Company, pag. 1-731.
- Curran EJ. 1909. A new association fiber tract in the cerebrum with remarks on the fiber tracts dissection method of the studying the brain. *J Comp Neurol* 19: 645–656.
- Damasio AR. 1985. Disorder of complex visual processing: Agnosias, achromatopsia, Balint's syndrome and related difficulties of orientation and construction. En Mesulam MM. (ed.). *Principles of Behavioral Neurology*. Filadelfia: FA Davis.
- Dejerine J. 1895. *Anatomie des Centres Nerveux*. Paris: Rueff et Cie. T1, pag. 1-816
- Dejerine J. 1901. *Anatomie des Centres Nerveux*. Paris: Rueff et Cie. T2, pag. 1-720
- Devinsky O, Morrell MJ, Vogt BA. 1995. Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. *Brain*, 118: 279–306.
- Duffau H, Gatignol P, Mandonnet E, Peruzzi P, Tzourio-Mazoyer N, and Capelle L. 2005. New insights into the anatomo-functional connectivity of the semantic system: a study using corticosubcortical electrostimulations. *Brain*, 128: 797–810.
- Fernandez-Miranda JC, Rhoton Jr AL, Kakizawa Y, Choi C, Alvarez-Linera J. 2008. The claustrum and its projection system in the human brain: a microsurgical and tractographic anatomical study. *J Neurosurg* 108: 764–774.
- Friedman HR, Goldman-Rakic PS. 1994. Coactivation of prefrontal cortex and inferior parietal cortex in working memory tasks revealed by 2DG functional mapping in the rhesus monkey. *The Journal of Neuroscience*, 14: 2775–2788.
- Gentilucci M, Rizzolatti G. 1990. Cortical motor control of arm and hand movements. En: Goodale MA, Norwood NJ. (eds.). *Vision and Action: The Control of Grasping, Ablex*, pag. 147–162.
- Goodale MA, Milner AD. 1992. Separate visual pathways for perception and action. *Trends Neurosci*, 15:20-25.
- Jankowiak J, Albert ML. 1994. Lesion localization in visual agnosia.. En: Kertesz A, (ed). *Localization and neuroimaging in neuropsychology*. San Diego: Academic Press, pag. 429-71.
- Kier EL, Staib LH, Davis LM, Bronen RA. 2004. Anatomic dissection tractography: a new method for precise MR localization of white matter tracts. *AJNR* 25: 670–676.
- Klingler J. 1935. Erleichterung der makroskopischen Praeparation des Gehirns durch den Gefrierprozess. *Schweiz Arch Neurol* 36: 247–256.
- Marshall LH, Magoun HW. 1998. *Discoveries in the Human Brain*. Totowa, NJ: Humana Press, pag: 1-322.
- Mesulam MM. 1981. A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Ann Neurol* 10: 309–325.
- Mountcastle VB, Lynch JC, Georgopoulos A, Sakata H, Acuna C. 1975. Posterior parietal association cortex of the monkey: command functions for operations within extrapersonal space. *J Neurophysiol* 38: 871–908.
- Nieuwenhuys, R.; Voogd, J.; van Huijzen, C. 1988. *The Human Central Nervous System*. 3^o Edicion, New York: Springer Verlag, pag. 1-450.
- Petrides M. 1995. Impairments on nonspatial self-ordered and externally ordered working memory tasks after lesions of the mid-dorsal part of the lateral frontal cortex in the monkey. *J Neurosci*, 15: 359–75.
- Peuskens D, Van LJ, Van CF, van den BR, Goffin J, Plets C. 2004. Anatomy of the anterior temporal lobe and the frontotemporal region demonstrated by fiber dissection. *Neurosurgery* 55 (5): 1174–1184.
- Reil JC. 1809. Die Sylvische Grube oder das Thal, das gestreifte grobe hirnganglium, dessen kapsel und die seitentheile des grobn gehirns. *Archiv für die Physiologie* 9: 195–208.
- Reil JC. 1812. Die yördere commissur im groben gehirn. *Archiv für die Physiologie* 11: 89–100.
- Rizzo M, Robin DA. 1990. Simultanagnosia: a defect of sustained attention yields insights of visual information processing. *Neurology*, 40: 447–455.
- Spangler WJ, Cosgrove GR, Ballantine HT, Cassem EH, Rauch SL, Nierenberg A et al. 1996. Magnetic resonance image-guide stereotactic cingulotomy for intractable psychiatric disease. *Neurosurgery*, 38: 1071–8.
- Squire LR, Zola-Morgan S. 1991. The medial temporal lobe memory system. *Science* 253: 1380–6.

-
- Stuss DT, Benson DF.* 1986. *The Frontal Lobes.* New York: Raven Press.
- Tagamets MA, Novick JM, Chalmers ML, Friedman RB.* 2000. A parametric approach to orthographic processing in the brain: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12: 281–297.
- Ture U, Yasargil MG, Friedman AH, Al-Mefty O.* 2000. Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain. *Neurosurgery* 47: 417–426.
- Ungerleider LG, Mishkin M.* 1982. Two cortical visual systems. En: Ingle DJ, Goodale MA, Mansfield RJW, editors. *Analysis of visual behavior.* Cambridge, MA: MIT Press, pag. 549–86.