

11232

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y
NEUROCIRUGÍA
“MANUEL VELASCO SUÁREZ”**

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS NEOPLASIAS
NEUROEPITELIALES Y DEL DESARROLLO CEREBRAL FETAL
NORMAL MEDIANTE LA DISECCIÓN DE FIBRAS BLANCAS**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
NEUROCIRUJANO
PRESENTA**

JESÚS ANTONIO RAMÍREZ ALBA

TUTOR: DR. JUAN LUIS GÓMEZ AMADOR

MÉXICO D.F. FEBRERO DE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIRUGÍA
“MANUEL VELASCO SUÁREZ”**

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS NEOPLASIAS
NEUROEPITELIALES Y DEL DESARROLLO CEREBRAL FETAL NORMAL
MEDIANTE LA DISECCIÓN DE FIBRAS BLANCAS**

**TESIS
SERVICIO DE NEUROCIRUGÍA**


Dra. Teresa Corona Vázquez
DIRECTORA DE ENSEÑANZA



**INSTITUTO NACIONAL
DE NEUROLOGIA Y
NEUROCIRUGIA
DIRECCION DE ENSEÑANZA**


Dr. Sergio Gómez-Llata Andrade
PROFESOR TITULAR DEL CURSO


Dr. Juan Luis Gómez Amador
NEUROCIRUJANO ADSCRITO AL SERVICIO DE NEUROCIRUGÍA
TUTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Dr. Daniel Rembao Bojórquez
NEUROPATOLOGÍA

Dr. Citlaltépetl Salinas
NEUROPATOLOGÍA

Dr. Carlo Pane Pianese
NEURO-OTOLOGÍA

Dra. Ma. Guadalupe Isabel Montes Dorantes
NEURO-OTOLOGÍA

Por su colaboración en la elaboración de este trabajo

AGRADECIMIENTO

A mis padres

Delia Teresa y José de Jesús Antonio, por darme un ejemplo tan hermoso de honestidad, trabajo, esfuerzo y amor a toda prueba, que la vida no me alcanzará para corresponderlo.

A mis hijo

Jesús Antonio, por ser la prueba de que la perfección existe.

A mi hija

Brenda, por ser inspiración a cada minuto de mi vida, y base de toda mi esperanza.

A mi esposa

Lupita, por ser luz en cada momento oscuro, y belleza en cada momento de luz.

A mis hermanos

Fabiola, por dejarme ver que la vida es hermosa.

Adriana, por dejarme ver que la vida es justa.

Amanda y Efraín, por dejarme ver que la vida es mía.

A mis amigos

Nicasio, Juan Luis, y Mary, por estar conmigo aún sin conocerme, y por seguir conmigo aún después de conocerme.

A mis maestros

Sergio Gómez-Llata Andrade, porque no me dio solo un pescado, sino que me enseñó a pescar.

Nicasio Arriada, porque con él sé que la excelencia no es un momento de inspiración, sino el resultado de un impecable esfuerzo diario.

Juan Luis Gómez Amador, por enseñarme que aún después de haber aprendido tanto, aún no sé nada.

María Petra Herrera Guerrero, porque me enseñó que la honestidad y la paciencia, son las mejores armas en la adversidad, siempre.

A mi tío Francisco Vinicio Alba Cortés, por ser apoyo en mi momento más difícil, por devolverme la fe.

A Dios

Por poner tanta gente extraordinaria a mi lado.

“Hay un nuevo día naciendo mientras cae la lluvia,
y ahora es tiempo de caminar solo ...”

Mike Oldfield

RESÚMEN

INTRODUCCIÓN: Desde finales del siglo XIX, aunado a la técnica de fijación de especímenes con formol, se implementaron las técnicas de congelación y se aplicaron para el estudio neuroanatómico. Hacia el año 1935, se perfeccionó la técnica por el Dr. Klinger. Dicha técnica ha sido aprendida y empleada en forma subsecuente por el Profesor Yasargil en los 1950s; y por el Dr. Türe en la última década del siglo XX, en el laboratorio de Microneurocirugía Vascular de la UAMS en Little Rock, AK, EEU, siendo éste lugar donde se estandarizó la técnica, para su posterior utilización. En nuestro país y nuestro Instituto, hace apenas 2 años, el Dr. Gómez Amador comenzó a implementar la técnica de disección de fibras blancas, como un adjunto para el estudio neuroanatómico en el departamento de Neuropatología del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía 'MVS'. No obstante, dicho estudio se ha limitado básicamente al estudio de la anatomía normal, dejando de lado el estudio del comportamiento macroscópico de las lesiones intrínsecas del sistema nervioso central, así como las características del cerebro en desarrollo, pese a la proliferación cada vez mayor de conceptos tendientes a la Neurocirugía fetal.

OBJETIVO: Demostrar las ventajas de la técnica de disección de fibras blancas para normalizar su uso en el Instituto Nacional de Neurología y neurocirugía MVS, tanto para el estudio del cerebro normal, como del cerebro fetal y del cerebro con neoplasias epiteliales intrínsecas.

HIPÓTESIS: El sistema nervioso central humano se organiza en compartimientos anatómico-topográficos bien organizados, los cuales están intercomunicados de tal manera, que hay corredores anatómicos que permiten el acceso a todas las áreas cerebrales, producto de un desarrollo progresivo de pliegues de una misma superficie, más que el aislamiento de dichas áreas durante el desarrollo. Por tanto, es posible demostrar la compartimentalización del SNC y el comportamiento confinado a espacios específicos de las neoplasias epiteliales, partiendo de bases anatómicas y embriológicas de desarrollo y distribución de espacios y elementos del encéfalo; y con ello, demostrar que no hay lesiones parenquimatosas inaccesibles en el encéfalo.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se obtuvieron 14 cerebros de adulto, 6 de ellos íntegros y sin lesión y ocho más con presencia de tumor de estirpe glial operados de exéresis parcial de la misma. Todos ellos fijados con formol al 10% por al menos 3 meses, provenientes del departamento de Neuropatología de nuestro Instituto. Se obtuvieron además 35 cerebros fetales fijados en formol durante al menos 3 meses, con edades de gestación de 14 a 40 semanas, provenientes del departamento de Neuropatología en convenio con el Instituto Nacional de Perinatología. Se procedió al estudio externo de todos los encéfalos, observando las relaciones anatómicas de sus diferentes superficies y como cambian éstas conforme avanza el proceso de gestación. Se procedió al estudio externo del encéfalo, observando las relaciones aracnoideas. Se realizó la remoción de la aracnoides, vasos arteriales y venosos, así como de la piamadre, y se procedió a la congelación de todos los especímenes a una temperatura de -4°C a -10°C ; durante un periodo de 7 días, para los cerebros de adultos, y de 2 semanas para los cerebros fetales, posterior al cual, se sometieron a descongelación e inspección, se requirió nuevo congelamiento en algunos casos. Se procedió a realizar la disección anatómica, utilizando para el efecto, espátulas de madera de diferentes medidas, así como bisturí y pinzas de disección. Se estudiaron los compartimientos neocorticales y se profundizó en la disección, pudiendo observar las

diferentes fibras blancas, en un contexto tridimensional, lo que permitió una mejor apreciación de las diferentes estructuras.

El estudio se realizó en tres fases: En la primera, se realizó la técnica convencional de disección de fibras blancas en los 6 cerebros sin tumor para conocer la anatomía normal. En la segunda fase se realizó estudio de anatomía de superficie y disección de fibras blancas de los cerebros fetales representativos de 14, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 28, 32, 33, 34, 36, y 40 semanas de gestación, en ambos hemisferios. Finalmente, en una tercera fase se disecaron con la misma técnica los ocho especímenes de pacientes portadores de neoplasias neuroepiteliales.

RESULTADOS: El estudio anatómico tridimensional con disección de fibras blancas facilitó la comprensión y el aprendizaje de la anatomía tridimensional tanto funcional como quirúrgica. El desarrollo del sistema nervioso central tiene una disposición de formación progresiva de pliegues que forman corredores anatómicos definidos que hacen a cualquier área cerebral accesible quirúrgicamente. Además, el desarrollo de las vías cortico-nucleares, cortico-basales, y cortico-espinales está presente desde que termina la etapa embrionaria e inicia la etapa fetal y no se modifica en su trayecto; y las estructuras tales como la *corona radiata*, el tálamo, el hipotálamo, y los núcleos de la base están bien definidos en sus límites desde etapas tempranas de gestación fetal. Salvo para acoplarse al plegamiento progresivo de los hemisferios cerebrales, y para su mielinización, proliferación y maduración progresiva, la anatomía gruesa macroscópica es en esencia la misma. Las fibras aún no mielinizadas son mucho más delicadas para su manipulación y de más difícil disección, sin embargo ésta siempre fue posible. Y el entendimiento de la forma de plegarse la corteza frontal, parietal, temporal y occipital para rodear a la ínsula da la explicación anatómica más clara de la disposición anatómica y funcional del encéfalo. Finalmente, las áreas afectadas con tumor estuvieron macroscópicamente bien delimitadas y fueron completamente susceptibles de una diferenciación notable con el microscopio quirúrgico convencional para su exéresis macroscópicamente total.

CONCLUSIONES: La técnica anatómica de disección de fibras permite un mejor conocimiento de la compartimentalización del sistema nervioso central, lo que se traduce en una mejor conceptualización tridimensional de dichas estructuras. Esta técnica permite conocer los límites entre los diferentes compartimientos, con fines aplicables a la práctica clínica tanto médica como quirúrgica, desde el aprendizaje de la anatomía normal, hasta la comprensión del desarrollo del cerebro fetal y del desarrollo de neoplasias intrínsecas.

ÍNDICE

	Página
Introducción	2
Historia	4
Antecedentes	9
Hipótesis	10
Objetivos	11
Material y Métodos	12
Resultados	35
Discusión	78
Conclusiones	84
Bibliografía	86

INTRODUCCIÓN

Disección de fibras blancas en el cerebro normal y en el cerebro con tumor intrínseco

El Profesor M. Gazi Yasargil, ha postulado y demostrado que cualquier lesión en cada región del sistema nervioso central, puede ser abordada sin usar una guía de navegación y marcaje del blanco asistida por computadora, y de hecho va más allá al afirmar que dichas lesiones pueden ser eliminadas selectivamente ('lesionectomía pura') (1,2) con resultados más que aceptables; y con índices de morbilidad operatoria y mortalidad abatidos notablemente. Las nuevas generaciones de neurocirujanos, de acuerdo con su concepto, deberán dedicar más tiempo en el entrenamiento en el laboratorio, profundizando en su conocimiento de la neuroanatomía y ganando experiencia en las técnicas quirúrgicas.

Ese mismo concepto de la enseñanza intensiva encaminada al dominio de la anatomía, y las horas largas de trabajo en el laboratorio de cirugía experimental para dicho fin, así como para desarrollar habilidades que van desde cosas tan básicas para la Neurocirugía como el manejo del microscopio quirúrgico, hasta entrenamientos más complejos como la adecuada manipulación del parénquima cerebral y los vasos sanguíneos en la cirugía neurovascular y de tumores intrínsecos, ha sido desde hace más de 30 años aplicada en nuestro Instituto por el Dr. Gómez-Llata, permitiendo a los residentes de neurocirugía tener un aprendizaje de las técnicas neuroquirúrgicas con la mayor cantidad de bases lógicas posibles.

El desarrollo de la disección de fibras blancas lleva muchos años de historia, con cada vez mayores innovaciones y aportaciones de parte de los maestros de diversas partes del mundo; sin embargo, casi sorpresivamente, apenas se han publicado algunos artículos concretamente relacionados a lo mismo: La descripción del fascículo fronto-occipital (3), la disección de fibras blancas del aspecto lateral del hemisferio cerebral (4), y la anatomía topográfica de la región insular (5), así como la disección de fibras descrita por Rhoton (6), en donde por cierto no menciona para nada a Yasargil ni a Klinger. En nuestro país es prácticamente desconocida ésta técnica, salvo la mención de estudios históricos o descripciones de la bibliografía, como consta en la nula producción de artículos al respecto.

Dicha técnica anatómica, permite un mejor conocimiento de la compartimentalización del sistema nervioso central, lo que se traduce en un mejor concepto tridimensional de dichas estructuras. Esta técnica permite conocer los límites entre los diferentes compartimientos anatómicos, con fines aplicables a la práctica clínica tanto médica como quirúrgica, no solamente en el entendimiento de patologías tumorales o defectos congénitos del sistema nervioso, sino una real aplicación a la naciente y creciente técnica de cirugía fetal.

Disección de fibras blancas en el cerebro fetal

No obstante, pese al uso muy difundido de la técnica de disección de fibras blancas en cerebros humanos de adultos para su estudio anatómico, y de la gran cantidad de estudios existentes respecto a la descripción de la anatomía microscópica del cerebro fetal en sus diferentes etapas de desarrollo, prácticamente es nula la literatura respecto a la disección de fibras blancas de dichos cerebros fetales, y por tanto, poca literatura de la correlación con la influencia de factores de crecimiento y de hallazgos de evolución en cerebros de fetos de diferente edad gestacional, esto es, desde las 12 hasta las 40 semanas de gestación (162-169), por lo que la escasez de imágenes reales y la gran difusión de imágenes dibujadas por artistas o bien imágenes reproducidas por estudios de resonancia

magnética de alta definición y ultrasonido tridimensional prenatal , o por otro lado la gran variedad de descripciones histológicas, dificultan el entendimiento de la evolución y modificación de la anatomía en forma tridimensional, porque todos estos diferentes estudios mencionados, en realidad no resuelven la incógnita principal y la razón del presente estudio: ¿Cómo es la anatomía del cerebro fetal? No solamente hablando de anatomía de superficie, sino de las diferentes vías aferentes y eferentes y su interrelación tridimensional entre sí, en el cerebro real (179-212).

Si entendemos, claramente el concepto embriológico y fetal, y el concepto de compartimentalización (1,2,163,164), es evidente que es prioritario un entendimiento claro de la anatomía cerebral, y para lograrlo, además de dominar la anatomía tridimensional del cerebro del adulto, se debe de igual manera dominar los cambios que existen en las diferentes etapas de crecimiento fetal desde sus etapas tempranas hasta la culminación del desarrollo intrauterino logrado con el nacimiento, y para ello es imprescindible conocer el cerebro fetal real y sus cambios reales, ya que una imagen dice más que mil palabras. El interés por la anatomía fetal va renaciendo recientemente después de una larga etapa de letargo en donde nos hemos conformado con descripciones limitadas y superficiales debido a que escasean los estudios concretos de anatomía macroscópica tridimensional. El advenimiento de la cirugía fetal le ha dado un gran impulso al estudio detallado de la anatomía, con el fin de lograr mejores resultados cada vez (171-178).

Los vertiginosos avances en cirugía fetal intrauterina para la corrección de lesiones del sistema nervioso central como los diferentes defectos de cierre de la línea media y la hidrocefalia, generan un sin fin de preguntas respecto a los limitados conocimientos de anatomía tridimensional pese a la gran difusión de un sin fin de libros y artículos de anatomía, las más de las veces basados en conceptos no siempre necesariamente exactos, o bien, en estudios indirectos de imagen como el ultrasonido o la resonancia magnética, que si bien son notables, no sustituyen definitivamente el conocimiento de la anatomía real que debe crearse en la mente de todo cirujano.

La disección de fibras permite un estudio integral del sistema nervioso, de lo que nace la inquietud de extender dicha técnica de estudio hacia modelos de cerebros cada vez más jóvenes hasta llegar al estudio concreto de cerebros fetales, y la idea de demostrar que dichos hallazgos son indispensables para diferentes áreas de la Neurocirugía no solo en adultos, sino en la Neurocirugía fetal.

La técnica básica consiste en la preparación del espécimen, y su disección subsecuente. El valor del estudio puede trascender, al modificar nuestro concepto respecto de los fenómenos ocurridos para la evolución de un cerebro en desarrollo a un cerebro maduro.

Por otro lado, el estudio de la anatomía mediante la disección de fibras blancas en fetos no se ha realizado y su comportamiento en el feto en desarrollo es poco conocido, habiendo realmente poca información respecto al comportamiento tridimensional del encéfalo en desarrollo, y siendo muy poca la información en modelos reales de cerebros de fetos humanos: ya que este tipo de estudio se ha enfocado más a cerebros de adultos ya desarrollados y bien definidos y mielinizados.

HISTORIA

Volviendo los ojos hacia nuestra historia, vemos que desde la antigüedad, el estudio del sistema nervioso ha maravillado, fascinado, enmudecido, enloquecido e incluso aterrorizado al ser humano. Se tienen datos fidedignos, de que en las culturas antiguas como los pueblos celtas del norte de Europa, los incas y los aztecas en América y los egipcios en África, y en fin, en casi todas las culturas del mundo, se hacían ya burdos esbozos de técnicas quirúrgicas. La trepanación es el procedimiento neuroquirúrgico más antiguo del mundo, y se han descubierto cráneos con trépanos en diversas partes del mundo; el primero encontrado en Francia en 1873, y el más antiguo hallado en el norte de África y que data desde hace 10,000 años AC. La realización de trepanaciones perseguía objetivos divinos las más de las veces, atribuyéndose muchos estados patológicos del sistema nervioso a desórdenes que se relacionaban directamente con sus conceptos religiosos y culturales (7-13). Aunque por otro lado, ha habido descripciones de que se realizaban de alguna manera con un principio, si bien limitado, presente al fin, de lógica razonada acerca de las ventajas de abrir el cráneo y dejar salir el mal, tal vez sin saber en todo caso, que la liberación de la presión intracraneal o el drenaje de colecciones como método terapéutico sigue siendo la base de nuestra práctica diaria aún a la fecha (14-16). De aquellos tiempos, también se deriva el hecho de que a un paciente con un padecimiento de índole puramente neurológica, se le considerara relegado desde el punto de vista social, cultural y económico; lamentablemente como aún ocurre hoy en día. Ya en el código de Hammurabi, se decretó que: "... un esclavo que padezca de ataques (Epilepsia), puede ser regresado a su antiguo dueño, y éste debe de pagar en retribución al comprador...". Se conoce que los egipcios, dentro de sus rituales de momificación, realizaban la extracción del encéfalo mediante lo que consideramos ahora un abordaje trans-esfenoidal, técnica después retomada por Giordano (17) y Horsley (18). Y aunque es el corazón al que se le atribuían y aún se atribuyen las funciones vitales, y un órgano merecedor de reposar eternamente en un canope, es un hecho evidente que el cerebro ha sido tratado de alguna manera con más aversión y al mismo tiempo con más veneración, por una simple y sencilla razón: A diferencia de otros órganos, es con mucha claridad, ínfimo lo que sabemos del cerebro, y abrumadoramente inmenso lo que no sabemos; además de que, perder el corazón significa perder la vida, pero perder el cerebro, es perder el alma. En realidad, los avances en la comprensión del sistema nervioso central apenas tienen sus primeras luces desde hace cuando mucho 20 años. Y la mayoría de las bases para su estudio, han sido superficiales y erróneas, o en el mejor de los casos, contradictorias (1,12,13,31,34).

Hacia los tiempos de Hipócrates, ya se considera al encéfalo, como el origen de un sin fin de funciones complejas, y como el asentamiento de gran parte de los procesos morbosos que se atribuían previamente a entidades divinas malignas. Y aunque insistiendo casi de un modo predecible en lo mismo, aún a la fecha se siguen atribuyendo las enfermedades del sistema nervioso central a entidades malignas y ajenas a la fisiología y la anatomía del individuo, en todas las culturas (12,13,33).

El estudio formal del sistema nervioso, se pierde en gran parte a la falta de acervos bibliográficos de aquellos tiempos, sin embargo, se sabe que en durante el esplendor de Alejandría, se realizaban vivisecciones que tenían como objetivo el análisis tanto de la fisiología como de los conceptos anatómicos que envuelven al ser humano, estas técnicas aunque propiciadas por entusiastas estudiosos, caen en desuso, por su naturaleza demasiado lógica para esas sociedades acostumbradas por generaciones a la más fácil tarea de echar la

culpa a los dioses de sus males, más que a investigarlos, estudiarlos y manipularlos. El estudio en cadáveres es, y ha sido grandemente mitificado, principalmente por estigmas sociales. Aún ahora, por ejemplo, la dificultad para trabajar con cerebros humanos y más aún con cerebros de fetos en instituciones dedicadas *ex professo* a ello, es de manera notable, entorpecido y demeritado por la gente que, de modo misterioso, menos tiene que ver con dicho estudio (19,24).

A pesar de ello, durante el Renacimiento; por fin, se favorecen los estudios anatómicos, en parte por el gran interés académico y cultural que florece en Europa. También durante este tiempo, se conoce que los grandes médicos de la cultura árabe, realizan procedimientos de disección. Hacia el periodo Barroco, surgen en Europa, principalmente en las escuelas italianas y francesas, la realización de moldes de vaciado de cera, donde se obtienen modelos anatómicos de gran precisión, que son tomados de modelos originales obtenidos de disecciones cadavéricas, un ejemplo notable de este tipo de prácticas lo constituye la suprema y magistral obra del escultor Gaetano Zumbo en el Museo de la Escuela de *la Specola* en Florencia, a fines del siglo XVII, donde se aprecia que, a pesar de la gran exactitud anatómica, los modelos anatómicos, presentan cambios que reflejan la falta de preservación de los mismos (32). Existen grandes avances en lo concerniente al estudio anatómico y fisiológico, en donde sobresalen nombres tales como los de Galeno (19), Sylvius, Rolando, Varolio (1,2,13), Tulp (14), Dudley (26), Broca (15,25,28,29), Giordano (17), Horsley (16,18), Keen (21), Willis (1,20), Sherrington y Cushing (1,30), Penfield (1,2,13), Quesnay y Roberts (23,24) y prolongando una interminable lista de valiosas contribuciones de los estudiosos del sistema nervioso en el mundo a través de los días. Son también notables a finales del siglo XIX y principios del siglo XX los estudios enfocados a la búsqueda de una anatomía más funcional interesada en la localización de las funciones cerebrales (25,31). Estos avances en parte, corresponden a modelos anatómicos realizados gran parte de las veces en forma furtiva. Hacia mediados del siglo XIX, se implementan nuevas técnicas de conservación de especímenes anatómicos, introduciendo las técnicas de congelación como una alternativa para la preservación de las piezas (1-4). De esta forma se logra junto con el avance del interés clínico un entendimiento de la forma y la función del sistema nervioso, como no se había logrado antes. Haciendo un poco de más historia, vemos que el punto clave en la evolución de la cirugía cráneo-espinal hacia la cirugía fisiológica del sistema nervioso comienza con la investigación de Theodore Kocher, Victor Horsley, Harvey Cushing, y Walter Dandy (12,13,34); respecto a la importancia del sistema del líquido cefalorraquídeo. Este fue de hecho el primer paso de una tendencia hacia la neurofisiología integral, que inició los procedimientos neuroquirúrgicos en una base rutinaria. La profunda investigación del hipotálamo de R.W. Hess y sus asociados llevó a intensificar los estudios de las unidades funcionales integrales autorreguladas del sistema nervioso central (“homeostasis dinámica” en las palabras de W.B. Cannon) (1).

Sin duda, la especialidad de Neurocirugía es muy joven en relación a otras especialidades, tomando en cuenta que apenas a finales de 1949 empezaba a florecer la enseñanza neuroquirúrgica con el Profesor Hugo Krayenbühl en Basilea, Suiza. Y la descripción de la anatomía, desde *De humani corporis fabrica* de Andreas Versalius en 1542, hasta los mejores trabajos de descripción anatómica del sistema nervioso como son *Brain and Spinal Cord* de Villiger y Ludwig en 1946, que a decir de Yasargil es la mejor descripción del sistema nervioso central (1); y *The Atlas Cerebri Humani* de 1956 de Ludwig y Klinger, que debe ser definido literalmente como la biblia neuroquirúrgica en los 50s (1,59).

Destacan particularmente los estudios del Profesor Klinger (58), quien en forma ingeniosa, descubre que combinando la preservación del encéfalo, en formol al 10% y sometiendo el espécimen a congelación, es posible, trazar en forma exacta las diferentes vías de asociación de la sustancia blanca en donde compila disecciones precisas de los diferentes sistemas funcionales y donde se hace evidente el concepto de las bien diferenciadas fronteras entre los diferentes componentes del sistema nervioso central, la justamente llamada por Yasargil “compartimentalización” específica que presenta el sistema nervioso central. De forma tradicional, se ha subdividido al encéfalo, en territorios asignados al azar, y que desgraciadamente no corresponden a las unidades funcionales y anatómicas que se descubren con esta técnica. Gazi Yasargil, alumno del Dr. Klinger, aprende esta técnica en el laboratorio de Anatomía en la Universidad de Basilea, y lo aplica a la práctica clínica, entendiendo al sistema nervioso, como la consecuencia de su desarrollo embriológico, y estableciendo el concepto de compartimentalización que lo caracteriza, esto es, imaginar al cerebro como una casa, pensar en cada uno de los cuartos que lo forman, y donde si ocurre algún problema en uno de dichos cuartos, la manera de resolverlo no es abriendo un hoyo en la pared, sino de manera abrumadoramente lógica, entrando por las respectivas puertas, y sobre-entendiendo que, todas las habitaciones de dicha casa, son accesibles si se conocen las puertas correctas. En la práctica quirúrgica, por otro lado, y en base a los estudios realizados a mediados de los años cincuentas, y pese a las cada vez más acuciosas y perfeccionadas técnicas de imagen, las neoplasias neuroepiteliales se han considerado siempre como de carácter infiltrativo, invasivo, y casi caprichoso. Este concepto ha permitido que el abordaje quirúrgico se distorsione, dado que al tratar una lesión “infiltrante”, todo lo que se puede realizar es una exéresis parcial, usualmente destructiva y dejando un remanente tumoral post-quirúrgico importante. Así, desde hace varios años la descripción de los sitios de predilección de los tumores en las áreas límbicas, paralímbicas y del tallo, llevó a Yasargil a documentar y definir su naturaleza expansiva, más usualmente no infiltrativa; demostrando que una neoplasia puede ser extirpada por completo, y si presenta recidiva, dicha reaparición será siempre en el mismo sitio afectado previamente y no en otro compartimiento, concepto que es sin lugar a dudas la base de este trabajo (1,2).

Yasargil introduce el concepto de cirugía de invasión mínima en forma conceptual, refiriéndose a la mínima invasión más bien como a mínima destrucción de los tejidos, y no a abordajes pequeños, utilizando los corredores quirúrgicos naturales, y mediante la navegación cisternal, fisural y sulcal, logra la exéresis de lesiones intrínsecas de origen neuroepitelial, mediante lesionectomías selectivas, enfatizando que no se deben de violar compartimientos adjuntos, a fin de no favorecer la diseminación temprana de la lesión original, evento que se aprecia en los estadios finales de la evolución de la enfermedad (1-5).

Este concepto de abordaje quirúrgico a través de corredores naturales del parénquima cerebral, conocido y definido por Yasargil como “Key Hole”, no ha sido, según sus propias palabras, entendido del todo, e incluso ha sido cambiado por la concepción diferente de que una mini-craneotomía es un key hole, como lo mencionan Janetta o Perneckzi, si bien, estamos hablando de cosas completamente distintas (1,2).

Aunque los resultados de la lesionectomía pura son más que alentadores, en la mayoría de los casos no han sido reproducidos, en parte debido a conceptos arraigados y enseñanzas anacrónicas; sin embargo, si entendemos claramente el concepto de desarrollo embriológico y el concepto de compartimentalización, es evidente que las ventajas que

ofrece este abordaje para este tipo de lesiones es no solo posible, sino deseable, y debe ser más la norma que la excepción en el quirófano (1,2).

Hasta el momento no se ha demostrado en especímenes cerebrales cadavéricos el comportamiento anatómico de las lesiones tumorales neuroepiteliales desde el punto de vista de la disección de fibras blancas, ni tampoco el estudio en especímenes fetales.

Recientemente ha existido un renacimiento del uso de las técnicas de disección de fibras blancas, como una alternativa más para el estudio del sistema nervioso central. Los estudios anatómicos del Dr. Rothon (6,38-54), despertaron un interés generalizado sobre el conocimiento de la anatomía microquirúrgica, con la finalidad de realizar un procedimiento neuroquirúrgico más perfeccionado y con un más alto nivel de seguridad. Se han abierto numerosos laboratorios dedicados al estudio anatómico, donde el principal objetivo es familiarizar al aprendiz en las diferentes técnicas de preparación de especímenes, mediante inyecciones en los vasos sanguíneos de látex o silicón, además de permitirle realizar las disecciones pertinentes, que serán de crucial importancia durante su práctica neuroquirúrgica diaria. Al momento, quizá las mejores técnicas en la preparación de especímenes cadavéricos, se ha logrado en el laboratorio de Anatomía Práctica de la Universidad de St. Louis MO, donde en el proceso se logra una consistencia blanda del espécimen que semeja las condiciones quirúrgicas (3-5,37). Otro avance importante, y que quizá revolucionará en el futuro la perspectiva del entrenamiento neuroquirúrgico, lo constituye la Anatomía Dinámica (36), diseñada en el laboratorio de Microneurocirugía Vasculardel departamento de Neurocirugía de la Universidad de Arkansas. Sin embargo, a pesar de estos avances que principalmente se enfocan en el aspecto microquirúrgico, es indispensable, que se logre un entendimiento tridimensional neuroanatómico, de tal forma, que se integre el concepto de compartimentalización, como una base embriológica, anatómica y funcional, en la planeación de los diferentes procedimientos quirúrgicos diseñados para el tratamiento de las lesiones intrínsecas, mediante un conocimiento vasto de los corredores sulcales, fisurales y cisternales que nos dan acceso a estos compartimientos.

En algún momento de la historia neuroquirúrgica, se consideraron lesiones inoperables aquellas localizadas en la profundidad del encéfalo, así como aquellas localizadas en las llamadas "áreas elocuentes". Es bien sabido que no existen áreas elocuentes y áreas no elocuentes, dado que el sistema nervioso central, está organizado en forma integral, de tal forma, que todas las áreas deben de considerarse elocuentes. Por otro lado, todas las áreas cerebrales están interconectadas entre sí, aún las más aparentemente alejadas como la región frontal y occipital. Estas interconexiones están también perfecta y naturalmente delimitadas, y por tanto, nuestro deber como estudiosos del sistema nervioso es conocer perfectamente dichos límites, de tal modo que nuestra técnica quirúrgica sea impensable sin tener dichos conceptos en mente. Yasargil, con este concepto, diseña y aplica diferentes técnicas microquirúrgicas basadas en los principios de navegación cisternal, fisural, sulcal, y la realización de lesionectomías puras, concluyendo que en realidad no existen lesiones inoperables, en cuanto a su localización, y dando al valor clínico del estado del paciente, la toma de decisión en cuanto a la realización de determinado procedimiento (1,2).

También en el laboratorio de microneurocirugía vascular de la UAMS, renació la disección de fibras blancas, como una técnica indispensable para el entendimiento del sistema nervioso central; y bajo la tutela de Yasargil, Türe rescata esta técnica y la estandariza en el laboratorio, publicando recientemente sus resultados. El Dr. Gómez

Amador, adopta esta técnica directamente de Türe y Yasargil, y la introduce al INNN, como una técnica anatómica para el estudio integral del sistema nervioso.

De los conceptos anteriormente mencionados, nace la idea de realizar un estudio anatómico, donde el objetivo, sea analizar desde este punto de vista el comportamiento anatómico-topográfico que exhiben las neoplasias neuroepiteliales.

La técnica básica, ha sido modificada, y aplicada con excelentes resultados, y consiste en la preparación del espécimen, y su disección subsecuente. El valor del estudio puede trascender, al modificar nuestro concepto en el abordaje microneuroquirúrgico para el tratamiento de este tipo de lesiones.

Evidentemente, el motivo del presente trabajo no es descubrir el hilo negro, puesto que se describe el uso de una técnica que tiene más de 50 años usándose; sin embargo, sí trata de ser un trabajo estimulante hacia la generalización de dichas técnicas de enseñanza e investigación, para que en México sean vistas no como una novedad, sino como algo totalmente rutinario en la residencia de Neurocirugía, además de que sí se trata de aportar una ampliación hacia el desarrollo de la técnica de disección de fibras blancas en cerebros fetales, como un pequeño intento de comprender las bases de la Neurocirugía fetal y las bases explicativas del desarrollo de la anatomía cerebral para comprender y aprender mejor su compartimentalización, por un lado, y por otro, aplicar dichos conceptos para entender el comportamiento real de las neoplasias cerebrales. La técnica de disección de fibras blancas es la base fundamental del presente estudio.

Actualmente es reconocido que los avances en la ciencia, la tecnología y la industria fortalecen el arte de la medicina y la cirugía, y por tanto, particularmente en el campo que nos compete, la Neurocirugía evolucionará cada vez más a un diagnóstico preciso y a técnicas quirúrgicas más efectivas (63-76).

Sin embargo, el dominio de la anatomía es absolutamente indispensable en la práctica neuroquirúrgica, y se requiere un conocimiento más preciso y detallado de la anatomía vascular, cisternal, sulcal, giral y parenquimatosa del sistema nervioso central.

El Dr. Turê ha revitalizado de gran forma la técnica descrita por el Dr. Klinger explorando la sustancia blanca del cerebro, sus fibras conectivas y sus numerosas unidades funcionales, capa por capa, logrando un mejor entendimiento bajo el microscopio quirúrgico (3-5).

El trabajo del Dr. Yasargil y del Dr. Turê estimula al neurocirujano formado y en formación, a adoptar estas técnicas meticulosas de disección para estudiar la microanatomía del cerebro, para de esta manera, realizar en el quirófano lesionectomías puras y mantener sin lastimarla, la integridad del sistema nervioso de tal modo que las técnicas novedosas de imagen y diagnóstico puedan ser aplicadas más efectivamente.

La técnica de disección de fibras de la sustancia blanca es un proceso único para exponer íntegramente las estructuras para su examen, análisis y estudio.

Las principales herramientas de disección son dos espátulas y unas pinzas de disección, así como un bisturí con hoja 10 o 12. Por tanto tiene todo lo deseable en una innovación: Es efectiva, accesible y perfeccionable.

ANTECEDENTES

Existe un gran acervo de estudios descriptivos de la anatomía del sistema nervioso central, todos ellos tratando y logrando las más de las veces ser muy detallados y de gran utilidad para el desarrollo de técnicas quirúrgicas cada vez más cuidadosas y exitosas (86-138). No obstante, estos conocimientos anatómicos están en constante actualización y revaloración desde diferentes puntos de vista, haciendo especial énfasis en la descripción de la microanatomía quirúrgica por un lado, y la anatomía real por otro. El desarrollo de la literatura desde descripciones superficiales e incompletas y poco esquemáticas hasta la preponderancia actual de descripciones con gran lujo de detalles y con una gran cantidad de imágenes y fotografías de extraordinaria calidad desde diversas perspectivas, tanto de anatomía real como de anatomía imagenológica (77-85), hacen que el concepto anatómico y funcional sea cada vez mejor comprendido y mejor utilizado a favor de nuevas técnicas quirúrgicas (1-6,35-62).

Los antecedentes de este tipo de técnica en cerebros de fetos en desarrollo de diferentes edades gestacionales son también nulos en la literatura de habla inglesa e hispana o bien, son enfocados a la anatomía de superficie de la corteza de los hemisferios o recientemente a la descripción detallada pero virtual de la anatomía a través de estudios de imagen, sin estudiar las diferentes vías centro-periféricas blancas y núcleos basales y tallo, con sus respectivas vías cerebelosas y de los diferentes nervios craneales; y menos aún correlacionando este comportamiento anatómico con factores de crecimiento y con hallazgos de histología normal de las diferentes estructuras cerebrales en desarrollo (163-212).

El comportamiento de las neoplasias neuroepiteliales, se puede estudiar desde varios aspectos: El comportamiento biológico, las vías de diseminación, los aspectos inmunológicos relacionados, las consecuencias patológicas locales, por contigüidad y a distancia, la respuesta a los diferentes tratamientos propuestos; sin embargo, poco es lo que se ha escrito acerca del comportamiento anatómico-topográfico de este tipo de lesiones.

En base a estudios realizados en los años 50's se etiquetó a este grupo de lesiones como neoplasias de comportamiento infiltrativo, diseminadas. Sin embargo, al estudiar los conceptos de compartimentalización del Profesor Yasargil, y al valorar cuidadosamente los estudios radiológicos, y los hallazgos transoperatorios, caben ciertas dudas, y aunque existen entidades patológicas específicas, que sí presentan el comportamiento de lesiones difusas, la mayor parte de las lesiones originales, no presentan este comportamiento.

Al momento no existe algún estudio que aborde este aspecto de disección de fibras blancas respecto del comportamiento de las lesiones neuroepiteliales. Si bien el Profesor Yasargil siempre ha mencionado dicho concepto, la verdad es que no hay, en nuestro conocimiento, estudio que lo confirme tanto micro como macroscópicamente. Por tanto, el concepto aunque está dicho desde hace mucho tiempo, en nuestro medio y en nuestro país al menos, es algo nulumamente estudiado (2,139-162).

HIPÓTESIS

a) De la fase I:

- **H1:** El sistema nervioso central humano se organiza en compartimientos anatómo-topográficos bien delimitados
- **H0:** El sistema nervioso central humano no se organiza en compartimientos anatómo-topográficos bien definidos.

b) De la fase II:

- **H1:** El sistema nervioso central humano se organiza en compartimientos anatómo-topográficos bien organizados, los cuales están intercomunicados de tal manera, que hay corredores anatómicos que permiten el acceso a todas las áreas cerebrales, producto de un desarrollo progresivo de pliegues de una misma superficie, más que el aislamiento de dichas áreas durante el desarrollo.
- **H2:** Los cambios anatómicos son influidos no solamente por el crecimiento en tamaño y peso del encéfalo, sino que se corresponden con estímulos directos determinados en determinadas áreas y momentos del desarrollo.
- **H3:** Es posible la realización del estudio de la anatomía de fibras blancas en cerebros fetales del mismo modo que ocurre en cerebros postnatales con la técnica descrita.
- **H4:** Es posible aventurarse cada vez más en el desarrollo de nuevas técnicas de cirugía, las cuales son cada vez más invasivas y complejas, incluyendo la cirugía del sistema nervioso fetal.
- **H0:** El sistema nervioso central humano no está organizado en compartimientos anatómo-topográficos organizados, ni es factible establecer la anatomía en desarrollo del encéfalo con esta técnica de disección de fibras blancas.

c) De la fase III:

- **H1:** Las neoplasias neuroepiteliales se confinan a compartimientos específicos dentro del sistema nervioso central en sus estadios iniciales.
- **H2:** Es posible demostrar la compartimentalización del SNC y el comportamiento confinado a espacios específicos de las neoplasias neuroepiteliales.
- **H0:** El sistema nervioso central humano no está organizado en compartimientos anatómo-topográficos organizados, y las neoplasias neuroepiteliales se comportan como lesiones infiltrativas y difusas. Los modelos experimentales no demuestran ni compartimentalización, ni confinamiento de las neoplasias neuroepiteliales.

OBJETIVOS

Objetivo general

Demostrar que el sistema nervioso central humano se organiza en compartimientos anatomo-topográficos bien organizados, y que este concepto debe ser la base de cualquier desarrollo tendiente a mejorar la técnica neuroquirúrgica que implique invadir el parénquima cerebral.

Objetivos específicos

Demostrar que:

1. El sistema nervioso central humano se organiza en compartimientos anatómico-topográficos bien organizados, los cuales están intercomunicados de tal manera, que hay corredores anatómicos que permiten el acceso a todas las áreas cerebrales, producto de un desarrollo progresivo de pliegues de una misma superficie, más que el aislamiento de dichas áreas durante el desarrollo.
2. Los cambios anatómicos son influidos no solamente por el crecimiento en tamaño y peso del encéfalo, sino que se corresponden con estímulos directos determinados, en áreas determinadas y momentos determinados del desarrollo.
3. Es posible la realización del estudio de la anatomía de fibras blancas en cerebros fetales del mismo modo que ocurre en cerebros postnatales con la técnica descrita.
4. Es posible aventurarse cada vez más en el desarrollo de nuevas técnicas de cirugía, las cuales cada vez más invasivas y complejas, incluyendo la cirugía del sistema nervioso fetal.
5. Las neoplasias neuroepiteliales se confinan a compartimientos específicos dentro del sistema nervioso central en sus estadios iniciales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar un estudio descriptivo mediante la disección anatómica del encéfalo, se obtuvieron un total de 64 cerebros: Catorce cerebros de adultos, y 50 cerebros fetales con edades gestacionales desde 10 hasta 40 semanas. Los 14 cerebros de adultos fueron obtenidos a través del servicio de Patología del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía MVS y fueron producto de necropsias realizadas en dicho Instituto. Los 50 cerebros fetales fueron obtenidos como donación del Servicio de Patología del Instituto Nacional de Perinatología al servicio de Patología del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía MVS para su disección con el uso de la técnica de disección de fibras blancas, todos ellos producto de abortos y óbitos de madres atendidas en dicho Instituto y donados por las respectivas madres al Servicio de Patología de la misma Institución de Perinatología. Los 14 cerebros adultos fueron óptimos para su estudio anatómico. De los 50 cerebros fetales, fueron descartados 15 cerebros de diversas edades gestacionales por no estar adecuadamente fijados en formol y algunos incluso por presentar datos de descomposición. Se incluyeron finalmente 35 cerebros fetales para su estudio. Se decidió que la edad exacta y el sexo de los cerebros de adulto no era trascendente para el estudio. Del mismo modo se omitió el registro del sexo para los cerebros fetales. Pero las edades gestacionales fueron como sigue: Cuatro cerebros de 14 semanas de gestación (SDG), 3 de 16 SDG, 3 de 18 SDG, 3 de 20 SDG, 2 de 21 SDG, 6 de 22 SDG, 4 de 24 SDG, 1 de 28 SDG, 3 de 32-33 SDG, 2 de 34 SDG, 2 de 36 SDG, y 2 de 40 SDG, (total 35 cerebros).

Respecto de los 14 cerebros adultos, 6 de ellos fueron producto de necropsia por muerte por causas no relacionadas a masas ocupativas vasculares o tumorales, y por tanto sin lesión estructural; todos completos. Los otros ocho cerebros tenían además la presencia de un tumor de estirpe glial (gliomas grado II-III) operados de exéresis parcial de la misma, éstos últimos incompletos, es decir, solamente con parénquima supratentorial, y además cortados coronalmente debido a su estudio patológico.

Todos los cerebros fetales fueron abortados u obitados sin evidencia aparente de malformaciones del sistema nervioso central, aunque se desconoce si hubo alguna otra malformación presente, al menos las características macroscópicas de la anatomía de superficie fueron normales. Todos los cerebros tanto fetales como de adultos fueron fijados con formol al 10% por al menos 1 mes. Se procedió al estudio externo de la anatomía giral, sulcal y cuando fue posible, cisternal superficial de todos los encéfalos, eliminando por las características del estudio, la anatomía vascular; de todos los cerebros tanto fetales como de adulto, observando las relaciones anatómicas de sus diferentes superficies y, en el caso de los cerebros fetales, como cambian éstas conforme avanza el proceso de gestación. Se procedió al estudio externo del encéfalo, observando las relaciones aracnoideas (**Fig. 1a-d**).

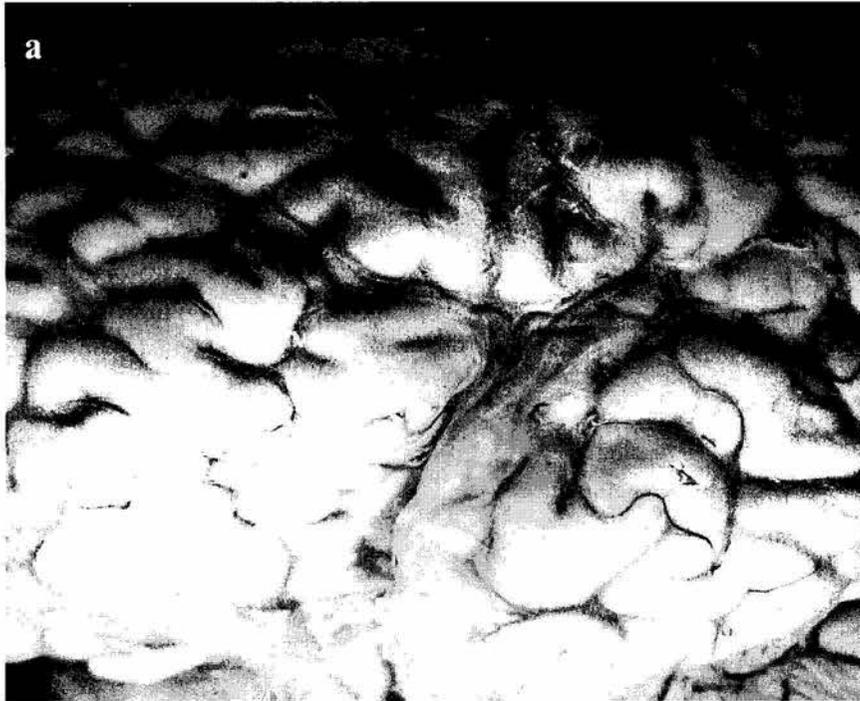


Fig. 1a. Aspecto de la cara lateral del hemisferio cerebral, demostrando la cisterna silviana.

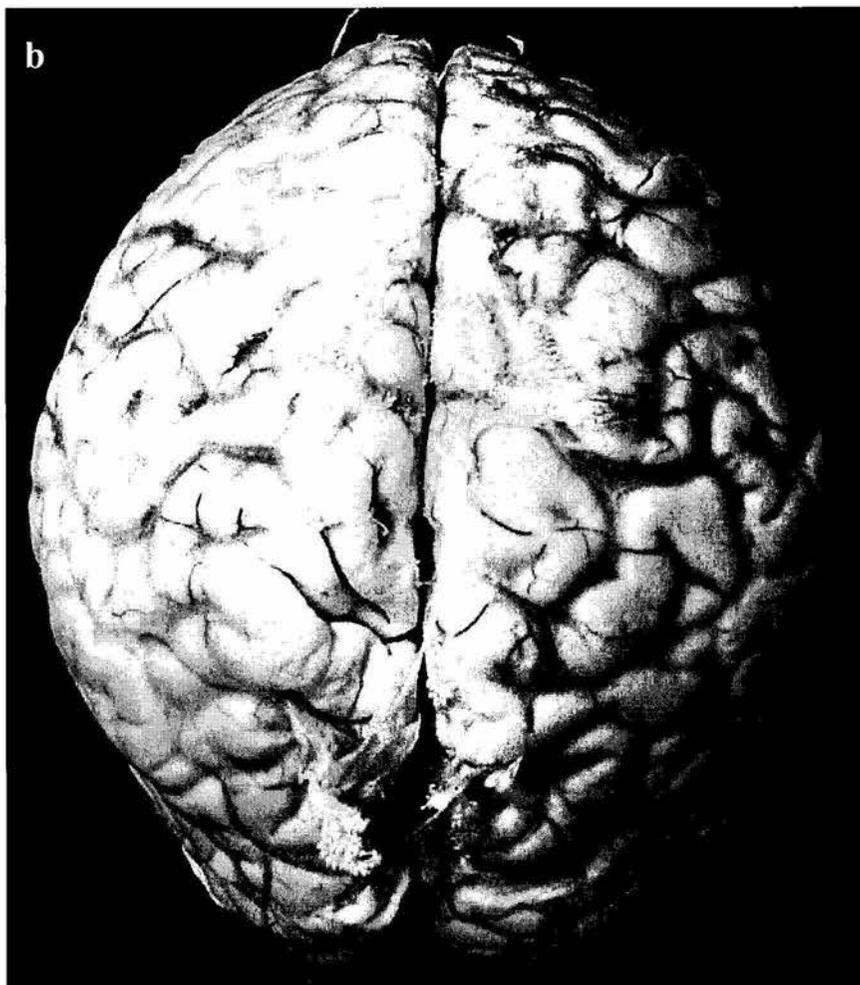


Fig. 1b. Aspecto dorsal del encéfalo, demostrando la cisterna interhemisférica.

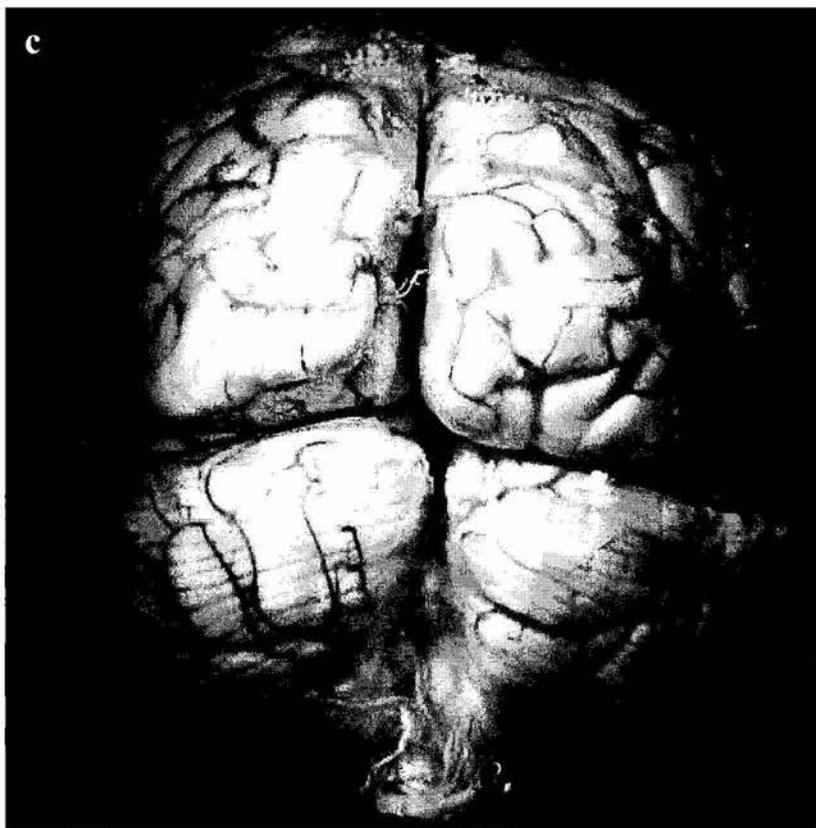


Fig. 1c. Aspecto caudal del encéfalo, demostrando las cisternas interhemisférica posterior, supracerebelosa y vermiana.

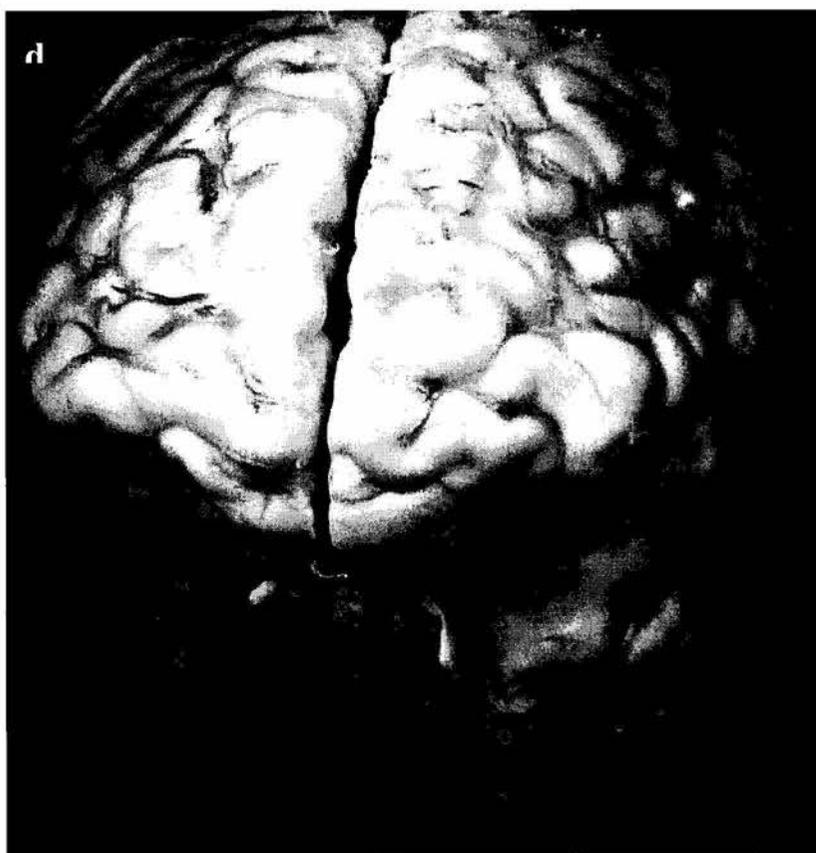


Fig. 1d. Aspecto rostral del encéfalo, demostrando las cisternas silviana e interhemisférica anterior.

Se realizó la remoción de la aracnoides, vasos arteriales y venosos, así como de la piamadre. (Fig. 2a-e).



Fig. 2a. Remoción de piamadre y aracnoides, donde se aprecia la configuración sulcal.



Fig. 2b. Aspecto comparativo del encéfalo con y sin aracnoides.

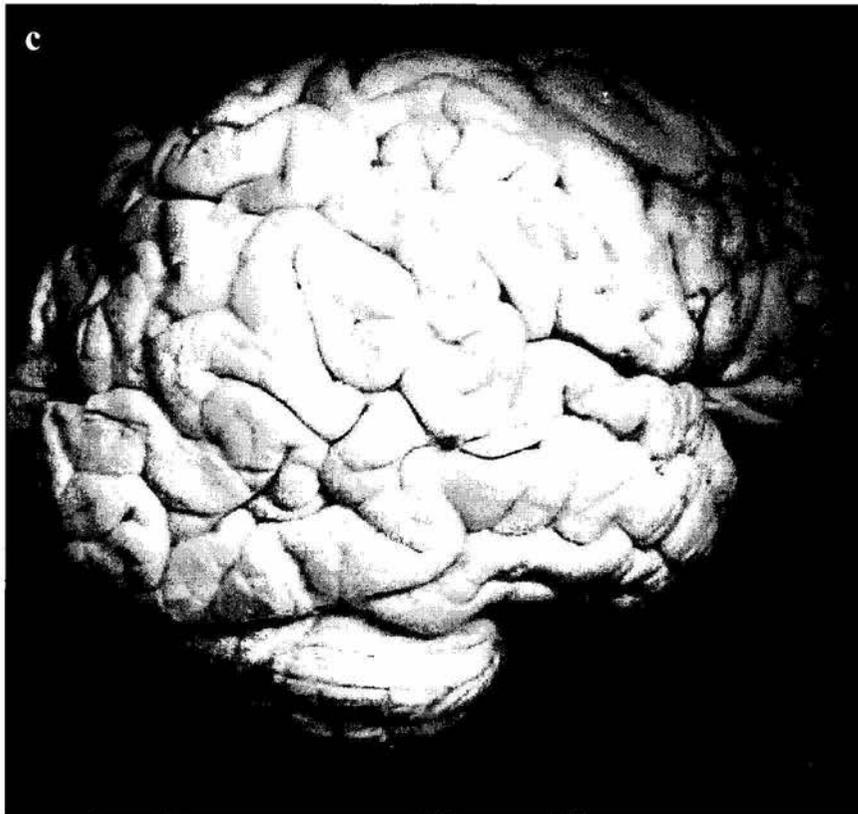
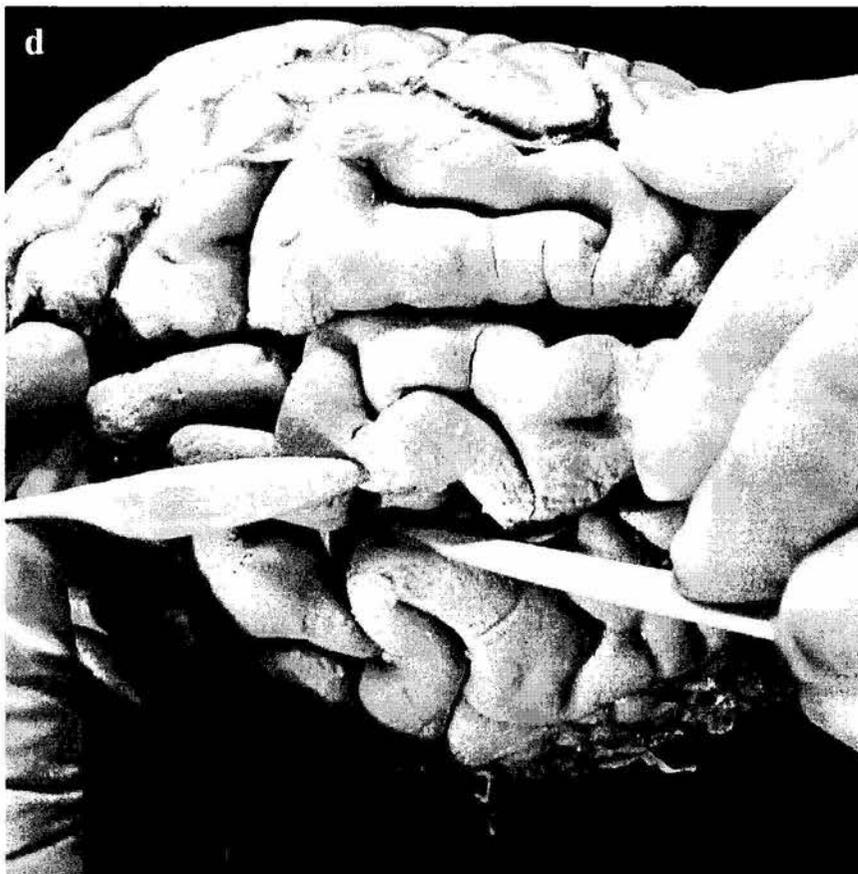


Fig. 2c. Aspecto del encéfalo una vez removida la aracnoides y la piamadre.



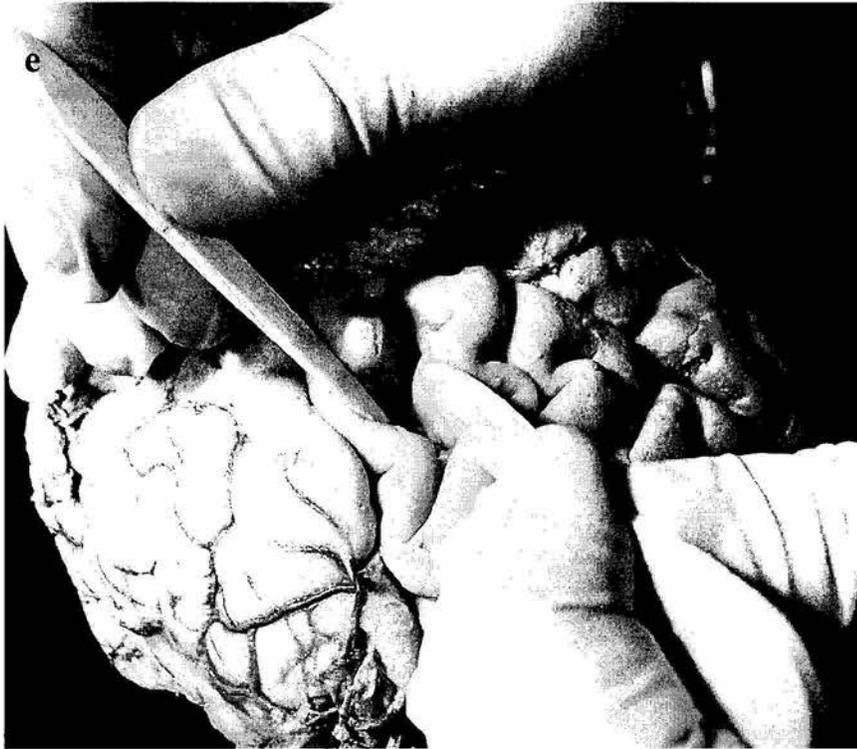


Fig. 2d y 2e.
Anatomía sulcal y
fisural.

Se procedió a la congelación de los especímenes a 4 grados centígrados, durante un periodo de 7 días en el caso de los cerebros de adultos, como se ha descrito en la técnica, y de 2 semanas para los cerebros fetales; este último período elegido de manera arbitraria, pensando en que por ser en muchos de los casos fibras no mielinizadas, el tiempo requerido para tener la consistencia deseada era mayor. Esta decisión basada en que todos los reportes hablan de un mínimo requerido para los cerebros de adultos, pero ninguno menciona la mínima requerida para cerebros fetales, y por ende, la máxima tampoco. Posterior al ello, se sometieron todos los encéfalos, uno tras otro, a descongelación e inspección, se requirió nuevo congelamiento en algunos casos, sin que esto representara un problema en la disección posterior. (Fig. 3 a y b).

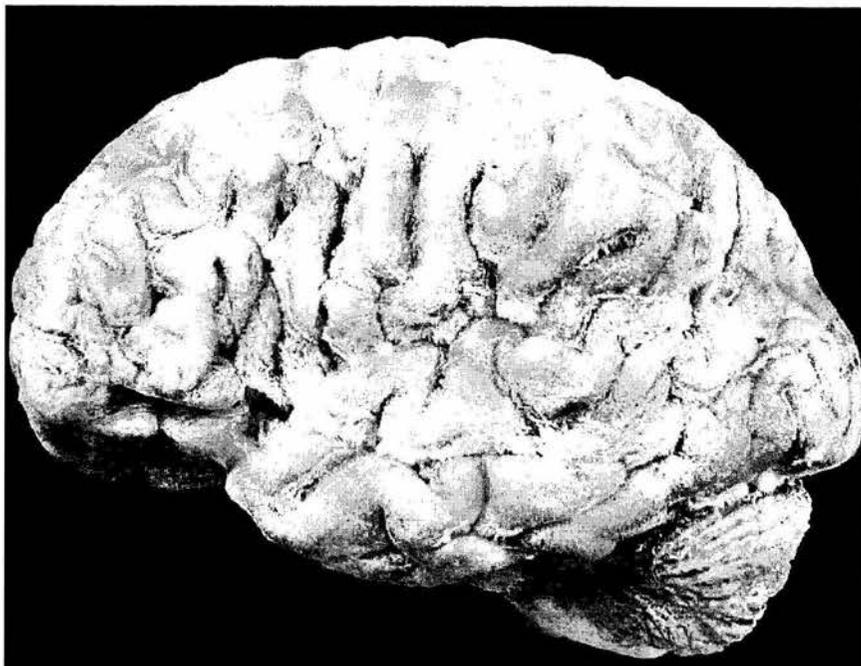


Fig. 3a. Aspecto del cerebro adulto tras una semana de congelación



Fig. 3b. Aspecto del cerebro fetal de 40 semanas tras 3 semanas de congelación. Nótese el aspecto menos firme que en el del adulto.

Al descongelar los cerebros fetales se apreció sin embargo cierta falta de consistencia, atribuible más a la probable fijación incompleta requerida en formol, y un probable mayor tiempo antes de someterse a fijación, así como al mayor tiempo sometidos a congelación, el cual dio la impresión de ser innecesario. Se procedió a realizar la

disección anatómica, utilizando para el efecto, espátulas de madera, de tamaño acorde al cerebro estudiado, con medidas que variaron de 1.5 cm a 0.2 mm de ancho por 1 o 0.5 mm de espesor, las cuales eran de bordes curvos y romos, en el caso de los adultos y de hasta 2 mm en caso de los fetales, así como bisturí con hoja No. 15 y pinzas de disección y en el caso de los fetales, pinzas de relojero y disectores de microcirugía. Se estudiaron los compartimientos neocorticales y se profundizó en la disección, pudiendo observar las diferentes fibras blancas, en un contexto tridimensional, lo que permitió una mejor apreciación de las diferentes estructuras.

El estudio se realizó en tres fases: En la primera fase, se realizó la técnica convencional de disección de fibras blancas descrita por Yasargil y Turê en los 6 cerebros sin tumor para conocer la anatomía normal, y para desarrollar habilidad en el empleo de dicha técnica (3-5). En la segunda fase se realizó estudio de anatomía de superficie y disección de fibras blancas de los cerebros fetales representativos de 14, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 28, 32, 33, 34, 36, y 40 semanas de gestación, con la misma técnica descrita para los adultos pero experimental en este estudio y no descrita previamente en este tipo de cerebros. Finalmente, en una tercera fase se disecaron con la misma técnica mencionada previamente, los ocho especímenes de pacientes portadores de neoplasias neuroepiteliales, poniendo especial cuidado en la disección de las estructuras de la periferia de la lesión tumoral y se revisó el estudio microscópico del archivo del Servicio de Neuropatología del INNN para correlación anatómico-histológica.

Definiciones básicas de la anatomía del SNC

Antes que nada, es menester sistematizar y unificar los conceptos básicos de la nomenclatura en el estudio de la anatomía del sistema nervioso central. La mejor manera de entenderlo es definiendo que el sistema nervioso es una unidad formada de varias partes, cada una de las cuales tiene una importancia individual, así como una función en el todo. Es decir, que cada parte es importante, y que el todo es más importante que la suma de sus partes. Es importante definir que la anatomía del sistema nervioso depende a su vez de varios aspectos anatómicos que deben conocerse tanto individualmente como en conjunto, y que conforme avanza el desarrollo, dichos complejos anatómicos se interrelacionan entre sí, permitiendo que todas las estructuras tengan una constitución lógica interrelacionada entre sí, que permite conocer mejor aún sus características generales e individuales. Por tanto, es menester conocer la anatomía vascular arterial, venosa superficial y la vasculatura arterial y venosa profunda inherente a cada compartimiento cerebral, así como las estructuras parenquimatosas tanto superficiales como profundas, y estudiarlas cada una por separado, y después en conjunto; lo que posteriormente permitirá reconocer más fácilmente los corredores anatómicos que nos llevaran a un resultado quirúrgico más satisfactorio. Por ello, Yasargil postula la división del estudio de la anatomía parenquimatosa en cuatro aspectos principales (1,2,35):

- 1. Vascularización arterial**
- 2. Vascularización venosa**
- 3. Vascularización compartimentalizada**
- 4. Fibras blancas**

Las tres primeras son motivo de otros estudios, ya realizados, y por realizarse aún; y que salen de los límites del presente estudio (1-6,35-61).

Hablando de la anatomía parenquimatosa concretamente, podemos definir que el parénquima cerebral no es una masa indefinida de estructuras vagamente separadas entre sí, sino que, por el contrario, es una serie de estructuras bien definidas y delimitadas unas de otras, con interacción entre sí, pero que funcionan como diferentes compartimientos interconectados, bien definidos. Dicha compartimentalización, si es que se permite hacerlo, se puede comparar analógicamente con una casa, la cual está formada de diversas habitaciones, todas ellas comunicadas de tal manera, que se puede acceder a todas ellas desde la calle, y desde una a otra dentro de la misma casa, por sus respectivas puertas; o sea que, como a una casa, al cerebro quirúrgicamente se le puede acceder desde una puerta o ventana incluso, sin necesidad de destruir un muro o pared, o bien, sin destruir o desplazar su contenido de mobiliario, para llegar a alguna estructura específica. Además cada compartimiento, como cada habitación, tiene una función específica, que puede compartir con otros compartimientos, o bien; que necesita de otros compartimientos para realizarse adecuadamente. Y por otro lado, cada compartimiento tiene abastecimiento específico y manera de drenaje específico individualmente, y junto con el resto de compartimientos; todo ello viene o va, según sea el caso, desde o hacia una vía principal, anatómicamente hablando, de vasos arteriales y venosos. Además tiene límites bien definidos, en el caso del cerebro, manifestados en los compartimientos parenquimatosos, y fuera de ellos, en los compartimientos cisternales.

Los compartimientos del sistema nervioso, podemos englobarlos como unidades funcionales neopaliales o neocorticales, arquipaliales y paleopaliales, del cuerpo caloso, estriadas o de los núcleos basales, diencefálicas, del tallo cerebral, y finalmente las del sistema ventricular. Cabe aclarar y hacer mención que dichos compartimientos y unidades funcionales, son áreas específicas en los diferentes componentes del sistema nervioso central, y no entran dentro de un patrón anatómico clásico de división de lóbulos en surcunvoluciones y cisuras, sino que son de alguna manera independientes de estos, es decir, su división depende de su función y no de sus componentes anatómicos.

Unidades neopaliales ó neocorticales.

Las cuales son:

1. Cerebrales;

a. Frontal

i. Áreas:

1. Rostral
2. Medial
3. Ventral

ii. Segmentos

1. Rostral
2. Medial
3. Caudal

b. Parietal

i. Áreas:

1. Rostral
2. Medial
3. Ventral

ii. Segmentos

- 1. Rostral
 - 2. Medial
 - 3. Caudal
 - c. Temporal
 - i. Áreas:
 - 1. Rostral
 - 2. Medial
 - 3. Ventral
 - ii. Segmentos
 - 1. Rostral
 - 2. Medial
 - 3. Caudal
 - d. Occipital
 - i. Áreas:
 - 1. Rostral
 - 2. Medial
 - 3. Ventral
 - ii. Segmentos
 - 1. Rostral
 - 2. Medial
 - 3. Caudal
 - e. Circunvolución precentral
 - f. Circunvolución post-central
 - g. Lóbulo para-central ó precuneal,
 - h. Circunvoluciones fusiforme y lingular.
- 2. Cerebelosas; localizadas en:**
- a. media
 - b. caudal

Unidades arqui y paleopaliales

Las cuales son:

- 1. Límbico ó allocortical, y paralímbico ó mesocortical:**
 - a. temporal medio-basal
 - i. polo temporal
 - ii. amígdala
 - iii. hipocampo
 - iv. parahipocampo
 - b. circunvolución del cíngulo
 - i. subcallosa
 - ii. sectores anterior, medio y posterior
 - iii. base de la precuña
 - c. fórnix
 - d. cuerpo mamilar
 - e. circunvolución fronto-orbitaria caudal
 - f. ínsula
- 2. Área cerebelosa**
 - a. anterior

- b. flóculo-nodular

Unidades de los núcleos basales o estriadas

Las cuales son:

1. **Claustro**
2. **Putamen**
3. **Globos pálidos**
4. **Núcleo caudado**

Unidades del cuerpo calloso

Las cuales son:

1. **Rostral (Fórceps mayor)**
2. **Media (Cuerpo)**
3. **Caudal (Fórceps menor)**

Unidades diencefálicas

Las cuales son:

1. **Tálamo**; con diversos sectores
2. **Hipotálamo**; con diversos sectores

Unidades del tallo cerebral

Las cuales son:

1. **Mesencéfalo**; con sectores:
 - a. ventral
 - b. ventro-lateral
 - c. lateral
 - d. dorso-lateral
 - e. dorsal
2. **Mielencéfalo**; con sectores:
 - a. ventral
 - b. ventro-lateral
 - c. lateral
 - d. dorso-lateral
 - e. dorsal
3. **Metencéfalo**; con sectores:
 - a. ventral
 - b. ventro-lateral
 - c. lateral
 - d. dorso-lateral
 - e. dorsal

Unidades del sistema sistema ventricular

Las cuales son:

1. **Ventrículo lateral**; con:
 - a. Cuerno frontal
 - b. Célula media
 - c. Atrio

2. **III Ventriculo**
3. **Acueducto**
4. **IV Ventrículo**

Unidades de la médula espinal

Las cuales son:

1. **Cervical;** con sectores:
 - a. Ventral
 - b. Dorsal
 - c. Central
2. **Torácica;** con sectores
 - a. Ventral
 - b. Dorsal
 - c. Central
3. **Lumbar;** con sectores:
 - a. Ventral
 - b. Dorsal
 - c. Central

Acceso quirúrgico a lesiones cerebrales

Yasargil ha postulado que los abordajes a las diferentes lesiones son, dependiendo del tamaño, vascularidad y áreas invadidas pueden ser de la siguiente manera:

1. **Trans-lesional / trans-cerebral**, cuando la lesión es superficial en la convexidad.
2. **Trans-cerebral**, cuando la lesión no es evidente en la convexidad, pero no está en la profundidad cerebral, y dependiendo de su localización, puede ser accedida a través de la profundidad de los surcos y cisuras, logrando una invasión sin lastimar la corteza, desde 0.5 cm en los surcos secundarios, 1 a 2 cm en los surcos primarios, o hasta la profundidad de hasta 7 cm en la cisura silviana. Lo cual es deseable y preferible a invadir dicha distancia sobre la superficie de las circunvoluciones.
3. **Trans-cisternal**, en la que se pueden acceder lesiones en áreas interhemisféricas rostral, medial y caudal; silvianas subtemporales o subfrontales; suboccipitales, y áreas mediales como las regiones hipotalámica, selar pre, supra y retroquiasmática, incluyendo la región ventro-rostral del mesencéfalo; infratentoriales laterales como el ángulo pontocerebeloso; infratentoriales mediales como el piso del IV ventrículo; o infratentoriales dorsales como la región supracerebelosa cuadrigeminal o pineal, por mencionar algunas; en las cuales el tumor sea accedido desde la superficie y protruya hacia la cisterna involucrada.
4. **trans-cisternal / trans-cerebral**, en la que en las áreas mencionadas sean abordadas con una previa disección cisternal y después a través de un abordaje directo al parénquima cerebral, y que en este caso pueden ser:
 - a. Interhemisférico anterior + trans-cerebral
 - b. Interhemisférico posterior + trans-precuña
 - c. Trans-silviano / trans-temporal
 - d. Trans-silviano / trans-insular
 - e. Trans-silviano / trans-uncal
 - f. Trans-silviano / trans-giro recto

5. **Endoscópico**, en el cual conociendo la diferentes cisternas y las características ventriculares, se puede acceder a la lesión desde estos diferentes puntos mediante un abordaje mínimamente invasivo, con una navegación anatómica, con un mínimo de lesión, si bien aún también con poca capacidad de maniobra.
6. **Endovascular**, en el cual se realiza la navegación pero esta vez dentro de los vasos sanguíneos, para lesiones vasculares por un lado; y por otro, para devascularizar lesiones parenquimatosas nutridas por determinados vasos, como un auxiliar muy importante para lograr una exéresis lesional más completa y menos cruenta.
7. **Radio-cirugía**, que puede ser complemento de la exéresis de lesiones de gran tamaño, o bien, ser usada como terapéutica básica de lesiones poco o nulamente accesibles aún, en áreas donde el riesgo de daño es mayor que el potencial beneficio.

Anatomía gruesa del cerebro del adulto

Podemos apreciar que en el cerebro del adulto, el telencéfalo está formado de una porción medial que origina las formaciones interhemisféricas, y una lateral que da origen a los hemisferios cerebrales, las cuales para fines prácticos son simétricas, y tienen una forma de prisma triangular a los que se les describe dos bases o polos, uno rostral, el frontal, y uno caudal, el occipital. Y además tienen tres caras, una lateral, una medial y una ventral. Además tiene cuatro surcos primarios que son el interhemisférico, uno lateral o de Silvio, uno central o de Rolando, y finalmente uno parieto-occipital que separa estas partes mencionadas, parietal y occipital (**Fig. 4**).

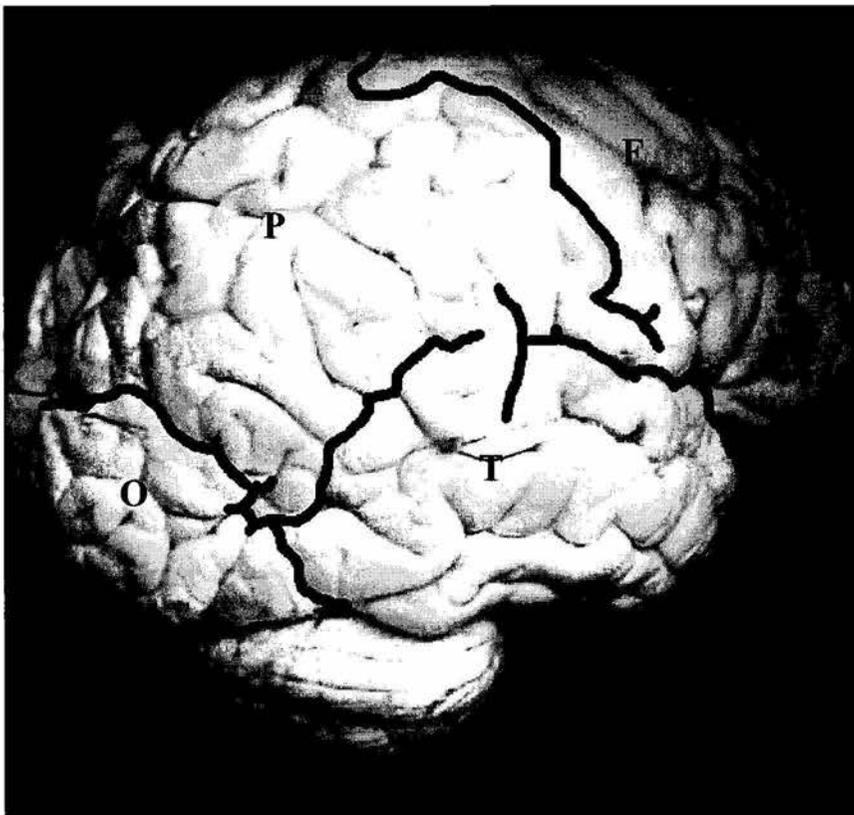


Fig. 4. Aspecto lateral del encéfalo adulto, demostrando las cisuras primarias de Silvio, Rolando y Parieto-occipital, formando los lóbulos mayores frontal, temporal, parietal y occipital.

Cara lateral

Si dejamos de lado el surco mayor interhemisférico, que separa ambos hemisferios cerebrales (**Fig. 5**), apreciamos que los demás surcos primarios se encuentran en la cara lateral del hemisferio cerebral y de esta manera separan a los lóbulos primarios o mayores, que son el frontal, el parietal, el temporal y el occipital (**Fig. 4**); además de que el surco silviano tiene una prominente invaginación en cuya profundidad se encuentra el lóbulo insular (**Fig. 6**), el cual es la parte cardinal y centro de referencia de todos los demás lóbulos, que los comunica entre sí y con las estructuras basales. Además se reconocen gruesamente otros surcos menores que dividen a los propios lóbulos cerebrales.

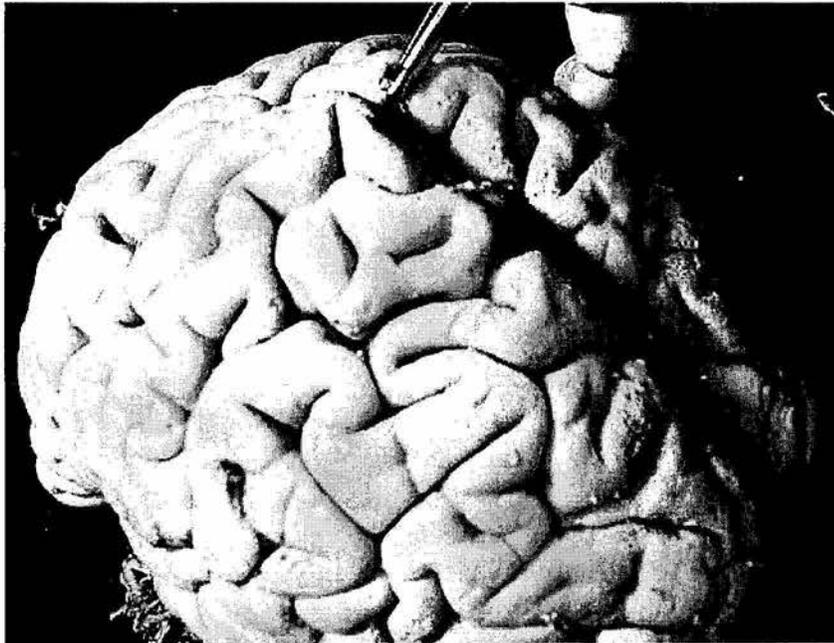


Fig. 5. Cisura interhemisférica.

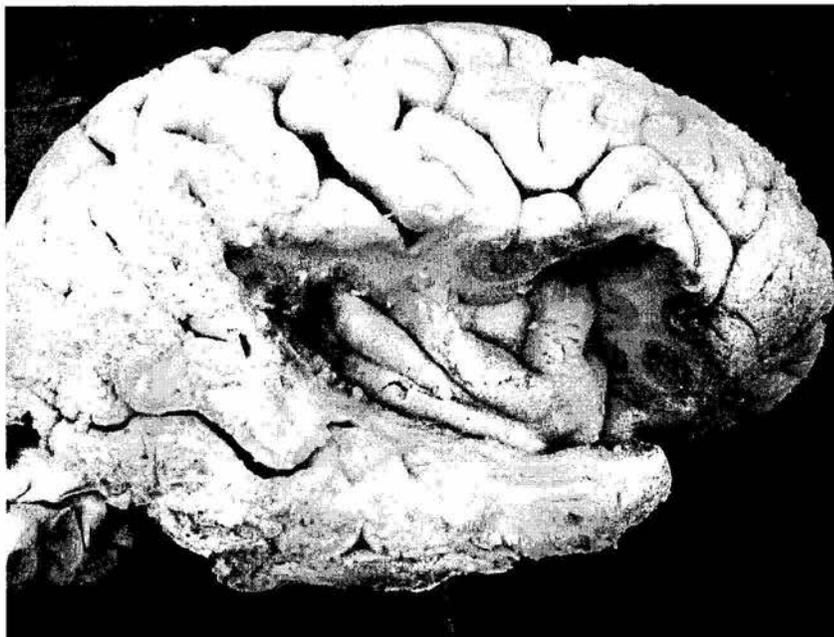


Fig. 6. Lóbulo insular. Se ha removido parte de los lóbulos frontal parietal y temporal para demostrar la relación directa con la profundidad insular.

El lóbulo frontal tiene dos surcos secundarios horizontales, los cuales además en su porción más caudal tienen prolongaciones verticales tanto dorsal como ventralmente, lo que permite dividir arbitrariamente en su aspecto superficial al lóbulo frontal en 4 circunvoluciones, la primera más dorsal, la segunda medial, la tercera ventral y finalmente la cuarta vertical, llamada precentral y que forma parte de la porción más rostral del lóbulo central, el cual es mayor en su funcionalidad pero menor en su anatomía superficial. La manera más fácil de identificar superficialmente la cisura de Rolando es siguiéndola ventralmente, donde se verá que jamás alcanza el borde de la cisura silviana, sino que termina aproximadamente a un centímetro de ésta. Por otro lado, la tercera circunvolución tiene además prolongaciones surcales menores que permiten distinguir tres partes evidentes, de caudal a rostral: la región opercular, sentada sobre el polo temporal a través de la cisura silviana; la región triangular y finalmente la región orbitaria o rostral. (Fig. 7)



Fig. 7. Surcos y circunvoluciones frontales. (Or-Orbitaria, T-Triangular, Op-Opercular).

El lóbulo parietal tiene su respectivo surco vertical más rostral, llamado surco post-central y que limita caudalmente el lóbulo central, y además en la parte media de dicho surco nace horizontalmente y se prolonga caudalmente el surco único interparietal, que dividen al lóbulo parietal en una circunvolución rostral descrita o post-central, una dorsal, y una ventral, la cual además tiene un surco menor patente que permite identificar otras dos porciones: una rostro-ventral llamada supramarginal, y una caudal llamada pliegue curvo. (Fig. 8).

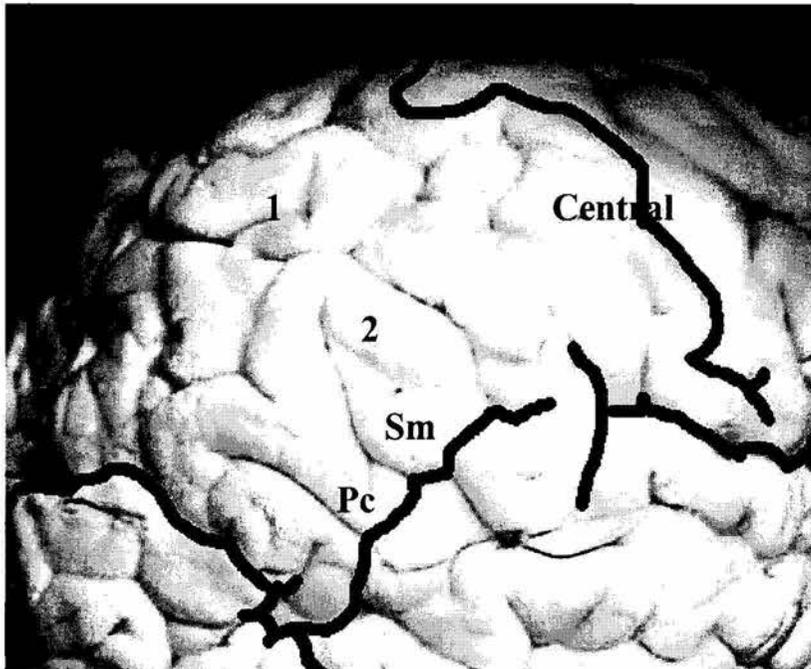


Fig. 8. Surcos y circunvoluciones parietales y lóbulo central (SM-Supramarginal, PC-Pliegue curvo).

El lóbulo temporal por su parte tiene dos surcos paralelos que dividen su cara lateral en tres circunvoluciones: dorsal, medial y ventral. (**Fig. 9**).



Fig. 9. Surcos y circunvoluciones temporales.

Finalmente el lóbulo occipital, además del surco interparietal, tiene otro surco paralelo que lo divide en tres circunvoluciones: dorsal, caudal y ventral. (Fig. 10)



Fig. 10. Surcos y circunvoluciones occipitales.

Cara medial

En su porción más ventral se distingue el cuerpo calloso, que consta de un pico rostro-ventral, una rodilla rostral, un cuerpo, y el esplenio, caudal. Dorsal al cuerpo calloso se encuentra circundándolo el cíngulo a lo largo de todo su trayecto, y separando estas estructuras se identifica el surco del cuerpo calloso. Dorsal al cíngulo se identifica la cisura calloso-marginal.

Dorsal y rostral a la cisura calloso-marginal, se identifica la circunvolución frontal medial. Sobre ésta última se identifican dos surcos verticales paralelos, uno rostral limitado a no llegar a los bordes del lóbulo mencionado llamado surco pre-paracentral, y otro surco que se prolonga desde la cara lateral sobre el borde dorsal, el surco paracentral y que no es otra cosa que la porción medial del lóbulo central, encargado de funciones sensitivo-motoras.

Caudal a la porción medial del lóbulo central, está el lóbulo de la precuña ó lóbulo cuadrilátero correspondiéndose lateralmente con el lóbulo parietal.

Caudal a la precuña se identifica la cisura parieto-occipital ó perpendicular medial, y más caudal a ésta, se identifica en la correspondencia medial del lóbulo occipital el lóbulo de la cuña, separado de la porción medial polar conocida como llingula por la cisura calcarina.

Cara ventral

La cisura silviana tiene una prolongación ventral coronal con una curvatura de convexidad rostral y que divide la cara ventral del hemisferio en un lóbulo orbitario rostral y uno temporo-occipital de localización caudal. (Fig 11)

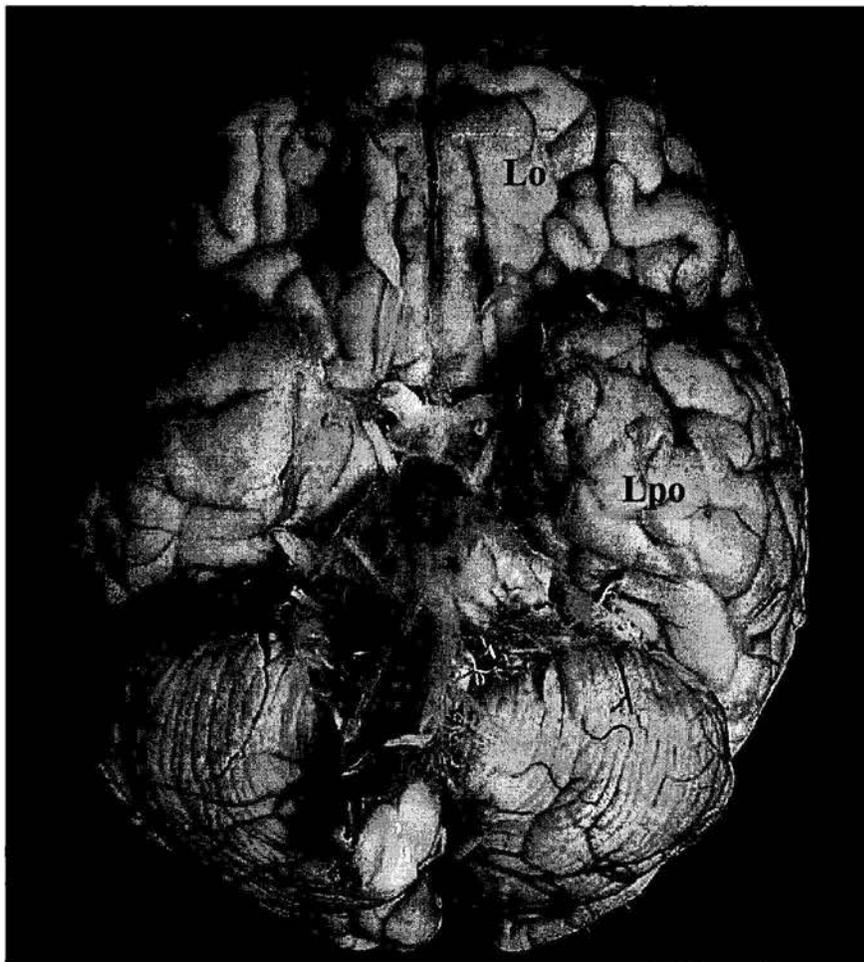


Fig. 11. Cara ventral del cerebro. (Lo- Lóbulo orbitario, Lpo- Lóbulo parieto-occipital).

El lóbulo orbitario tiene lateral a la cisura inter-hemisférica un surco de dirección sagital llamado surco olfatorio u orbitario medial sobre el que se identifica el bulbo y la cintilla olfatoria, lateralmente tiene una serie de surcos en forma de H llamados por ello surcos en 'H', y más lateralmente tiene un nuevo surco llamado surco orbitario lateral. Así con esta disposición se identifican de medial a lateral el giro recto, los giros ó circunvoluciones en H y la circunvolución orbitaria lateral, que se continúa con la cara lateral hacia la tercera circunvolución frontal. **(Fig. 12).**

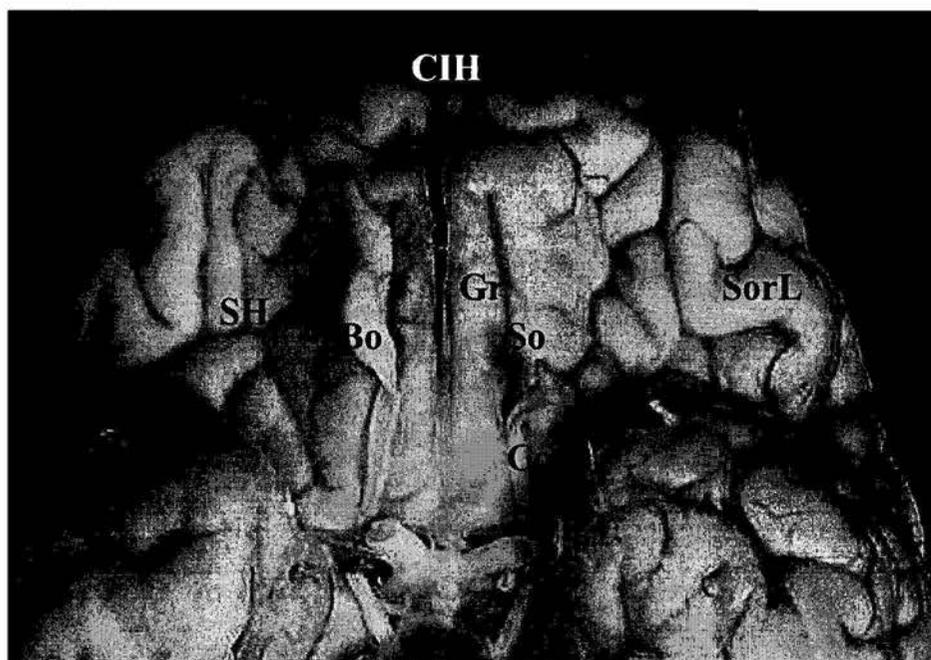


Fig. 12. Lóbulo orbitario. Cara ventral. (CIH-Cisura interhemisférica, SH-Surcos en H, Bo-Bulbo olfatorio, Co-Cintilla olfatoria, Gr-Giro recto, SorL-Surco orbitario lateral).

El lóbulo parieto-occipital, de forma arriñonada, tiene dos surcos sagitales paralelos que delimitan tres circunvoluciones: lateralmente la continuación de la tercera circunvolución temporal, medialmente la cuarta circunvolución temporal y mesialmente la quinta temporal o circunvolución del hipocampo y que al doblarse rostralmente a sí misma tiene un surco que la divide y que es la continuación de la línea media, y que forma el gancho de hipocampo. (Fig. 13).



Fig. 13. Surcos y cisuras temporales ventrales. (h-Hipocampo).

Línea media

El cíngulo se estrecha en el istmo y se continúa caudal y ventralmente con la quinta circunvolución temporal hasta el uncus o gancho del hipocampo; mientras que rostralmente se continúa con las cintillas y el bulbo olfatorio. Y ventralmente tiene conexiones a través del cuerpo calloso con el hemisferio contralateral y ventralmente con los pilares del fórnix hasta llegar a los cuerpos mamilares en el hipotálamo, a través del tálamo vía el tracto mamilo-talámico o de Vic D'Azir. Este circuito de procesamiento de estímulos complejos subjetivos es conocido como Sistema Límbico ó Circuito de Papez. Rostral al pilar anterior del fórnix se encuentra la comisura blanca anterior ó rostral. (Fig. 14).



Fig. 14. Cara medial. CIH-cisura interhemisférica, c-cíngulo, cc-cuerpo calloso).

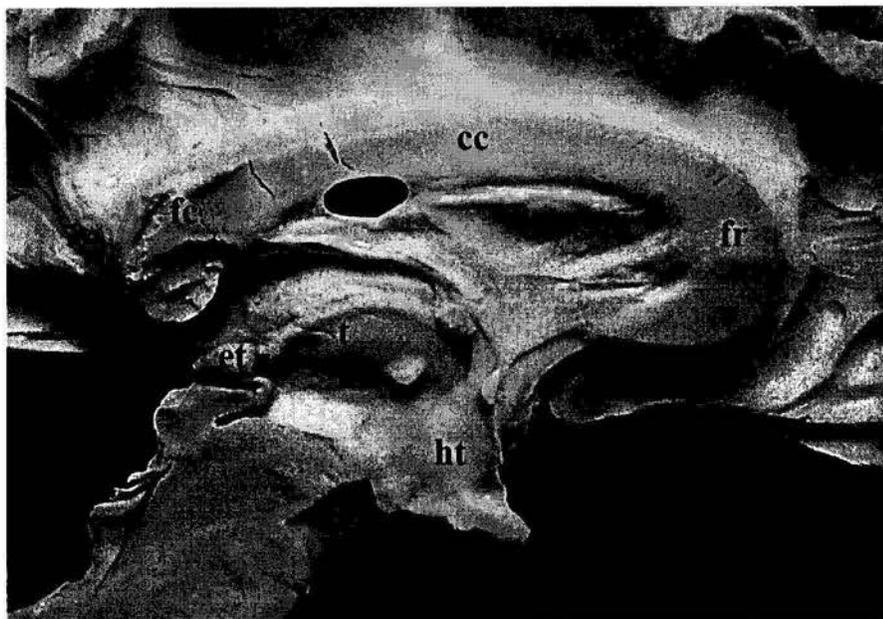


Fig. 15. Cara medial. (cc-Cuerpo calloso, fr-Fórceps rostral, fc-Fórceps caudal, t-Tálamo, et-Epitálamo, ht-Hipotálamo).

Por otro lado el cuerpo calloso tiene un engrosamiento de fibras rostral llamado fórceps rostral y uno más caudal a nivel esplénico llamado fórceps caudal. Caudal a esta estructura se identifica el epitálamo formado por la pineal, la comisura habenuar y finalmente la comisura blanca posterior ó caudal (62). (**Fig. 15**)

Datos de referencia de desarrollo normal para el estudio de los cerebros fetales

Desarrollo

El desarrollo del sistema nervioso central (SNC) es de importancia práctica para todos aquellos interesados en la patología fetal y neonatal. De todos los parámetros biométricos y criterios viscerales morfológicos, aquellos derivados del cerebro proporcionan los índices más exactos de edad y son relativamente poco afectados por el retardo en el crecimiento intrauterino. Además las referencias anatómicas del desarrollo durante la vida fetal tienen gran importancia en la interpretación de estudios y hallazgos en la necropsia.

Indicadores de desarrollo

El desarrollo del SNC es un proceso continuo en los períodos clásicos embrionario y fetal. Sin embargo, para entender los procesos patológicos, se describen cuatro períodos, dos durante la corta fase embrionaria y dos a lo largo de la vida fetal. Estos períodos corresponden a diferenciación celular y bioquímica así como a espectaculares cambios morfológicos. La mayoría de estos procesos, sin embargo, tienen un largo ciclo y se extienden a lo largo de varios períodos.

Neurulación (3 a 4 semanas)

La neurulación primaria comienza en el estadio 8 de Carnegie (18 días) y termina en el estadio 12 (26 días), y transforma la placa neural en el tubo neural.

La neurulación secundaria inicia posterior al estadio 12 (26 días) y consiste en la diferenciación y cavitación neuro-ectodérmica dentro de un grupo de células remanentes del brote primitivo en la región sacra.

Formación de las vesículas cerebrales (4 a 7 semanas)

De los estadios 13 a 19 el tubo neural se alarga en su parte craneal en tres vesículas primitivas. La vesícula rostral ó cerebro frontal se llama **prosencefalo**, la medial o intermedia el **mesencefalo**, y la caudal ó cerebro distal el **rombencefalo**. El **prosencefalo** origina al **telencefalo**, el cual se evagina en dos vesículas laterales, los futuros hemisferios cerebrales y el **diencefalo**. El **mesencefalo** no se divide y origina a los pedúnculos y a la lámina cuadrigémina. La porción rostral del **rombencefalo** o **metencefalo** origina el puente y el cerebelo, mientras que la parte caudal se desarrolla en la medula oblongata ó **mielencefalo** (bulbo) Las estructuras basales del cerebro se someten a diferenciación espacial durante la primera parte de este estadio: las vesículas ópticas y los bulbos olfatorios evaginan y se forman los núcleos basales y el hipotálamo. El mesencefalo es muy prominente y expuesto, mientras que el cerebelo es difícilmente identificado.

Corticogénesis (8 a 16 semanas)

Las estructuras ya formadas aumentan en volumen y se desarrolla el cuerpo calloso. Mientras tanto, el evento más sobresaliente es la emergencia de la placa cortical con formación sináptica, maduración bioquímica, y diferenciación de células gliales.

Maduración (16 semanas)

Hay cambios en el tamaño, el peso, y la configuración superficial; hay laminación horizontal de la corteza; aumenta la vascularización; y ocurre proliferación glial con una secuencia de tiempo estricta que es similar en todos los cerebros: Se desarrolla gradualmente la mielinización en una dirección caudocefálica.

Todos estos datos pueden usarse como indicadores de la edad gestacional.

Datos biométricos

En fetos el peso cerebral representa un séptimo a un décimo del peso corporal comparado con una quincuagésima parte del de los adultos. Hay datos del peso cerebral de acuerdo a la edad gestacional, y el peso corporal, pero pocos respecto a cerebros fijados y fetos jóvenes. Por ello, se han establecido curvas normativas de crecimiento cerebral para especímenes fijados y frescos en una población de fetos de 2 a 42 semanas. Las dos curvas antes y después de la fijación son muy similares. Ya que el cerebro puede ganar de un 15 a un 20% de su peso durante la fijación, la curva del cerebro fijado está por encima del cerebro fresco. El crecimiento cerebral es curvilíneo, y después de la semana 32 hay una mayor dispersión de puntos. No hay dimorfismo sexual. Estudio de la curva gruesa de velocidad del cerebro completo muestra un patrón acelerado de crecimiento hasta la semana 35; después de eso el índice de crecimiento disminuye. Las dimensiones lineales del cerebro también se usan como criterios de desarrollo. Debido a la posible deformación durante la fijación, el índice más confiable es el diámetro fronto-occipital.

La asimetría descrita en los cerebros de adultos es iniciada en la vida fetal. El hemisferio izquierdo es ligeramente mayor que el derecho en un número estadísticamente alto de casos. De modo similar, el **plenum temporale** izquierdo ó labio inferior de la fisura silviana es mayor que el derecho. Además el surco temporal medio izquierdo aparece antes que el derecho.

Configuración externa

A pesar del importante aumento en tamaño y peso, la configuración superficial del cerebro no cambia de modo importante hasta las 20 semanas. Los hemisferios son suaves y sin relieves. La fisura primaria más temprana que aparece a las 14 semanas es una depresión poco profunda ó **fosa silviana**, y en la superficie medial el **surco calloso**; luego a las 16 semanas las fisuras **calcarina** y **parieto-occipital**. Aproximadamente a las 20 semanas se desarrollan los surcos **rolándico** y **temporal**. El **surco temporal medio**, cuando es notorio en ambos lados es una confiable marca de 28 semanas de gestación.

Subsecuentemente, los surcos secundarios se desarrollan con una rigurosa secuencia de tiempo. El cuerpo calloso se desarrolla primeramente en su parte rostral, a las 12 semanas, dentro de la masa comisural (lamina reuniens). Entonces, las fibras comisurales de la placa isocortical telencefálica cruzan la línea media para formar sucesivamente la rodilla, el cuerpo y el esplenio. El desarrollo de las cavidades de la línea media está ligado al desarrollo del cuerpo calloso. A las 18 semanas, la parte rostral del cuerpo calloso con el **cavum septi pellucidi** es visible. A las 22 semanas la forma y posición del cuerpo calloso son los del cerebro adulto. El cavum septi pellucidi está siempre presente en los fetos y tiende a cerrarse al final de la gestación; puede extenderse caudalmente, debajo del esplenio, para formar el **cavum Vergae**.

El **giro hipocampal** se invagina dentro de la vesícula telencefálica a las 12 o 13 semanas de gestación y es entonces que toma su forma característica de herradura. Los **bulbos olfatorios** son aún estructuras muy celulares y huecas. Los **ventrículos laterales**

son grandes hasta la semana 24, y esta “hidrocefalia” fisiológica continúa siendo pronunciada en los cuernos occipitales hasta la semana 32 o 34. El **plexo coroides** aparece a las 6 semanas en el techo del rombencéfalo, por una invaginación de la meninge vascularizada (tela coroidea) y el neuroepitelio a nivel del futuro cuarto ventrículo. El primordio de plexo coroides de los ventrículos laterales y tercero ocurre entre las semanas 7 y 8, respectivamente. Crece rápidamente, se vuelve lobulado, y llena completamente el ventrículo lateral más o menos a las 11 semanas. El acueducto cerebral y en menor grado, el canal central medular son también relativamente grandes en la primera mitad del embarazo. Su tamaño disminuye progresivamente después de las 24 semanas.

Edad (semanas)	Diámetro FO mm
10	10-15
12	25-30
14	40
20	50
22	60
24	70
28	80
32	90
34	100
36	110
40	120

Tabla 1. Diámetro fronto-occipital normal de cerebros fetales

Métodos estadísticos

No fue necesario usar metodología estadística en la disección de los 6 cerebros normales, debido a que es una técnica ya descrita la que se utiliza, y solamente se describe la experiencia y hallazgos obtenidos usando dicha técnica en el INNN y comparándolos con lo reportado en la literatura.

No fue necesario calcular el tamaño de muestra necesario para los hallazgos anatómicos en cerebros fetales, debido a que los cerebros donados por el INPer fue el total de la existencia de los mismos en el servicio de Patología, y del mismo modo por lo tanto, el total de cerebros existentes en el servicio de Neuropatología del INNN.

No fue necesario calcular el tamaño de la muestra requerida de los cerebros con gliomas, debido a que se utilizó el total de cerebros con glioma existentes en el Servicio de neuropatología del INNN y que fue de 8 cerebros.

RESULTADOS

FASE I

Disección anatómica formal

Se realizó la misma técnica de disección de fibras blancas de estructuras supratentoriales e infratentoriales en 6 cerebros sin alteración estructural los cuales no tuvieron anomalías evidentes y sí una clara definición de la anatomía macroscópica. Para los efectos del presente estudio se mencionan únicamente los resultados de la disección supratentorial; la disección infratentorial y de tallo son motivo de otros reportes.

Los hallazgos paso por paso de la técnica se definen como sigue:

Abordaje lateral

La disección inició en la superficie lateral del hemisferio cerebral izquierdo, donde se expuso la fisura silviana y se identificó la pars orbitalis y la pars opercularis, y se elevó el giro frontal inferior y el giro subcentral. (**Fig. 16**).

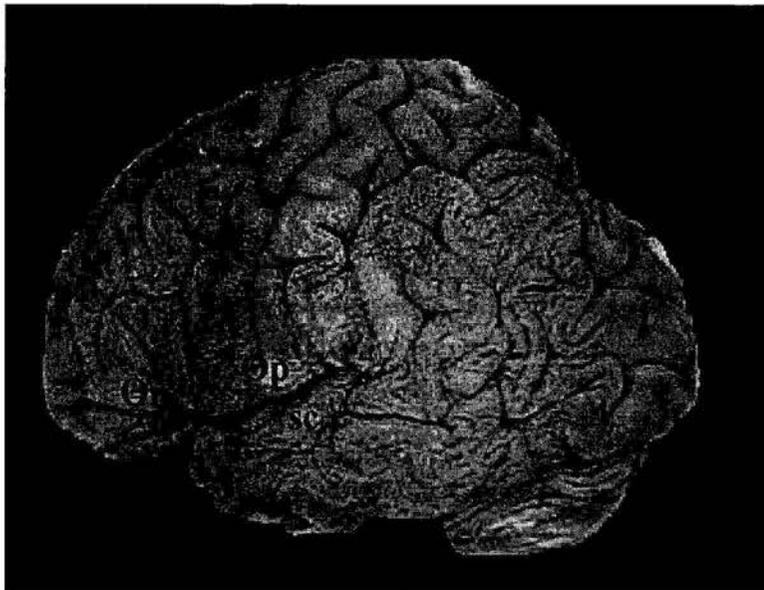


Fig. 16. Cara lateral, hemisferio cerebral izquierdo. (Or-P. Orbitalis, Op-P. opercularis, sc-Giro subcentral).

El surco temporal superior ó giro subcentral fue el sitio elegido más óptimo para iniciar la disección de acuerdo a lo descrito por Turê (4). La corteza del giro temporal se disecó y eliminó con las espátulas antes mencionadas, exponiendo las fibras arcuatas subyacentes. Acto seguido, la corteza del lóbulo temporal fue removida completamente, identificando las fibras arcuatas de asociación subyacentes, las cuales también fueron posteriormente retiradas de la misma manera. (**Fig. 17a-f**)



Fig. 17a. Diferenciación de corteza y sustancia blanca.



Fig. 17b. Fibras arcuatas subyacentes a la corteza.

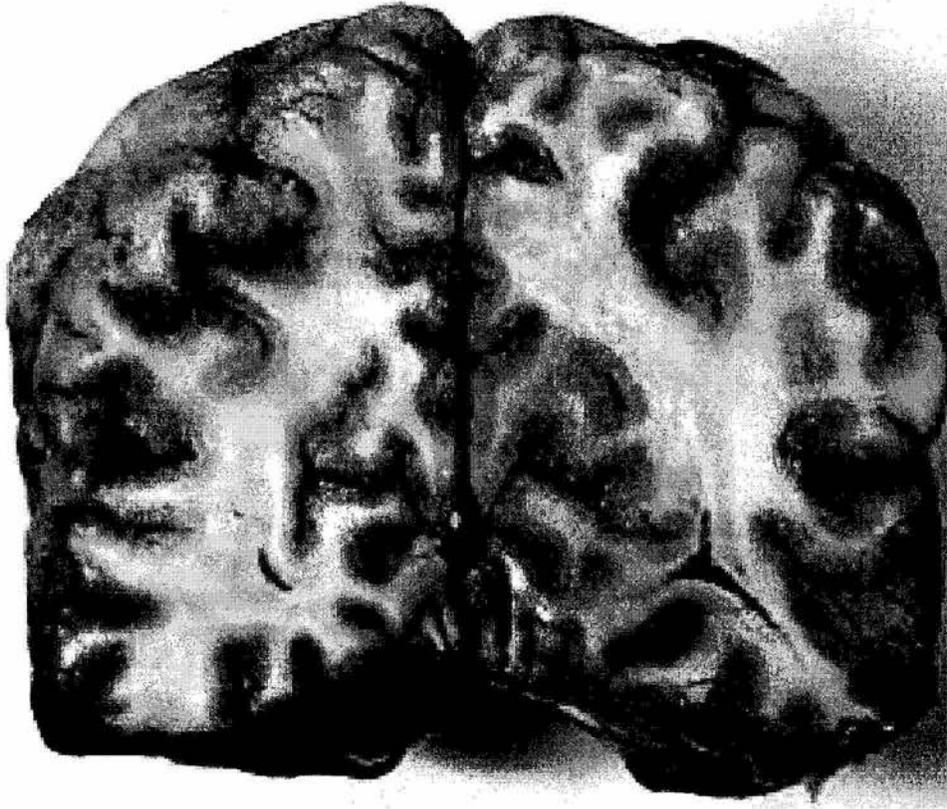


Fig. 17c. Corte coronal, aspecto caudal del cerebro. Diferenciación sustancia gris y blanca.



Fig. 17d. Cara rostral. Aspecto comparativo de hemisferios una vez expuestas las fibras arcuatas del hemisferio izquierdo.

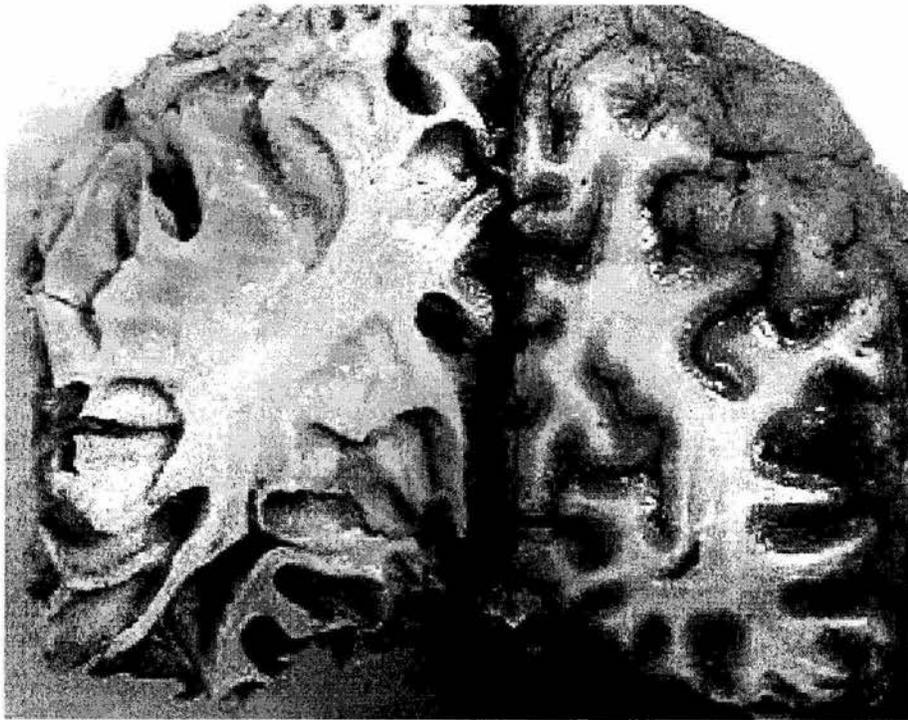


Fig. 17e. Cara caudal, aspecto comparativo una vez retirada la corteza y expuestas las fibras arcuatas. Corte coronal.

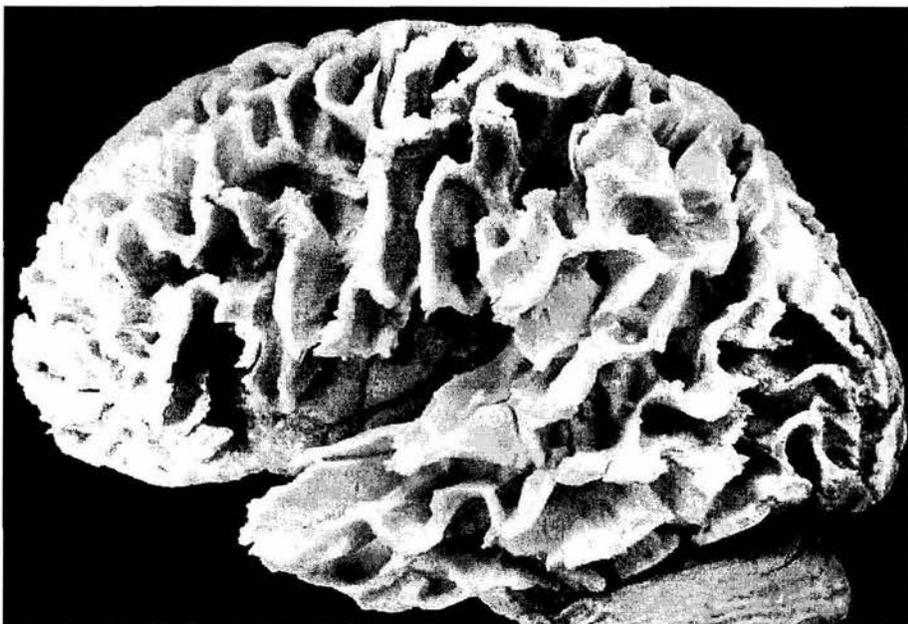


Fig. 17 f. Fibras arcuatas, hemisferio izquierdo. Al fondo, la ínsula.

Se realizó la misma maniobra de disección de corteza y exposición de fibras arcuatas en la región del lóbulo frontal y parietal, con lo que se expuso el fascículo longitudinal superior que se encuentra rodeando la fisura silviana.

El opérculo temporal y el opérculo fronto-parietal fueron elevados y separados para exponer la ínsula. Entonces, la corteza del aspecto medial del opérculo temporal fue retirada, y acto seguido, también fue removida la corteza que cubre el aspecto medial de opérculo fronto-parietal y posteriormente se hizo lo mismo con la corteza del opérculo fronto-orbitario, la cual fue pelada también.

Esta disección expuso mejor la ínsula, y la posterior remoción de la corteza insular reveló claramente la cápsula extrema. Con esto, en una vista general, la disección del aspecto lateral del hemisferio cerebral izquierdo expuso las fibras cortas y largas de asociación, de acuerdo con lo descrito por Yasargil y Turê.

Al elevar la sustancia blanca del opérculo fronto-parietal y fronto-orbitario se expuso claramente la cápsula extrema que está compuesta de fibras arcuatas que conectan la ínsula con todos los opérculos. Al diseccionar la cápsula extrema se demostraron las conexiones entre la ínsula y los opérculos antes mencionada y los cuales fueron fácilmente distinguibles una vez completada esta parte de la disección.

En la región de la hoz insular, se procedió a retirar la cápsula extrema, revelando el claustro antemuro y la cápsula externa. Posteriormente se realizó remoción del fascículo fronto-occipital identificable claramente y recientemente descrito por Turê y Yasargil, el cual se compone de fibras de asociación que conectan los lóbulos frontal y occipital. Este fascículo cruza a lo largo de la porción inferior de la región insular entre las cápsulas extrema y externa. La resección de la rodilla del fascículo longitudinal superior expuso el aspecto posterior ó caudal del fascículo fronto-occipital. (**Fig. 18**).

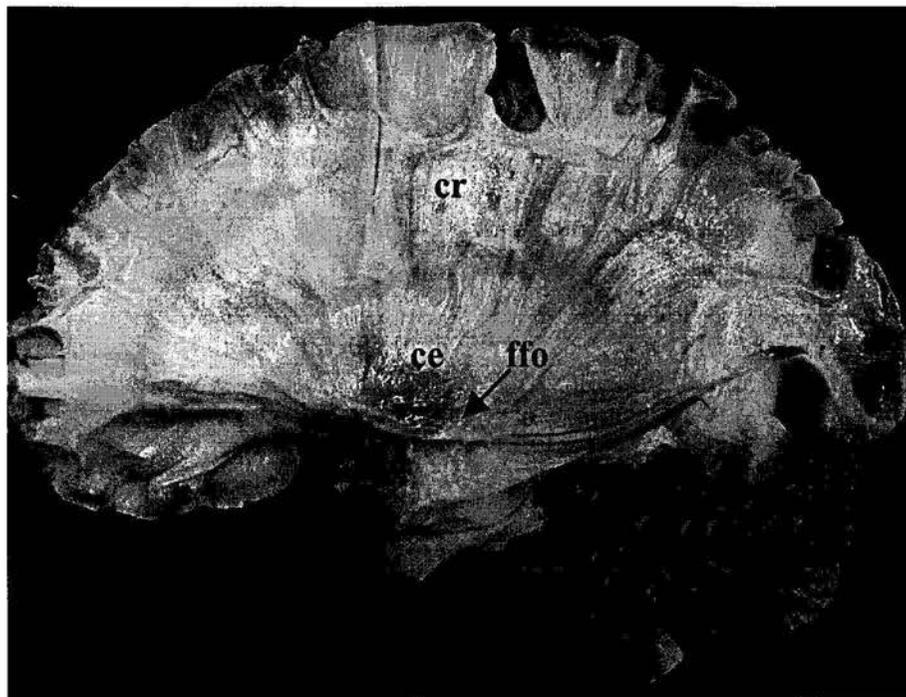


Fig. 18. Fibras de asociación. (cr-Corona radiata, ce-Cápsula externa, ffo_Fascículo fronto-occipital).

Al retirar la cápsula externa se expuso el putamen. De tal manera, se evidenció que la porción ventral de la cápsula externa se compone del fascículo fronto-occipital, el cual fue removido en ese momento y con ello se pudo apreciar que sus fibras siguen un trayecto nítido hacia el lóbulo occipital.

Al echar un vistazo general, se mostró sin problema el putamen, el fascículo uncinado y la corona radiada. (**Fig. 19a-d**).



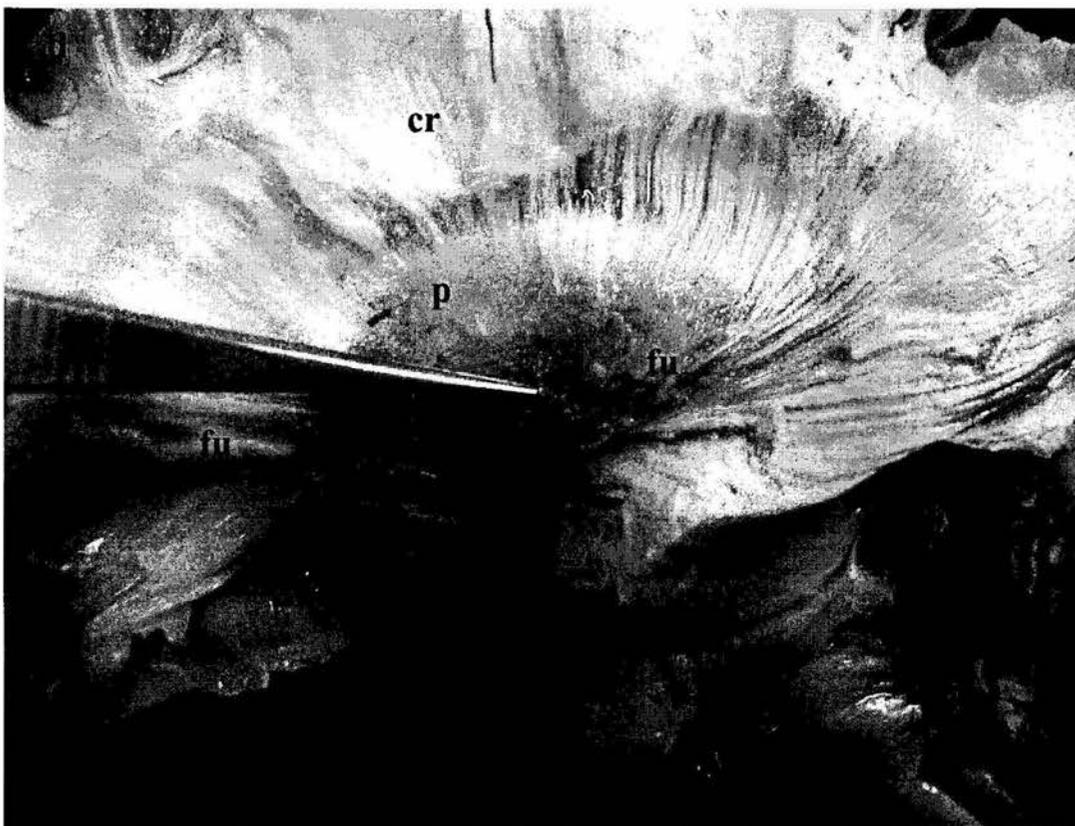


Fig. 19a-d. Exposición de putamen, corona radiata y fascículo uncinado, una vez removida la cápsula externa.

Se procedió a remover el putamen el cual tuvo una consistencia muy suave y una coloración claramente más oscura distinguible de la periferia, así como ha sido descrito, y una vez retirado, se demostró el globo pálido externo, el cual tenía una consistencia más firme claramente diferenciable del aspecto y la falta de consistencia del putamen. Rodeando la periferia del globo pálido se apreció la presencia de la cápsula interna, así como el segmento donde se unen las fibras de la comisura anterior con las del fascículo uncinado en el lóbulo temporal. Las conexiones entre el putamen y el núcleo caudado en el aspecto lateral de este último, a través de la cápsula interna fueron demostradas a este nivel.

Inmediatamente después, fue removido el globo pálido, revelando el interior de la cápsula interna (**Fig. 20**), y la comisura anterior (**Fig. 21a y b**). El fascículo uncinado del lóbulo temporal antes mencionado se localizó claramente en el límite de la región de la ínsula y formaba parte evidentemente de la cápsula externa y extrema. La extensión lateral de la comisura anterior fue en ese momento separada y disecada, poniéndose de manifiesto que sus fibras siguen hasta el interior del lóbulo temporal, donde se unen con las fibras uncinadas.

Los hallazgos en todos los cerebros fueron similares.

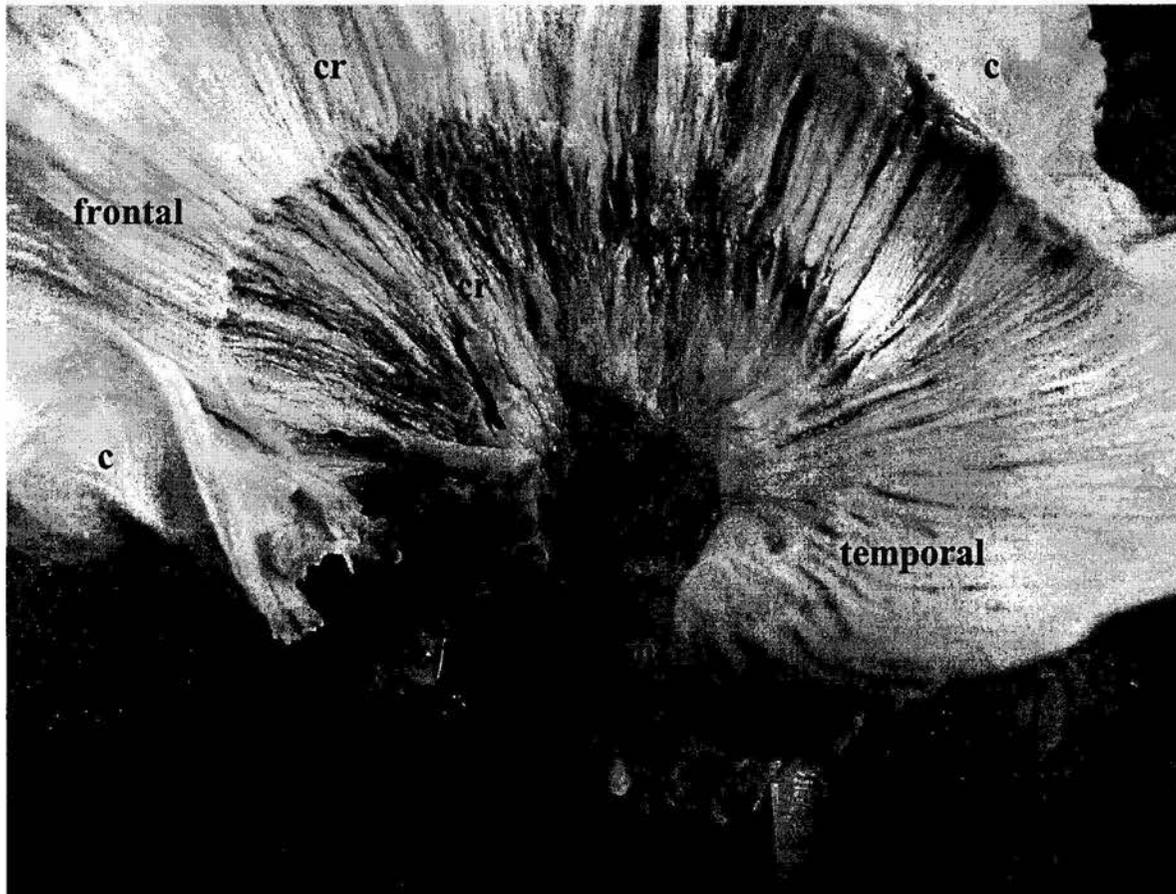


Fig. 20. Fibras de proyección. Cápsula interna y haz corticospinal, desde corteza (c), corona radiata (cr), cápsula interna (ci), mesencéfalo (m), y puente (p).

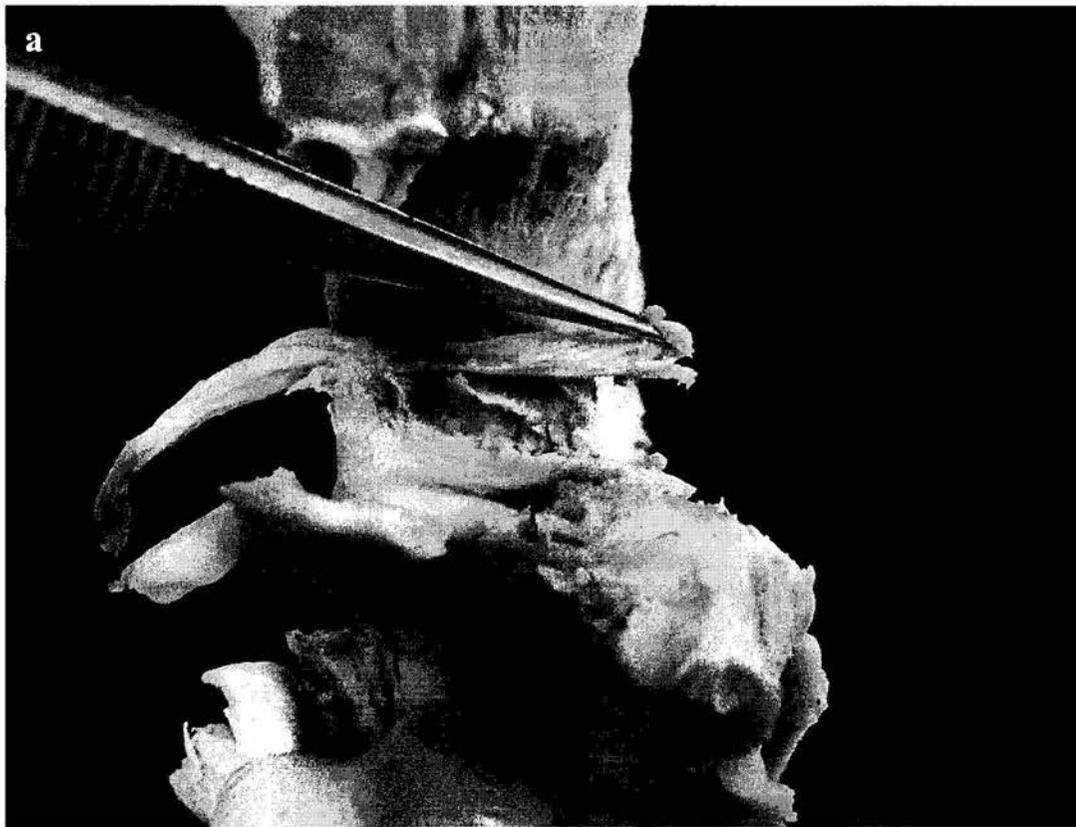


Fig. 21a y b. Comisura blanca anterior.

Abordaje ventral

Habiendo realizado la identificación de las estructuras mencionadas en la disección del aspecto lateral del hemisferio cerebral izquierdo, el espécimen en disección fue rotado para exponer el aspecto inferior o ventral de dicho hemisferio. De esta manera, las porciones del uncus, el giro infralímbico, la banda de Giacomini, el giro uncinado, el giro ambiens y el giro semilunar pudieron apreciarse. La remoción de éste giro semilunar reveló el núcleo cortical de la amígdala. Fue en este momento cuando la amígdala fue separada de sus complejas conexiones y fue removida junto con el uncus revelando la cabeza del hipocampo y el cuerno temporal del ventrículo lateral izquierdo.

Las porciones anteriores del hipocampo y el giro para-hipocámpico fueron resecadas y separadas de la porción intermedia de la fisura coroidea y el surco colateral. Es aquí cuando se evidenció el techo del cuerno temporal del ventrículo lateral. Aquí se pudo fácilmente identificar la banda diagonal de Broca, que es una extensión del *indussium griseum* y del giro para-terminal y que se localizó dentro de la sustancia perforada anterior. Cuando la banda diagonal de Broca fue retirada, fue fácilmente visible la cola del núcleo caudado por debajo del epéndimo transparente. De tal manera que al retirar el epéndimo mencionado, se expuso la cola del núcleo caudado directamente y la cual se extendía ventral y caudalmente hasta continuarse con la amígdala. Es aquí que al retirar completamente el epéndimo restante y la cola del núcleo caudado, se pusieron de manifiesto de manera notoria los pedúnculos talámicos inferior y posterior, así como el *tapetum*. El *tapetum*, que está compuesto de las fibras infero-laterales del esplenio, fue disecado, separado y retirado de las fibras del pedúnculo talámico posterior, que incluye las radiaciones ópticas.

De una forma general y como puntos de referencia y orientación, fue fácil observar, identificar y diferenciar la cola del hipocampo, el tracto óptico, el cuerpo geniculado lateral, el pulvinar y la glándula pineal en vista lateral a medial.

De esta manera en una vista general superficial, se despliega ante la vista la corona radiada entera, y la cápsula interna, así como las radiaciones ópticas.

Se procedió entonces a remover el tracto óptico y con ello, se logró exponer las conexiones entre la cápsula interna y el pedúnculo cerebral.

Es en el surco ponto-mesencefálico donde las fibras del pedúnculo cerebral se interdigitaban con las fibras transversas pontinas como pudo apreciarse al avanzar la disección a este nivel; por lo que el tracto de fibras cortico-espinales se demostró pasando a través del puente, pero de una manera completamente independiente a las estructuras aledañas, como se demostró una y otra vez con todas las estructuras hasta este momento disecadas.

En este momento, echando un vistazo superficial, se pudo identificar el tracto corticospinal; el cual pudo ser seguido desde la corteza hasta la médula espinal.

Abordaje medial

Para la disección del aspecto medial ésta se realizó con el hemisferio cerebral derecho. Se realizó pues, la remoción de la corteza que yace en el surco cingular anterior o rostral; de la misma manera que fue retirada en la cara lateral. La disección siguió a lo largo del surco calloso y se extendió dentro del área subcallosa. Las fibras arcuatas subyacentes en el cíngulo y la corteza fronto-parietal fueron desplegadas y demostradas. Es en este sitio y al realizar dicha disección, que el *indussium griseum* y las estrías longitudinales lateral y medial se volvieron visibles dentro del surco calloso. (Fig. 22).

El indussium griseum se extiende anteriormente y lateralmente en relación al giro paraterminal el cual emerge en la banda diagonal de Broca localizada como se ha mencionado previamente, en la sustancia perforada anterior.

Para poder lograr una mejor visualización de la región temporal basal y mesial, se cortó y removió el mesencéfalo con el bisturí. En una vista ventral y medial, el plexo coroides protruyó desde la fisura coroidea del cuerno temporal y es aquí que se demostraron las porciones del uncus. El surco uncal como pudo apreciarse, no es más que una extensión del surco hipocampal; y al remover la corteza parahipocampal se logró exponer las fibras del cíngulo sin ningún problema. En este momento se pudo demostrar el uncus y el brazo ventral ó inferior del cíngulo. Una vez apreciado esto, se deprimió con la espátula el *subiculum* y de este modo quedaron expuestos la fimbria y el giro dentado.

Al retraer el cíngulo bajo el esplenio, se expuso la cola del hipocampo y el giro subsplenial. Es entonces que el cíngulo fue levantado y separado y se apreció su trayecto independiente de las fibras vecinas a lo largo del cuerpo calloso, y se pudo distinguir que el cíngulo se prolonga tan lejos como hasta el área subcallosa. Fue en este momento, cuando el brazo ventral ó inferior del cíngulo dentro del giro parahipocampal fue removido.

En una posterior disección se revelaron completamente las fibras radiadas del cuerpo calloso. Y se apreció de hecho que, el *indussium griseum* es una prolongación de la formación hipocampal. En este sitio se distingue una última capa fina que cubría al cuerpo calloso, y su disección y retiro expuso claramente las fibras callosas.

Dichas fibras callosas forman una parte mayor e importante del sistema comisural e interconecta ambos hemisferios cerebrales entre sí. La porción de la rodilla de dichas fibras callosas se conoce como el fórceps menor y la porción esplenial como el fórceps mayor.

Fue en este punto de la disección cuando la totalidad de las fibras radiadas del cuerpo calloso se demostraron. (Fig. 22).

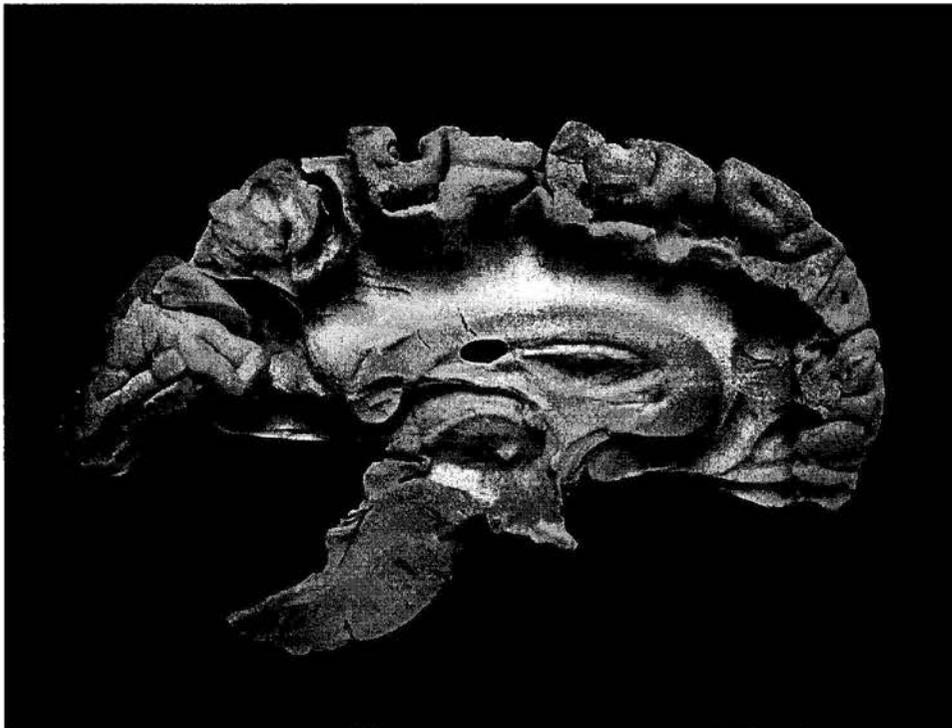


Fig. 22. Exposición de las fibras callosas una vez retirada la corteza frontal, el esplenio, las fimbrias y el *indussium griseum*, así como las conexiones amígdalo-hipocampales.

A este nivel, la fimbria pudo ser trazada y seguida en la cruz, el cuerpo y la columna del fórnix y se apreció como termina en el cuerpo mamilar. Al incidir con el bisturí la porción medial del cuerpo calloso, fueron expuestas la cruz del fórnix y la comisura hipocampal. (Fig. 23)



Fig. 23. Exposición del tálamo (t), fórnix (f) y la comisura hipocampal (ch).

Luego, fue deflexionado el uncus para separar la amígdala de sus complejas conexiones del mismo modo que se hizo en la disección del aspecto lateral del hemisferio cerebral; y fue en este momento que se reveló el cuerno temporal del ventrículo lateral derecho. El hipocampo fue disecado libre pero sin desprenderlo de sus fibras forniceales, y fue separado de la eminencia colateral para ganar acceso al surco colateral. Aquí, la cola del hipocampo y el fórnix fueron separadas del plexo coroides a lo largo de la fisura coroidea. El fórnix fue entonces incidido en la unión de la columna y el cuerpo separando y demostrando el aspecto superior del mismo fórnix, la amígdala y el hipocampo. Se realizó la completa remoción del plexo coroides previamente separado a lo largo de la fisura coroidea. Entonces se pudo observar que la *estria terminalis* localizada entre el núcleo caudado y el tálamo conecta la región central con la amígdala.

Se realizó después la remoción del epéndimo que cubre al núcleo caudado, y la remoción de dicho epéndimo en la pared lateral del ventrículo lateral reveló el *striatum* subcalloso. Es aquí que el núcleo caudado se aprecia extendiéndose en la pared del ventrículo lateral derecho hasta terminar en la amígdala. (Fig. 24).

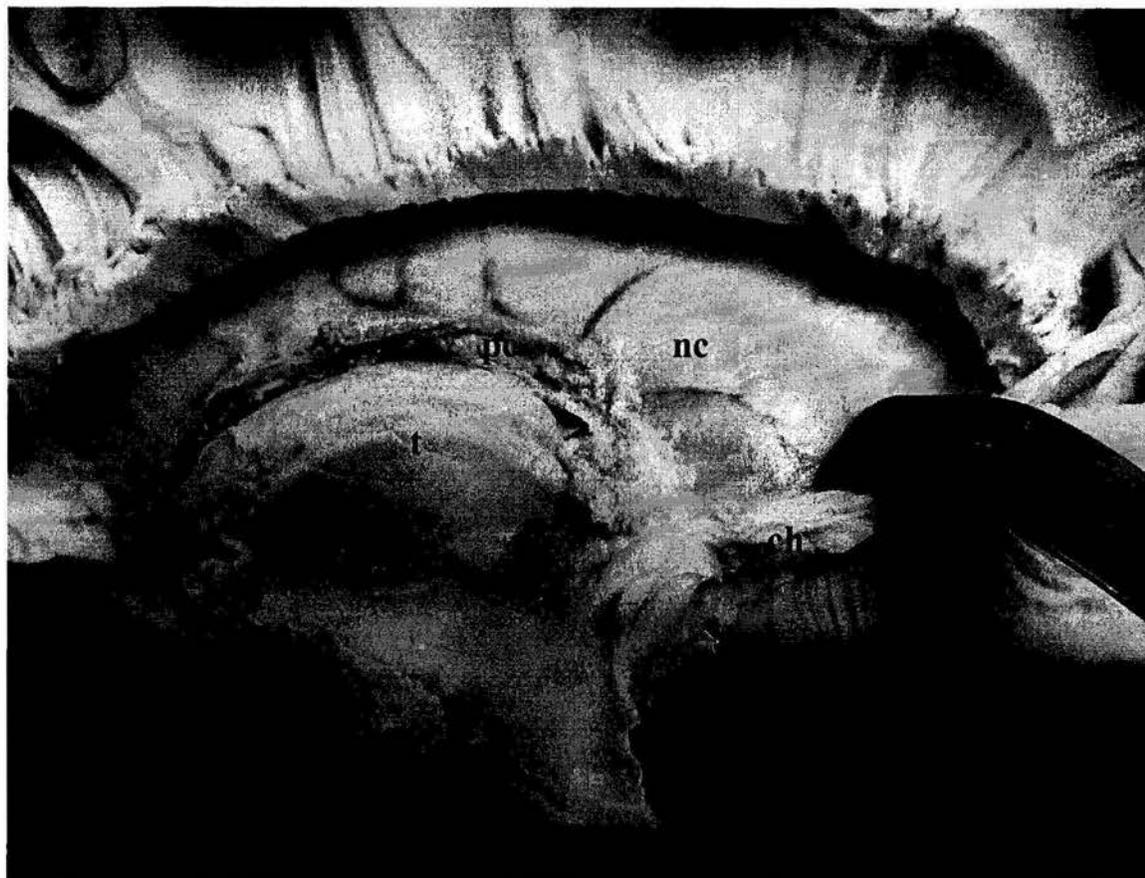


Fig. 24. Núcleo caudado (nc), se aprecia en primer plano el tálamo (t), el plexo coroide (pc) sobre la fisura coroidea, y retrayéndose la comisura blanca hipocampal

El núcleo caudado tenía la misma consistencia suave del putamen. La remoción del núcleo caudado y el *striatum* subcalloso reveló el pedúnculo talámico anterior ó rostral. Se procedió luego a realizar la remoción del fórceps menor para exponer mejor el pedúnculo talámico anterior ó rostral, el cual es la porción anterior y medial ó rostromedial de la cápsula interna y que conecta el lóbulo frontal con el tálamo. Fue entonces removido el cuerpo del núcleo caudado para revelar el pedúnculo talámico superior ó dorsal, y una posterior disección y remoción de la porción caudal del cuerpo del núcleo caudado expuso el pedúnculo talámico posterior ó caudal. Finalmente, al retirar la cola del núcleo caudado se logró exponer el pedúnculo talámico inferior ó ventral. Así, al retirar la totalidad del cuerpo del cuerpo calloso expuso completamente el pedúnculo talámico superior ó dorsal.

El *tapetum* se extiende desde el esplenio formando la pared lateral del atrio del ventrículo lateral derecho, y el techo del cuerno temporal, ambos debajo del epéndimo. La remoción total del *tapetum* expuso completamente el pedúnculo talámico posterior ó caudal. Así pues, la totalidad de los pedúnculos talámicos expuestos forma la porción medial de la cápsula interna y comunica completamente la corteza de todos los lóbulos con el tálamo.

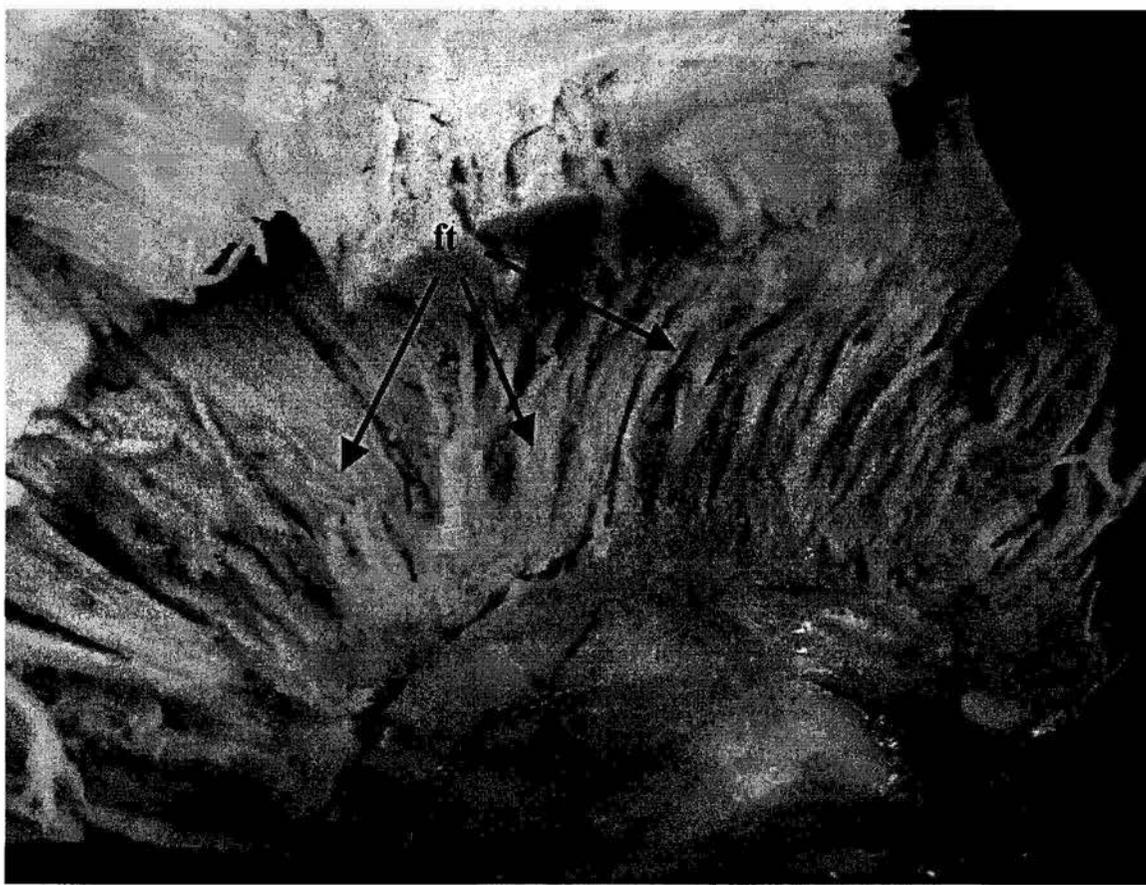


Fig. 25. Exposición de los fascículos talámicos (ft) una vez removido el *tapetum*.

Ahora bien, siguiendo la columna del fórnix dentro del hipotálamo, la disección a este nivel demostró sus conexiones directas con el cuerpo mamilar. Y se apreció al mismo tiempo que la comisura blanca anterior se encuentra anterior ó rostral a la columna del fórnix. Al continuar la disección dentro del hipotálamo se reveló nítidamente, y nuevamente independiente de las demás estructuras, como una vía claramente distinguible, el tracto mamillo-talámico; también conocido como tracto de Vic D'Azir.

Una nueva disección más acuciosa dentro del hipotálamo y el tálamo demostró la columna del fórnix, el tracto óptico y el cuerpo mamilar. Y al seguir con dicha disección hacia el interior del tálamo, se consiguió revelar sus conexiones con los pedúnculos talámicos.

Como se ha demostrado, el pedúnculo talámico inferior comunica el tálamo con el lóbulo temporal. Dicha comunicación fue más evidente al disecar el tracto óptico y el cuerpo geniculado lateral. Se realizó entonces una mayor disección del pedúnculo talámico inferior ó ventral así como del pedúnculo talámico posterior ó caudal y que incluyó las radiaciones ópticas.

Al tener la disección finalizada, se pudo apreciar con toda claridad la corona radiada, el aspecto lateral de la cápsula interna y el pedúnculo cerebral. Estas estructuras, como pudo fácilmente verse con esta disección, están compuestas de las fibras fronto-pontinas, del tracto piramidal, de las fibras occipito-pontinas, y finalmente, de las fibras temporo-pontinas.

FASE II

Se realizó disección de fibras blancas en 35 cerebros fetales; y las edades gestacionales fueron como sigue: Cuatro cerebros de 14 semanas de gestación (SDG), 3 de 16 SDG, 3 de 18 SDG, 3 de 20 SDG, 2 de 21 SDG, 6 de 22 SDG, 4 de 24 SDG, 1 de 28 SDG, 3 de 32-33 SDG, 2 de 34 SDG, 2 de 36 SDG, y 2 de 40 SDG, (total 35 cerebros). (Tabla 1).

Grupo	Edad gestacional	No. de cerebros
1	14	4
2	16	3
3	18	3
4	20	3
5	21	2
6	22	6
7	24	4
8	28	1
9	32-33	3
10	34	2
11	36	2
12	40	2
Total	-	35

Tabla 2. Número y edad gestacional de 35 cerebros fetales disecados

Los cerebros se estudiaron de la siguiente manera:

ANATOMÍA SUPERFICIAL SULCAL Y FISURAL

El total de los cerebros fue encasillado en las siguientes edad gestacional:

a) Primer grupo (4 cerebros): 35 mm, 14 semanas de gestación

Miden los cuatro 35 mm rostro-caudal, y 27 mm dorso-ventral y 30 mm latero-lateral en su porción más ancha. La cara lateral de un cerebro de 14 semanas se aprecia prácticamente lisa, solamente se pueden identificar de manera gruesa un pequeño esbozo de la cisura rolándica no mayor de 4 mm en su porción más dorsal. Sin embargo el primordio del lóbulo temporal es muy claro y el polo temporal está bien definido a diferencia de los polos occipital y frontal que son menos prominentes. Por otro lado la ínsula está completamente descubierta; si bien ya se adivina, su forma es más bien con un ángulo agudo de no más de 20° y que mide apenas 8 mm en su porción dorsal más ancha, a diferencia de la del adulto que tiene un ángulo mucho más abierto de 90° o más. La única cisura formada e identificable bien es la silviana.

En la cara medial en cambio ya es notorio el surco pre-paracentral, la cisura parieto-occipital y apenas asoma la cisura calcarina. Aún no se diferencia el cuerpo calloso ni el cíngulo. Ventralmente se aprecia más bien un borde amplio más que una cara propiamente dicha, y si bien se identifica claramente el nacimiento de la ínsula, no se aprecian aún las porciones operculares, ni hay formado ningún surco ni frontal ni temporal, además de que la porción medial no se ha engrosado para formar el hipocampo ni la amígdala, y pese al gran prominencia del mesencéfalo, el lóbulo temporal está muy abierto con una separación de casi 2 mm con respecto del tallo. En la línea media apenas un pequeño esbozo del

hipotálamo dando la impresión de no haber terminado de cerrarse el rafe a este nivel aún. (Fig. 26).

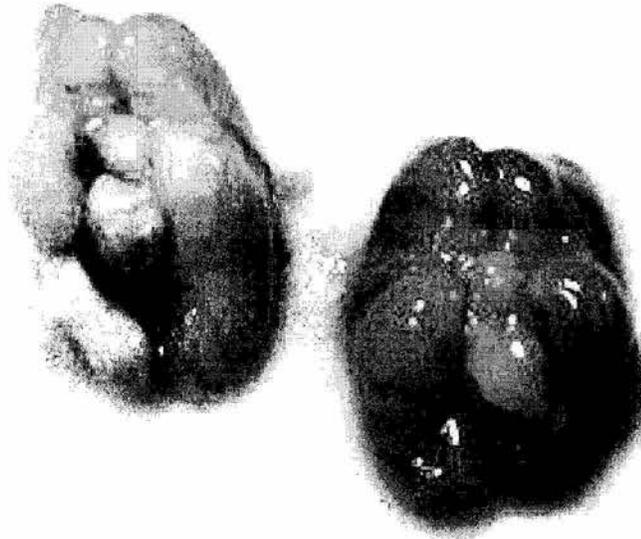


Fig. 26. Cerebros de 14 SDG. Cara ventral.

b) Segundo grupo (3 cerebros): 40 mm, 16 semanas de gestación

Prácticamente sin cambios respecto del anterior, miden los tres 40 mm rostro-caudal, y 31 mm dorso-ventral y 30 mm latero-lateral en su porción más ancha. En la cara lateral se aprecia una superficie lisa completamente, salvo que se aprecia una sutil excavación que separa el futuro lóbulo frontal del temporal con un surco muy tenue que adivina apenas lo que será la ínsula y que apenas mide 1 mm. Además hay una nueva excavación que delimita el lóbulo occipital del temporal. La ínsula ha aumentado el arco de su ángulo a 30°, y los polos occipital y frontal son más agudos y notorios. Medialmente solo se aprecia el tercio rostral y parte del tercio medio del cuerpo calloso aunque el cíngulo es discretamente más notorio, y la cara ventral sigue siendo muy estrecha y el mesencéfalo sigue siendo prominente y aún con un amplio margen de 2.5 mm de separación entre éstos.

(Fig. 27a-c).

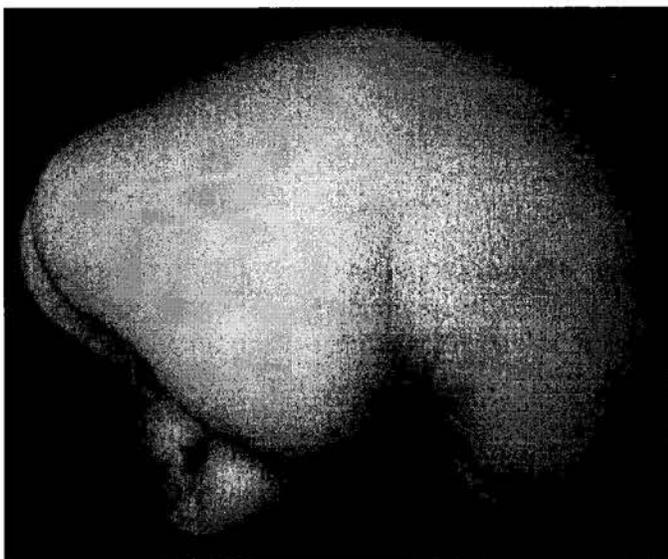


Fig. 27a. Cara lateral.

c) Tercer grupo (3 cerebros): 45 mm, 18 semanas de gestación

Miden los tres 45 mm rostro-caudal, y 37 mm dorso-ventral y 41 mm latero-lateral en su porción más ancha. La superficie sigue siendo en general lisa, sin aparición de surcos secundarios, aunque la cisura rolándica es ya patente aún no es profunda y abarca casi todo su trayecto dorso-ventral, la cisura silviana está completamente reconocida, si bien la ínsula aún está descubierta y con el lóbulo temporal ventral y caudal más no lateral a ésta, la ínsula ya tiene una forma de triángulo rectángulo con hipotenusa caudal y ángulo recto rostral, siendo el ángulo dorsal de 30° y el ventral de 50° . No obstante, pese a ser completamente visible la ínsula, el lóbulo frontal y el temporal le sobresalen casi 0.5 y 0.7 mm respectivamente de relieve. Comienza apenas a ser notorio el surco frontal ventral en su porción más caudal, y el surco temporal ventral, aunque tienen una disposición vertical.

Medialmente se define completamente la cisura calcarina, y se hace presente el surco pre-paracentral y el surco calloso-marginal en su tercio rostral únicamente; así como la cisura parieto-occipital, apenas delineadas y solamente en la porción central de su trayecto. El cuerpo calloso aparece apenas en su tercio caudal aún sin forma definida. Aparece la proyección inicial de la hipófisis rostral a la topografía del hipotálamo.

Ventralmente es ya muy notoria la aparición del giro recto y el surco orbitario medial, y el lóbulo temporal tiene un crecimiento ventromedial en su porción más caudal que lo acerca al mesencéfalo, si bien aún no hay prominencia, se empieza a notar la curvatura rostral tendiente a formar el uncus del hipocampo.

En la línea media es bien notorio ya la presencia de el nacimiento de la hipófisis y del tallo hipofisiario, se aprecia ya la presencia del quiasma óptico si bien aún no es posible seguir la cintilla óptica, aunque dorsal al quiasma se identifica aún abierta, la porción más rostral del tercer ventrículo y el septum pellucidum, con la presencia de un aparente cavum Vergae. (Fig. 28).



Fig. 28. Cara lateral.

d) Cuarto grupo (3 cerebros): 50 mm, 20 semanas de gestación

Miden los tres 50 mm rostro-caudal, y 42 mm dorso-ventral y 47 mm latero-lateral en su porción más ancha, Las diferencias respecto del anterior cerebro se reducen a una mayor profundidad de los surcos secundarios, además de que la forma de la ínsula está sin cambios, pero la proliferación de los lóbulos frontal y temporal sobresalen ya en 1.2 y 2.1 mm el nivel de superficie de la ínsula. Ventralmente comienza a haber cierta prominencia de la región amígdalo-hipocampal no tan notoria en el estadio anterior. Es posible distinguir el trayecto de la cintilla óptica . (Fig. 29).

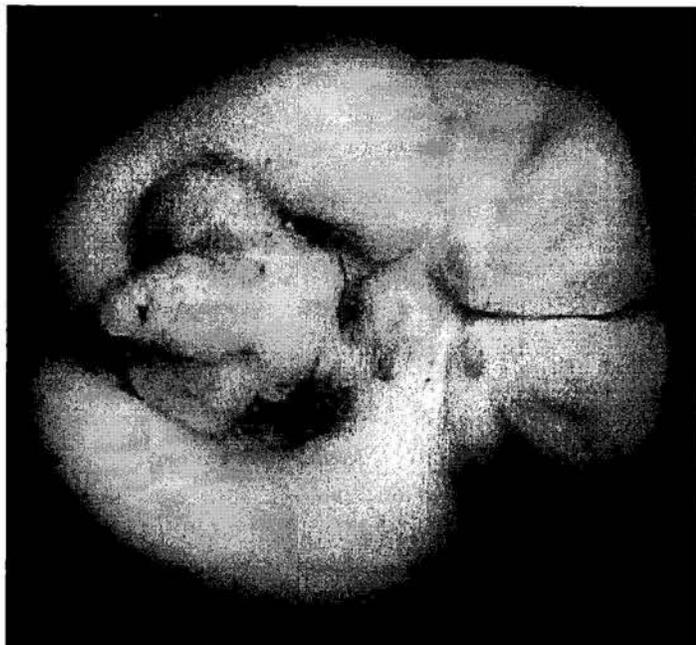


Fig. 29. Cara ventral. Nótese la proyección cortical temporo-frontal sobre la ínsula y el engrosamiento temporo-mesial.

e) Quinto grupo (2 cerebros): 55 mm, 21 semanas de gestación

Miden los dos 55 mm rostro-caudal, y 45 mm dorso-ventral y 50 mm medio-lateral en su porción más ancha, En la cara lateral ya son notorios los surcos frontales dorsal y ventral así como la prominencia de la porción opercular de la tercera circunvolución frontal, además de la aparición de los surcos temporales. Los surcos mayores son completamente notorios en todo su trayecto normal, y en esta etapa finalmente el lóbulo temporal comienza por fin a encimar su polo sobre la ínsula. La cara ventral del lóbulo temporal crece y adopta una forma triangular con la base prominente rostral dando mayor notoriedad a la región uncal, si bien el surco hipocampal no es evidente, así como tampoco los surcos temporales ventrales, y la superficie lisa por fin se ve como una cara y no como un borde ya. Otra cosa notoria es que el cuerno temporal del ventrículo lateral que estaba abierto y era completamente visible en mayor o menor grado en los estadios previos, ahora con el crecimiento de la región amígdalo-hipocampal se ha cerrado en gran medida.

Medialmente se aprecian casi las dos terceras partes rostrales del cíngulo y es notoria la presencia de el pico y la rodilla así como el cuerpo y esplenio del cuerpo calloso. Es completamente clara la cisura calcarina desde etapas más tempranas y se profundiza la cisura parieto-occipital, y el surco calloso marginal. (Fig. 30).



Fig. 30. Cara lateral.

f) Sexto grupo (6 cerebros): 60 mm, 22 semanas de gestación

Miden todos los seis 60 mm rostro-caudal, y 57 mm dorso-ventral y 54 mm latero-lateral en su porción más ancha, Los cambios notorios respecto del anterior son que el lóbulo frontal comienza a insinuarse también sobre la ínsula, y la mayor prominencia de los surcos secundarios, si bien es más acelerado esto en la cara medial que en la lateral y la ventral, donde los cambios son apenas notorios. En la cara medial ya son muy evidentes el desarrollo de el surco pre-paracentral, el paracentral, el surco calloso-marginal y el surco del cuerpo calloso calloso en su tercio rostral y son identificables los lóbulos paracentral, central medial, la precuña, la cuña y la llingula. Ventralmente se aprecian ya los esbozos del surco orbitario lateral y apenas notorios los surcos en 'H'. Es más prominente el uncus y aparecen ya las líneas tenues de los surcos temporales ventrales lateral y medial. El cuerno temporal es apenas notorio. (Fig. 31).



Fig. 31. Cara lateral.

g) Séptimo grupo (4 cerebros): 70 mm, 24 semanas de gestación

Miden los cuatro 70 mm rostro-caudal, y 57 mm dorso-ventral y 60 mm medio-lateral en su porción más ancha, En esta etapa finalmente los surcos son evidentes y se pueden distinguir las circunvoluciones frontales dorsal, medial y claramente la porción opercular, triangular y orbitaria de la tercera; la presencia de los surcos parietales vertical e interparietal permiten distinguir sin problema el lóbulo central y el parietal, además de que el plegue curvo y la región supramarginal son distinguibles también. Se profundizan los surcos temporales y el frontal y el temporal comienzan a cerrarse sobre la ínsula sobre la que ya se distinguen claramente el surco circular y el medial, y se distingue la separación del limen de la porción opercular frontal. Medialmente está completamente formado y notorio el cuerpo calloso y el cíngulo, aunque si bien son notorios los surcos secundarios, son menos profundos que los de la cara lateral. Además la cara ventral prácticamente no tiene cambios en relación al estadio previo, salvo que el cuerno temporal se ha ocultado por completo. (Fig. 32).



Fig. 32. Cara lateral

h) Octavo grupo (1 cerebro): 80 mm, 28 semanas de gestación

Mide 80 mm rostro-caudal, y 67 mm dorso-ventral y 70 mm medio-lateral en su porción más ancha, Los surcos de todas las caras profundizan más y tienen aproximadamente un 30% de su profundidad total. La ínsula ha sido cubierta predominantemente por el lóbulo temporal en casi un 25% de su superficie. El cuerpo calloso es evidente en todo su trayecto, si bien tiene casi la mitad de su grosor total y el fórceps anterior y el posterior no son evidentes debido a que tiene el mismo grosor en todo su trayecto la rodilla, el cuerpo y el esplenio. Los surcos de la cara ventral están presentes en todo su trayecto normal finalmente. (Fig. 33).

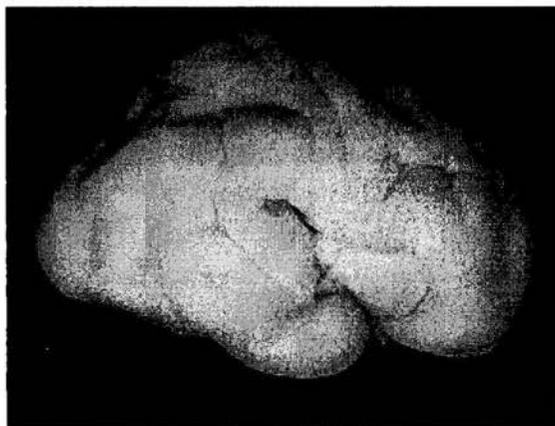


Fig. 33. Cara lateral

i) Noveno grupo (3 cerebros): 90-95 mm, 32-33 semanas de gestación

Miden dos de ellos 90 mm y uno más 95 mm rostro-caudal, y los tres 77 mm dorso-ventral y 81 mm latero-lateral en su porción más ancha, Lateralmente son más profundos los surcos, tienen más del 50% de su profundidad normal, la ínsula es cubierta casi en un 35% por el temporal, la insinuación del frontal se ha detenido. Ventralmente la región amígdalo-hipocampal y el surco hipocampal están superficialmente formados igual que en el adulto. (Fig. 34).

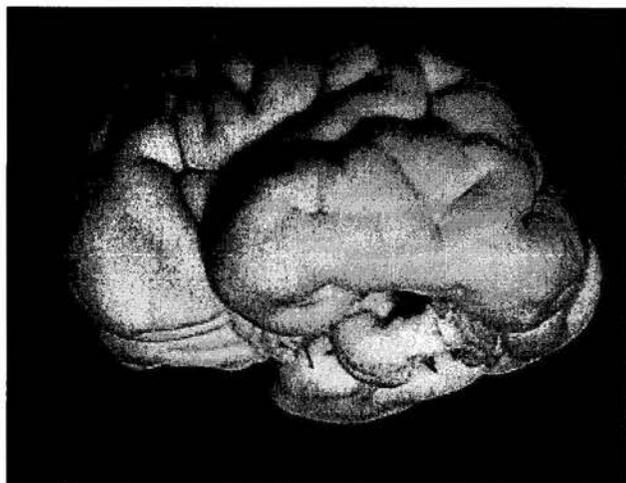


Fig. 34. Cara lateral.

j) Décimo grupo (2 cerebros): 100 mm, 34 semanas de gestación

Miden los dos 100 mm rostro-caudal, y 87 mm dorso-ventral y 92 mm latero-lateral en su porción más ancha, La configuración gruesa es la del cerebro adulto. Los surcos primarios y secundarios están formados y tienen una profundidad de aproximadamente el 75% de la del adulto proporcionalmente, y no es evidente su profundidad a simple vista. La ínsula está cubierta casi en un 85% por el temporal. Las estructuras de la línea media están formadas y presentes salvo que el cuerpo caloso y el cíngulo así como el circuito límbico, si bien están formados, son aún monótonos sin engrosamientos particulares. Aún no están del todo engrosados el esplenio ni la rodilla. Es evidente la comisura blanca anterior, las estructuras del epítalamo, el hipotálamo y los cuerpos mamilares, así como su continuidad de estructuras con el mesencéfalo y el resto del tallo cerebral. (Fig. 35).

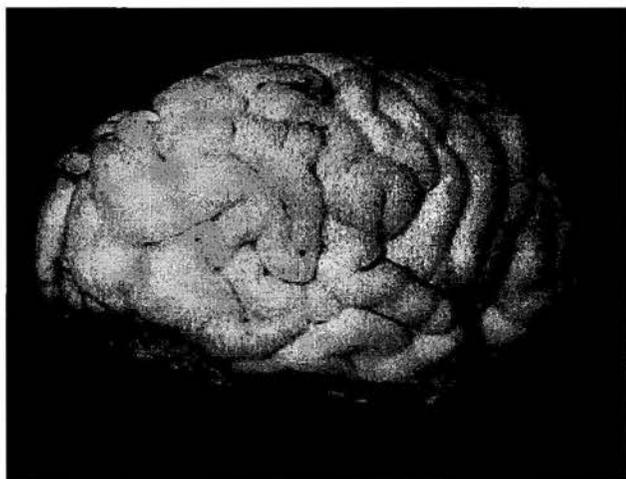


Fig. 35. Cara lateral

k) Décimo-primer grupo (2 cerebros): 110 mm, 36 semanas de gestación

Miden los dos 110 mm rostro-caudal, y 101 mm dorso-ventral y 98 mm latero-lateral en su porción más ancha, No hay diferencia superficiales en relación al del adulto, así como tampoco en las de las vías largas y cortas. El cuerpo caloso con su fórceps anterior y el posterior está muy bien formado ya. La ínsula está casi completamente cubierta por el lóbulo temporal. (Fig. 36).

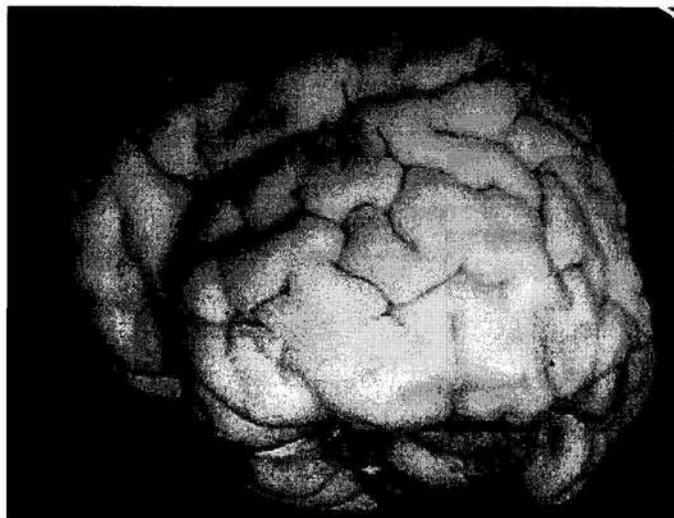


Fig. 36. Cara lateral.

l) Décimo-segundo grupo (2 cerebros): 120 mm, 40 semanas de gestación

Miden los dos 120 mm rostro-caudal, y 106 mm dorso-ventral y 110 mm medio-lateral en su porción más ancha, El cerebro es completamente idéntico al de un adulto y las diferencias solo estriban en el tamaño que es aproximadamente del 50% del adulto, y en la maduración de las fibras y las vías, evidente solo en microscopio para demostrar la inmadura mielinización. (Fig. 37).

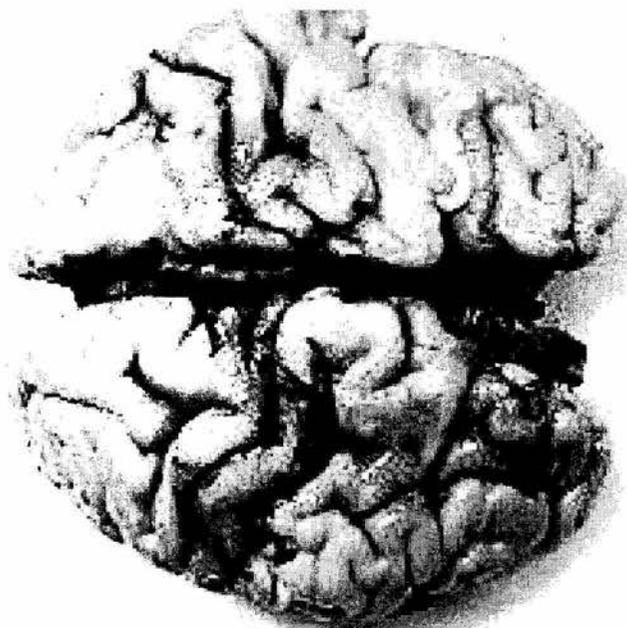


Fig. 37. Cara dorsal.

IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS ARCUATAS, FIBRAS DE ASOCIACIÓN CORTAS Y DE LOS NÚCLEOS DE LA BASE

En este apartado, se engloban las edades gestacionales que tuvieron los mismos hallazgos anatómicos. Es decir, se creó un primer apartado con los dos primeros grupos, un segundo apartado con el tercer y cuarto grupo, un tercer apartado con los grupos quinto, sexto y séptimo y un cuarto y final apartado con los grupos octavo a décimo-segundo.

1. Primer apartado: Primer grupo: 35 mm, 14 semanas de gestación y segundo grupo: 40 mm, 16 semanas de gestación.

Abordaje lateral

La disección inició en la superficie lateral del hemisferio cerebral izquierdo, donde la fisura silviana no es distinguible de manera notoria del resto de la superficie cerebral, así como tampoco lo es la pars orbitalis ni la pars opercularis.

El lóbulo temporal fue el sitio elegido para iniciar la disección. La corteza del giro temporal se disecó y eliminó de manera completa, con disectores de microcirugía y bajo visión microscópica directa con aumento mínimo de 0.4x exponiendo las fibras arcuatas subyacentes, las cuales son relativamente distinguibles pero muy frágiles para su manipulación.

Se realizó la misma maniobra de disección de corteza y exposición de fibras arcuatas en la región del lóbulo frontal y parietal, con lo que se expuso el fascículo longitudinal superior que se encuentra rodeando la fisura silviana, y el cual se aprecia al menos en la disección realizada notoriamente visible en el lóbulo frontal, pero apenas notable en las porciones más caudales.

La ínsula aún cuando no es no es notoria claramente, superficialmente es visible sin necesidad de separar los lóbulos frontal y temporal. La corteza del opérculo fronto-orbitario, fue removida. La remoción de la corteza insular reveló la cápsula extrema, que está compuesta de fibras arcuatas que conectan la ínsula con todos los opérculos. No obstante, la disección fue extremadamente cuidadosa porque dichas fibras fueron muy difíciles de distinguir y fácilmente rompibles. No obstante, al menos pudo identificarse la conexión de la cápsula extrema con los opérculos frontal y temporal, no así caudalmente la unión con el lóbulo occipital.

En la región de la hoz insular, se procedió a retirar la cápsula extrema, revelando el claustro antemuro y la cápsula externa, los cuales nuevamente fueron muy frágiles y apenas distinguibles y fácilmente confundibles con el fascículo fronto-occipital, el cual en esta disección no se pudo identificar, así como tampoco el fascículo longitudinal superior. Al retirar la cápsula externa se expuso el putamen, el fascículo uncinado y la corona radiada.

Se procedió a remover el putamen el cual tuvo una consistencia muy friable su coloración fue apenas más oscura y poco distinguible de la periferia, se demostró el globo pálido externo, el cual tenía una consistencia menos suave también apenas diferenciable del putamen. Rodeando la periferia del globo pálido se apreció la presencia de la cápsula interna, así como el segmento donde se unen las fibras de la comisura anterior con las del fascículo uncinado en el lóbulo temporal. Las conexiones entre el putamen y el núcleo caudado en el aspecto lateral de este último, a través de la cápsula interna pudieron ser demostradas, pese a todo, a este nivel.

Inmediatamente después, fue removido el globo pálido, revelando el interior de la cápsula interna y la comisura anterior. El fascículo uncinado del lóbulo temporal antes mencionado se localizó en la base de la futura ínsula formando parte de la cápsula interna y extrema. La extensión lateral de la comisura anterior fue en ese momento separada y disecada, sin embargo, la mayoría de sus delicadas fibras fueron rotas y no fue claramente notorio que sus fibras siguen hasta el interior del lóbulo temporal, donde se unen con las fibras uncinadas, como ocurre en el cerebro de término.

Abordaje ventral

El espécimen fue rotado para exponer el aspecto inferior o ventral de dicho hemisferio. Sin embargo, no existe ningún giro a este nivel, y la extensión medio-lateral de la cara ventral es apenas la formación de un borde, y la amígdala fue tal solo la porción medial aplanada de un borde ventral temporal más que de una cara propiamente dicha, es decir, no fue macroscópicamente distinguible, aunque el hipocampo no tiene su forma conocida aun, sino que es más bien menos prominente, es una estructura distinguible y su conexión con el núcleo caudado es evidente. Aún no se forman pliegues a este nivel pero hay estructuras claramente formadas, y al remover esta porción medial ventral se identificó el cuerno temporal del ventrículo lateral, de tamaño mucho mayor que en el cerebro de término, es decir; que no hay proliferación cortical aún notoria y el vacío llenado de líquido ventricular domina el área. Es aquí cuando se evidenció el techo del cuerno temporal del ventrículo lateral. Aquí se pudo identificar la banda diagonal de Broca, pero no se pudo evidenciar claramente el *indussium griseum* ni el giro para-terminal puesto que tampoco están diferenciados, se identificó una superficie lisa correspondiente a la sustancia perforada anterior. El epéndimo de la cola del núcleo caudado fue extremadamente delgado y difícil de demostrar, aunque la cola del núcleo caudado sí se definió, y sus fibras pudieron ser seguidas hasta la región de la amígdala, esto fue claramente evidenciable en anatomía macroscópica.

Se pudo diferenciar e identificar el tracto óptico, el cuerpo geniculado lateral, el pulvinar, y el hipocampo. No así la pineal, la cual no se ha proyectado aún ni es diferenciable como una estructura independiente.

De esta manera se logró ver la corona radiada, y la cápsula interna, así como las radiaciones ópticas.

Se procedió entonces a remover el tracto óptico, y se lograron exponer las conexiones entre la cápsula interna y el pedúnculo cerebral.

Se pudo evidenciar que en el surco ponto-mesencefálico donde las fibras del pedúnculo cerebral se interdigitan con las fibras transversas pontinas, y el tracto de fibras cortico-espinales se demostró pasando a través del puente. Se pudo identificar el tracto corticospinal; desde la corteza hasta el pequeño bulbo raquídeo, aunque esto solo fue apenas visible a un aumento de 0.6x.

Abordaje medial

Se realizó la remoción de la corteza en toda la cara medial, el surco calloso y cingular aún no están formados. Las fibras arcuatas subyacentes en el área del futuro cíngulo y la corteza fronto-parietal fueron demostradas. Es en este sitio y al realizar dicha disección, no pudieron hacerse evidentes ni el *indussium griseum* ni la diferenciación de las estrías longitudinales lateral y medial, sino que se apreciaron como una estructura única no diferenciable en partes bajo visión microscópica.

Para poder lograr una mejor visualización de la región temporal basal y mesial, se cortó y removió el mesencéfalo con el bisturí hoja No. 11. En una vista ventral y medial, el plexo coroides protruyó desde la fisura coroidea del cuerno temporal, y se logró identificar al uncus y el futuro cíngulo, los cuales en este momento no están separados por surcos. El *subiculum* la fimbria y el giro dentado, no pudieron demostrarse en este nivel de disección, sino que solo se apreció una masa uniforme no diferenciada de fibras, aunque con conexión clara hacia el caudado.

Las fibras callosas forman una parte mayor e importante del sistema comisural e interconecta ambos hemisferios cerebrales entre sí. La porción de la rodilla de dichas fibras callosas se conoce como el fórceps menor y la porción esplenial como el fórceps mayor. El fórceps menor fue distinguible, pero los dos tercios caudales del cuerpo calloso, incluyendo la porción esplenial y el cuerpo aún son muy delgados y se pierden caudalmente.

La fimbria pudo ser seguida en la cruz, pero su trayecto en el cuerpo y la columna del fórnix y su terminación en el cuerpo mamilar no. El plexo coroides es notorio como estructura independiente característica, pero su trayecto, a pesar de ser visible, no ayudó a identificar las complejas estructuras aledañas.

El núcleo caudado tenía la misma consistencia suave del putamen como se identificó en la disección lateral. La remoción del núcleo caudado reveló las fibrillas del pedúnculo talámico rostral. Al realizar la remoción de las estructuras caudales en el área del esplenio y fórceps menor pudo exponer el pedúnculo talámico rostral, y la cápsula interna. Fue entonces removido el cuerpo del núcleo caudado para revelar el pedúnculo talámico dorsal de iguales características muy finas, y una posterior disección y remoción de la porción caudal del cuerpo del núcleo caudado expuso el pedúnculo talámico caudal. Finalmente, al retirar la cola del núcleo caudado se logró exponer el pedúnculo talámico ventral. Así, al retirar la totalidad del cuerpo y fórceps mayor del cuerpo calloso expuso el pedúnculo talámico dorsal en algunas de sus fibras.

No pudo seguirse la columna del fórnix dentro del hipotálamo el cual no pudo ser distinguido, ni demostrar que había conexiones directas con el cuerpo mamilar.

Finalmente, se pudo distinguir más allá del tálamo como tal, y apreciar la columna del fórnix, el tracto óptico y el cuerpo mamilar.

Al tener la disección finalizada, se pudo apreciar la corona radiada, el aspecto lateral de la cápsula interna y el pedúnculo cerebral. Estas estructuras, están compuestas de las fibras fronto-pontinas, del tracto piramidal, de las fibras occipito-pontinas, y finalmente, de las fibras temporo-pontinas, pero dichas fibras no fueron claramente evidenciables, sino solo en ciertos puntos, donde pudieron seguirse y que se perdían en algunos trayectos para continuar más distalmente.

2. Segundo aparado: Tercer grupo: 45 mm, 18 semanas de gestación y cuarto grupo: 50 mm, 20 semanas de gestación

Abordaje lateral

Es notoria la fisura silviana y se identificaron los esbozos de la pars orbitalis y la pars opercularis, y se elevó apenas el giro frontal inferior y el giro subcentral.

El surco temporal superior fue ya formado, no así los surcos ventrales. La corteza del giro temporal se disecó y eliminó con disectores de microcirugía y con microscopio, así como con espátulas de madera de 3 mm, exponiendo las fibras arcuatas subyacentes. Acto seguido, la corteza del lóbulo temporal fue removida completamente, identificando las

fibras arcuatas de asociación subyacentes, las cuales también fueron posteriormente retiradas de la misma manera.

Se realizó la misma maniobra de disección de corteza y exposición de fibras arcuatas en la región del lóbulo frontal y parietal, con lo que se expuso el incipiente y poco diferenciado, pero completo fascículo longitudinal superior que se encuentra rodeando la fisura silviana.

El opérculo temporal y el opérculo fronto-parietal están en formación y proyección y sigue expuesta la ínsula. La corteza del opérculo temporal fue retirada, y acto seguido, también fue removida la corteza del opérculo fronto-parietal y posteriormente se hizo lo mismo con la corteza del opérculo fronto-orbitario, la cual fue eliminada también.

La corteza insular al ser retirada reveló la cápsula extrema, que está compuesta de fibras arcuatas que conectan la ínsula con todos los opérculos.

En la región de la hoz insular, se procedió a retirar la cápsula extrema, revelando el claustro antemuro y la cápsula externa, poco distinguibles entre sí. Posteriormente se realizó la remoción del fascículo fronto-occipital identificable apenas. La resección de la rodilla del fascículo longitudinal superior expuso el aspecto posterior ó caudal del fascículo fronto-occipital, aunque sus fibras son muy frágiles y delgadas y poco diferenciables de la periferia, y fueron lastimadas durante la disección en la mayoría de los cerebros de este grupo, aunque pudieron ser demostradas. Al retirar la cápsula externa se expuso el putamen. Y se evidenció parcialmente que la porción ventral de la cápsula externa se compone del fascículo fronto-occipital, el cual fue removido en ese momento y con ello se pudo apreciar que sus fibras siguen un trayecto más o menos notorio hacia el lóbulo occipital. Se pudieron mostrar el putamen, el fascículo uncinado y la corona radiada.

Se procedió a remover el putamen el cual tuvo una consistencia muy suave y una coloración un poco más oscura que la periferia, y una vez retirado, se demostró el globo pálido externo, el cual tenía una consistencia más firme un poco más diferenciable del aspecto y la falta de consistencia del putamen. Rodeando la periferia del globo pálido se apreció la presencia de la cápsula interna. Las conexiones entre el putamen y el núcleo caudado en el aspecto lateral de este último, a través de la cápsula interna fueron poco demostradas.

Fue removido el globo pálido, revelando el interior de la cápsula interna y la comisura anterior. El fascículo uncinado del lóbulo temporal antes mencionado se localizó en el límite de la región de la ínsula formando aparentemente parte de la cápsula interna y extrema. La extensión lateral de la comisura anterior fue en ese momento separada y disecada, poniéndose de manifiesto que sus fibras siguen hasta el interior del lóbulo temporal, donde se unen con las fibras uncinadas. (**Fig. 40a-e**).



Fig. 40a. Aracnoidectomía.

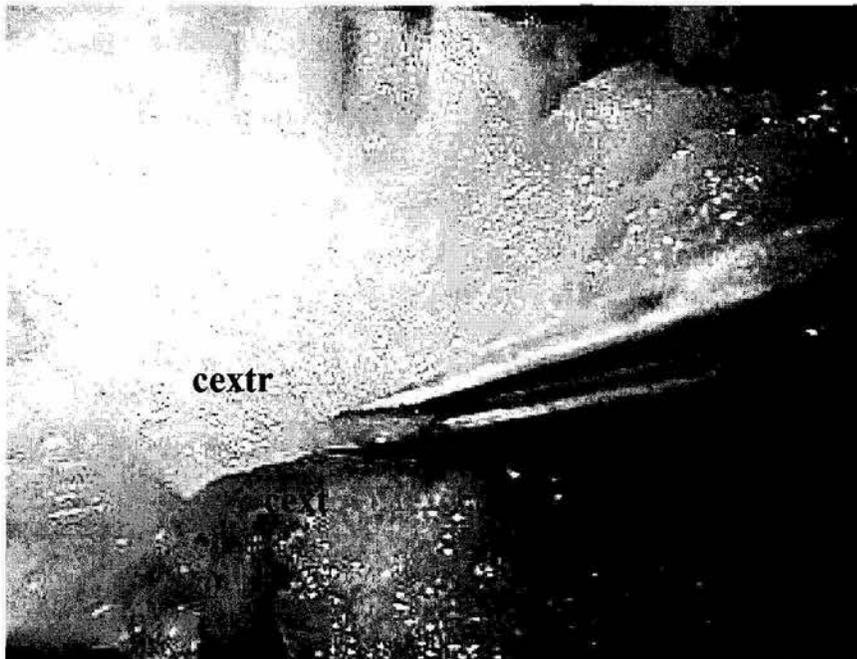


Fig. 40b. Cápsula extrema (cextr) y cápsula externa (cext).



Fig. 40c. Cápsula externa (cext).



Fig. 40d. Putamen (p) y fascículo uncinado (fu).

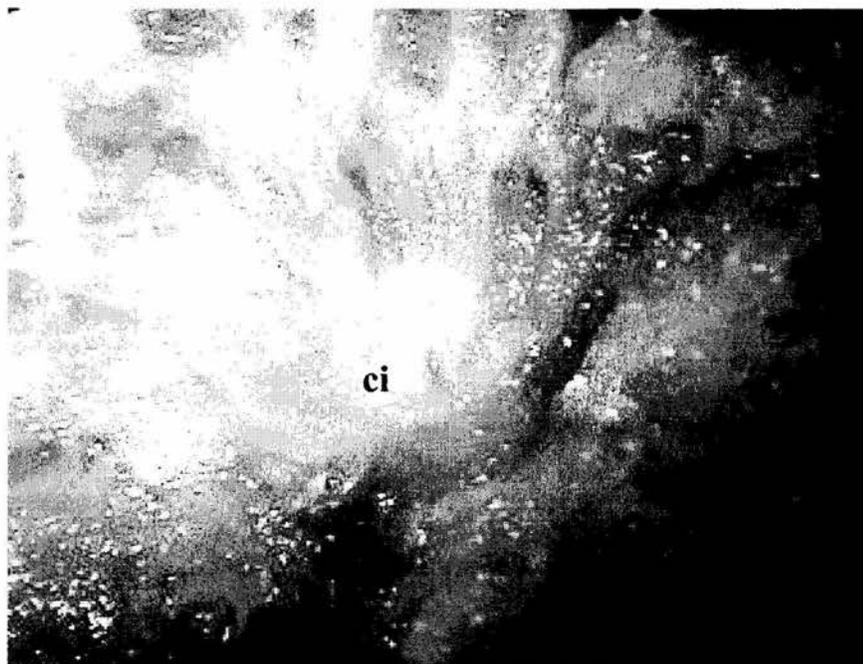


Fig. 40e. Cápsula interna (ci).

Abordaje ventral

El espécimen fue rotado para exponer el aspecto ventral. Las porciones del uncus, el giro infralímbico, la banda de Giacomini, el giro uncinado, el giro ambiens y el giro semilunar pudieron diferenciarse poco unas de otras, pero se apreciaron como una elevación medial de la región mesial. La ya formada amígdala fue separada y removida junto con el uncus y la cabeza del hipocampo fue claramente distinguible como una estructura independiente, así como el cuerno temporal del ventrículo lateral izquierdo. (**Fig. 41a y b**).



Fig. 41a. Exisión de región amígdalo-hipocampal.

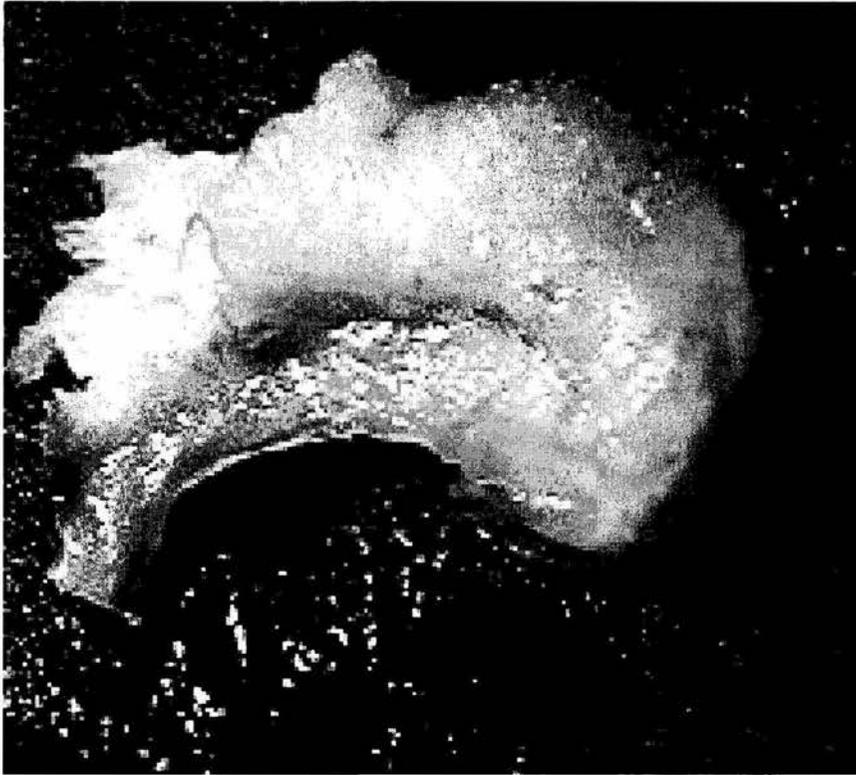


Fig. 41b. Hipocampo.

Las porciones anteriores del giro hipocámpico y el giro para-hipocámpico en formación fueron separadas de la fisura coroidea y el surco colateral, los cuales no son surcos como tales, sino apenas depresiones dibujadas no profundas. Es aquí cuando se evidenció el techo del cuerno temporal del ventrículo lateral. Es posible diferenciar mejor la banda diagonal de Broca, dentro de la sustancia perforada anterior. La cola del núcleo caudado pudo identificarse en la pared respectiva del cuerno temporal del ventrículo lateral aún muy grande. Al retirar completamente la cola del núcleo caudado, se pusieron de manifiesto los pedúnculos talámicos inferior y posterior, y al menos parcialmente el *tapetum*. (**Fig. 42**).

Se pudieron identificar el tracto óptico, el cuerpo geniculado lateral, y el pulvinar, si bien no pudieron ser seguidos en todo su trayecto. La glándula pineal aún no es una estructura diferenciable claramente, pero se aprecia ya como una leve proyección sobre la superficie dorsal y medial.

Se aprecia la corona radiada casi en su totalidad, la cápsula interna, y aparentemente lo que pueden ser las radiaciones ópticas.

Al remover el tracto óptico se lograron exponer las conexiones entre la cápsula interna y el pedúnculo cerebral.

En este momento, se pudo identificar el tracto corticospinal; desde la corteza hasta el mesencéfalo.

Abordaje medial

Se realizó, la remoción de la corteza que yace en el surco cingular rostral el cual ya está pintado apenas. La disección siguió a lo largo del surco calloso también ya formado y se extendió dentro del área subcallosa. Las fibras arcuatas subyacentes en el cíngulo y la

corteza fronto-parietal fueron demostradas. Al realizar la disección, el *indussium griseum* y las estriás longitudinales lateral y medial se evidenciaron, si bien aún no como estructuras independientes, sino como parte de un cordón de fibras único sin límites definidos caudales dentro del surco calloso. (Fig. 42).

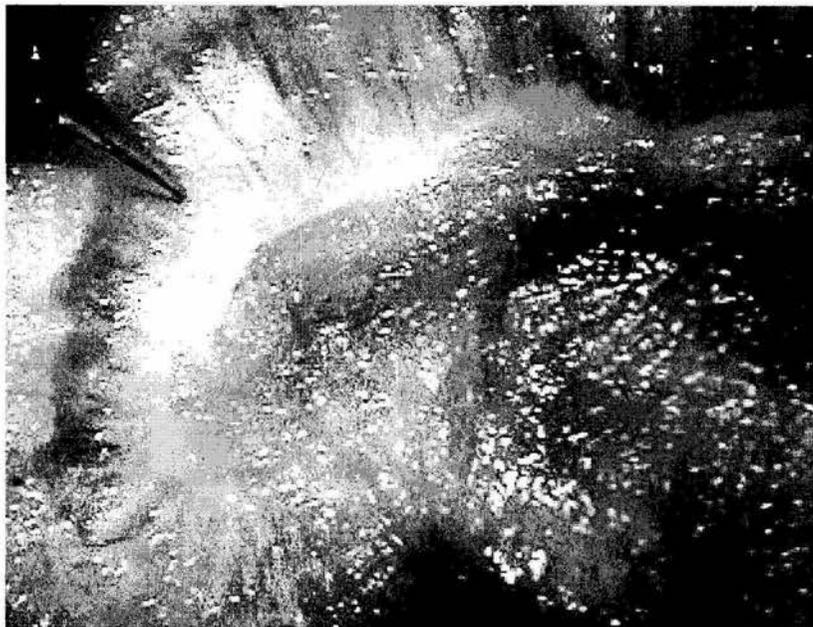


Fig. 42. Fibras callosas comisurales.

Se cortó y removió el mesencéfalo con el bisturí hoja No. 11. En una vista ventral y medial, el plexo coroideo protruyó desde la fisura coroidea ya formada del cuerno temporal y es aquí que se demostraron las porciones del uncus, apenas notorias. El surco uncal aún no está definido así como tampoco el surco hipocampal; aunque al remover la corteza de la aparente área parahipocampal se lograron exponer las fibras del cíngulo. Una vez apreciado esto, se deprimió con la espátula el *subiculum* ya parcialmente formado y de este modo quedaron expuestos la fimbria y aparentemente el giro dentado.

Al retraer el cíngulo bajo el esplenio, se expuso el hipocampo y el giro subesplenial recién formado. Es entonces que el cíngulo fue levantado y separado y se apreció su trayecto a lo largo del cuerpo calloso en su tercio rostral, medial y ventral.

En una posterior disección se revelaron las fibras radiadas del cuerpo calloso en su tercio rostral. Se apreció que el *indussium griseum* es una prolongación de la formación hipocampal, aunque estas fibras no están claras y no fue definida esta trayectoria en su totalidad y solo se infirió por la disposición de las mismas, aunque se expusieron claramente las fibras callosas en su tercio rostral, medial y caudal, identificables del resto de fibras. El fórceps mayor es notoriamente más claro que el menor.

La fimbria pudo ser seguida en la cruz, pero no en el cuerpo y la columna del fórnix y no se apreció su final en el cuerpo mamilar. Al incidir con el bisturí la porción medial de lo que será el cuerpo del cuerpo calloso, fue expuestas la cruz del fórnix, pero no se pudo diferenciar la comisura hipocampal.

Luego, se separó la amígdala; y se reveló el cuerno temporal del ventrículo lateral derecho, de un tamaño aún mucho mayor que en el cerebro terminal en relación a la porción parenquimatosa. El área del aparente hipocampo fue disecada y no se pudieron apreciar sus fibras forniceales. La cola del hipocampo y el fórnix fueron claramente

distinguibles, y se separaron del plexo coroides a lo largo de la fisura coroidea. El fórnix está diferenciado en la unión de la columna, el cuerpo, la amígdala y el hipocampo. Se realizó la completa remoción del plexo coroides a lo largo de la fisura coroidea. No se pudo distinguir si la *estria terminalis* localizada entre el núcleo caudado y el tálamo conecta la región central con la amígdala.

Se reveló el *striatum* subcalloso y el núcleo caudado se aprecia extendiéndose en la pared del ventrículo lateral derecho aunque no se evidencia claramente su terminación en la amígdala, al menos en estos cerebros disecados.

El núcleo caudado tenía la misma consistencia muy suave del putamen. La remoción del núcleo caudado y el *striatum* subcalloso reveló el pedúnculo talámico rostral, el cual es la porción rostromedial de la cápsula interna y que conecta el lóbulo frontal con el tálamo. Fue entonces removido el cuerpo del núcleo caudado para revelar el pedúnculo talámico dorsal, y una disección de la porción caudal del cuerpo del núcleo caudado expuso el pedúnculo talámico caudal aunque su presencia se perdió entre las fibras no diferenciadas caudales y poco distinguibles. Al retirar la cola del núcleo caudado se logró exponer lo que parecía ser el pedúnculo talámico ventral. Así, el pedúnculo talámico dorsal fue poco claro debido a la ausencia de cuerpo y esplenio callosos. (Fig. 43).

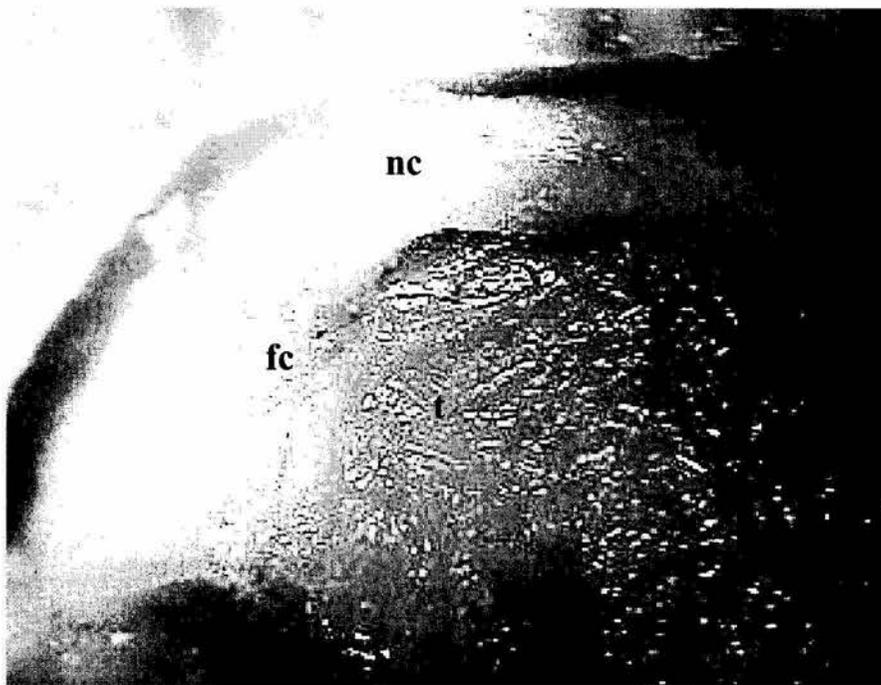


Fig. 43. Tálamo (t), núcleo caudado (nc), y fisura coroidea (fc).

El *tapetum* pudo distinguirse. Es muy notoria la conexión de los pedúnculos talámicos expuestos con la cápsula interna y la corteza de todos los lóbulos con el tálamo (Fig. 44). Las conexiones hipotalámicas, mamilo-talámicas e intra-talámicas no son distinguibles. Al final, se pudo apreciar la corona radiada, el aspecto lateral de la cápsula interna y el pedúnculo cerebral.

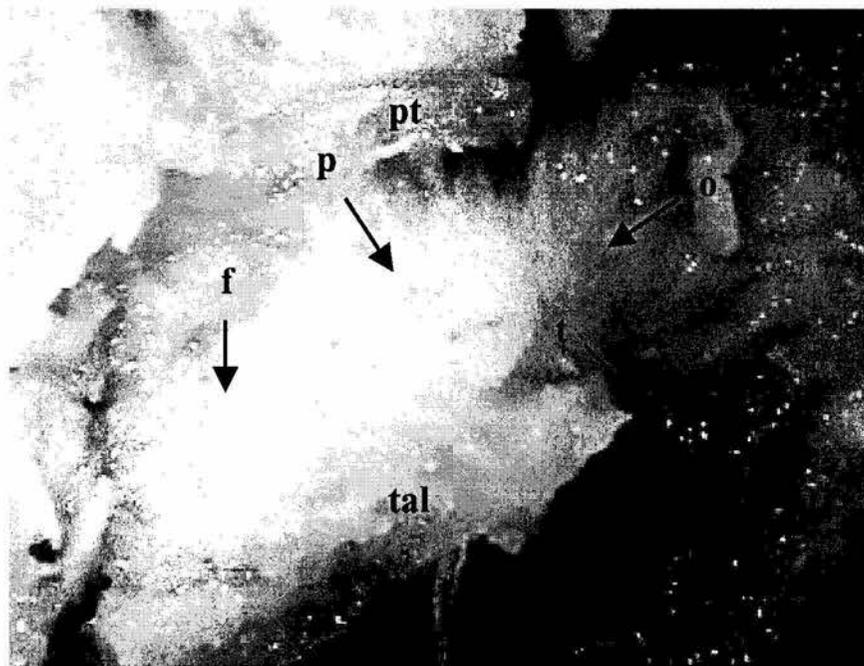


Fig. 44. Tálamo (tal) y pedúnculos talámicos (pt) frontal, temporal, parietal y occipital con fibras tálamo-corticales.

3. Tercer apartado: Quinto grupo: 55 mm, 21 semanas de gestación, sexto grupo: 60 mm, 22 semanas de gestación y séptimo grupo: 70 mm, 24 semanas de gestación

Abordaje lateral

Es notoria la fisura silviana y se identificaron los esbozos de la pars orbitalis y la pars opercularis, y se elevó apenas el giro frontal inferior y el giro subcentral.

El surco temporal superior y los surcos ventrales son más notorios. La del lóbulo temporal fue removida, identificando las fibras arcuatas de asociación subyacentes.

Se realizó la misma maniobra de disección de corteza y exposición de fibras arcuatas en la región del lóbulo frontal y parietal, con lo que se expuso el fascículo longitudinal superior.

El opérculo temporal y el opérculo fronto-parietal están en formación y proyección y la ínsula comienza a ser parcialmente cubierta. La corteza del opérculo temporal, la corteza del opérculo fronto-parietal y la corteza del opérculo fronto-orbitario, fueron eliminadas.

En la región de la hoz insular, se procedió a retirar la cápsula extrema, revelando el claustro antemuro y la cápsula externa, un poco más distinguibles entre sí. Posteriormente se realizó la remoción del fascículo fronto-occipital. La resección de la rodilla del fascículo longitudinal superior expuso el aspecto posterior ó caudal del fascículo fronto-occipital.

Al retirar la cápsula externa se expuso el putamen y se evidenció parcialmente que la porción ventral de la cápsula externa se compone del fascículo fronto-occipital, el cual fue removido en ese momento. Se pudieron mostrar el putamen, el fascículo uncinado y la corona radiada.

Se procedió a remover el putamen y se demostró el globo pálido externo, el cual tenía una consistencia más firme un poco más diferenciable del aspecto y la falta de consistencia del putamen. Rodeando la periferia del globo pálido se apreció la presencia de

la cápsula interna. Las conexiones entre el putamen y el núcleo caudado en el aspecto lateral de este último, a través de la cápsula interna fueron finalmente mejor demostradas.

Fue removido el globo pálido, revelando el interior de la cápsula interna y la comisura anterior.

Abordaje ventral

El espécimen fue rotado para exponer el aspecto ventral. Las porciones del uncus, el giro infralímbico, la banda de Giacomini, el giro uncinado, el giro ambiens y el giro semilunar pudieron diferenciarse unas de otras, y se apreciaron como una elevación medial de la región mesial. La amígdala mejor diferenciada fue separada y removida junto con el uncus y la cabeza del hipocampo.

Las porciones anteriores del aparente giro hipocámpico y el giro para-hipocámpico en formación fueron separadas de la fisura coroidea y el surco colateral, los cuales son apenas depresiones un poco más profundas. Se evidenció el techo del cuerno temporal del ventrículo lateral. La cola del núcleo caudado pudo identificarse en la pared respectiva del cuerno temporal del ventrículo lateral aún muy grande. Al retirar completamente la cola del núcleo caudado, se pusieron de manifiesto los pedúnculos talámicos inferior y posterior, y el *tapetum*.

Se pudieron identificar el tracto óptico, el cuerpo geniculado lateral, y el pulvinar. La glándula pineal es ya una estructura diferenciable.

Se aprecia la corona radiada casi en su totalidad, la cápsula interna, y aparentemente lo que pueden ser las radiaciones ópticas.

Al remover el tracto óptico se lograron exponer las conexiones entre la cápsula interna y el pedúnculo cerebral.

En este momento, se pudo identificar el tracto corticospinal; desde la corteza hasta el mesencéfalo.

Abordaje medial

Se realizó, la remoción de la corteza que yace en el surco cingular rostral el cual ya está mejor definido a lo largo del surco calloso también ya formado y se extendió dentro del área subcallosa. Las fibras arcuatas subyacentes en el cíngulo y la corteza fronto-parietal fueron demostradas. Al realizar la disección, el *indussium griseum* y las estrías longitudinales lateral y medial se evidenciaron mejor como estructuras independientes.

Se cortó y removió el mesencéfalo. En una vista ventral y medial, el plexo coroides protruyó desde la fisura coroidea ya formada del cuerno temporal y es aquí que se demostraron las porciones del uncus. El surco uncal aún no está definido así como tampoco el surco hipocámpico; aunque al remover la corteza del área parahipocámpico se lograron exponer las fibras del cíngulo. Una vez apreciado esto, se deprimió con la espátula el *subiculum* ya parcialmente formado y de este modo quedaron expuestas la fimbria y el giro dentado.

Al retraer el cíngulo bajo el esplenio, se expuso el hipocampo y el giro subesplenial recién formado. Es entonces que el cíngulo fue levantado y separado y se apreció su trayecto a lo largo del cuerpo calloso en su tercio rostral, medial y caudal. En una posterior disección se revelaron las fibras radiadas del cuerpo calloso.

La fimbria pudo ser seguida en la cruz y en el cuerpo del fórnix, y se identificó en el cuerpo mamilar. Al incidir con el bisturí la porción medial del cuerpo del cuerpo calloso, fue expuestas la cruz del fórnix, y se pudo diferenciar la comisura hipocámpica.

La cola del hipocampo y el fórnix fueron claramente distinguibles, y se separaron del plexo coroides a lo largo de la fisura coroidea. El fórnix ya está diferenciado en la unión de la columna, el cuerpo, la amígdala y el hipocampo. Se realizó la completa remoción del plexo coroides a lo largo de la fisura coroidea. También se pudo distinguir la *estria terminalis*.

Se reveló el *striatum* subcalloso y el núcleo caudado se aprecia extendiéndose en la pared del ventrículo lateral derecho y se aprecia su terminación en la amígdala.

La remoción del núcleo caudado y el *striatum* subcalloso reveló el pedúnculo talámico rostral. Fue entonces removido el cuerpo del núcleo caudado para revelar el pedúnculo talámico dorsal, y una disección de la porción caudal del cuerpo del núcleo caudado expuso el pedúnculo talámico caudal aunque su presencia se perdió entre las fibras no diferenciadas caudales. Al retirar la cola del núcleo caudado se logró exponer lo que parecía ser el pedúnculo talámico ventral. Así, el pedúnculo talámico dorsal fue poco claro.

El *tapetum* fue claramente distinguible. Es notoria la conexión de los pedúnculos talámicos expuestos con la cápsula interna y la corteza de todos los lóbulos con el tálamo.

4. Cuarto apartado: Octavo grupo: 80 mm, 28 semanas de gestación, noveno grupo: 90-95 mm, 32-33 semanas de gestación, décimo grupo: 100 mm, 34 semanas de gestación, décimo-primer grupo: 110 mm, 36 semanas de gestación, décimo-segundo grupo: 120 mm, 40 semanas de gestación

Abordaje lateral

La corteza del giro temporal se disecó exponiendo las fibras arcuatas subyacentes. La corteza del lóbulo temporal fue removida completamente, identificando las fibras arcuatas de asociación subyacentes. (Fig. 45).

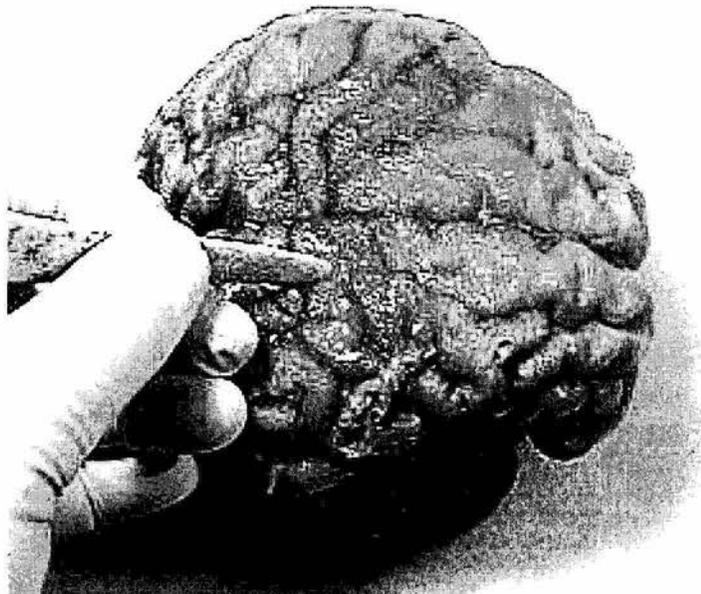


Fig. 45. Corticectomía

Se realizó la misma maniobra de disección de corteza y exposición de fibras arcuatas en la región del lóbulo frontal y parietal, con lo que se expuso el fascículo longitudinal superior rodeando la fisura silviana.

El opérculo temporal y el opérculo fronto-parietal esta vez, ya fueron de algún modo elevados y separados para exponer la ínsula. (Fig. 46).

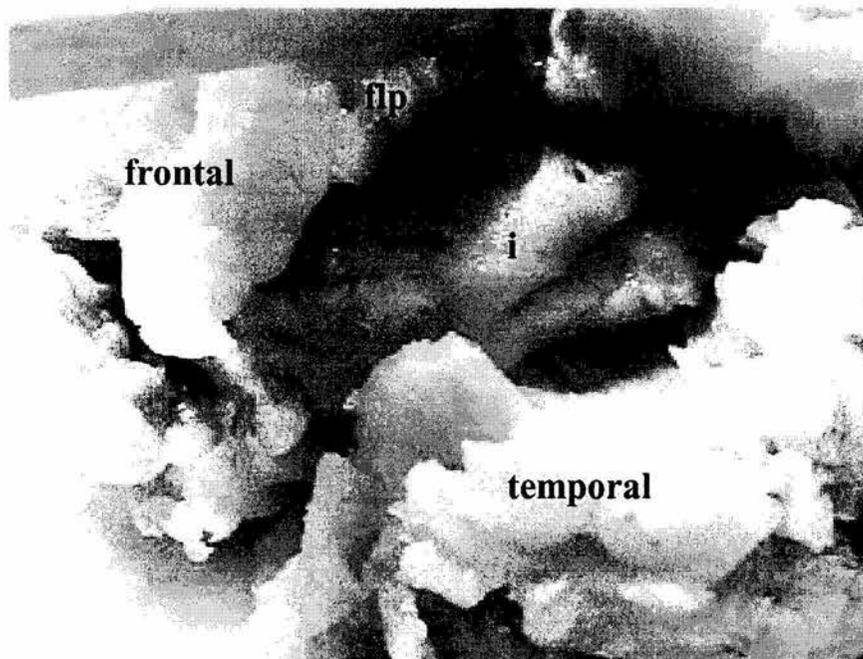


Fig. 46. Fascículo longitudinal superior fronto-temporal (flp) e ínsula (i).

Esta disección expuso mejor la ínsula, y la posterior remoción de la corteza insular reveló la cápsula extrema. Con esto, la disección del aspecto lateral del hemisferio cerebral izquierdo expuso las fibras cortas y largas de asociación. (Fig. 47).

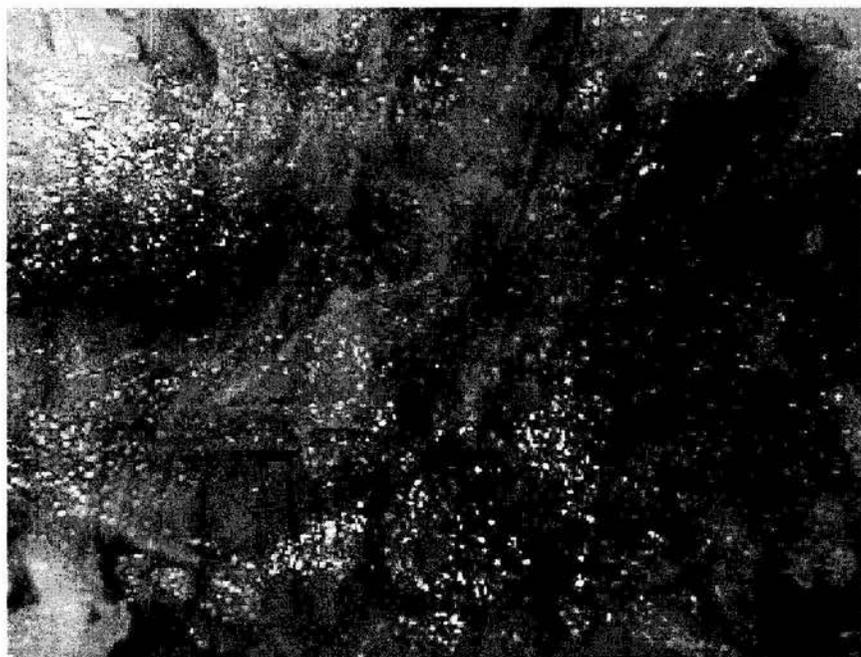


Fig. 47. Fibras de asociación subarcuatas.

Al elevar la sustancia blanca del opérculo fronto-parietal y fronto-orbitario se expuso claramente la cápsula extrema que está compuesta de fibras arcuatas que conectan la ínsula con todos los opérculos. Al disecar la cápsula extrema se demostraron las

conexiones entre la ínsula y los opérculos antes mencionada y los cuales fueron distinguibles una vez completada la disección.

En la región de la hoz insular, se procedió a retirar la cápsula extrema, revelando el claustro antemuro y la cápsula externa. Posteriormente se realizó remoción del fascículo fronto-occipital. La resección de la rodilla del fascículo longitudinal superior expuso el aspecto posterior ó caudal del fascículo fronto-occipital. (**Fig. 48**).



Fig. 48. Cápsula externa (ce) y cápsula extrema (cextr).

Al retirar la cápsula externa se expuso el putamen. Se evidenció que la porción ventral de la cápsula externa se compone del fascículo fronto-occipital, el cual fue removido y se pudo apreciar que sus fibras siguen un trayecto hacia el lóbulo occipital. Se mostró el putamen, el fascículo uncinado y la corona radiada.

Se procedió a remover el putamen y se demostró el globo pálido externo. Rodeando la periferia del globo pálido se apreció la presencia de la cápsula interna, así como el segmento donde se unen las fibras de la comisura anterior con las del fascículo uncinado en el lóbulo temporal. Las conexiones entre el putamen y el núcleo caudado en el aspecto lateral de este último, a través de la cápsula interna fueron demostradas.

Fue removido el globo pálido, revelando el interior de la cápsula interna y la comisura anterior. El fascículo uncinado del lóbulo temporal antes mencionado se localizó en el límite de la región de la ínsula formando parte evidente de la cápsula interna y extrema.

La extensión lateral de la comisura anterior fue separada y disecada, y sus fibras siguen hasta el interior del lóbulo temporal, donde se unen con las fibras uncinadas.

Abordaje ventral

El espécimen en disección fue rotado para exponer el aspecto ventral. Las porciones del uncus, el giro infralímbico, la banda de Giacomini, el giro uncinado, el giro ambiens y el giro semilunar pudieron apreciarse. La remoción del giro semilunar reveló el núcleo cortical de la amígdala. La amígdala fue separada de sus conexiones junto con el uncus revelando la cabeza del hipocampo y el cuerno temporal del ventrículo lateral izquierdo.

Las porciones anteriores del hipocampo y el giro para-hipocámpico fueron separadas de la porción intermedia de la fisura coroidea y el surco colateral. Se evidenció el techo del cuerno temporal del ventrículo lateral. Aquí se pudo identificar la banda diagonal de Broca, como una extensión del *indusium griseum* y del giro para-terminal y que se

localizó dentro de la sustancia perforada anterior. Cuando la banda diagonal de Broca fue retirada, fue visible la cola del núcleo caudado la cual se extendía ventral y caudalmente hasta continuarse con la amígdala. Al retirar completamente la cola del núcleo caudado, se pusieron de manifiesto de manera notoria los pedúnculos talámicos inferior y posterior, así como el *tapetum*, que está compuesto de las fibras infero-laterales del esplenio, y que fue disecado, separado y retirado de las fibras del pedúnculo talámico posterior, que incluye las radiaciones ópticas.

Se pudo identificar y diferenciar la cola del hipocampo, el tracto óptico, el cuerpo geniculado lateral, el pulvinar y la glándula pineal en vista lateral a medial.

De esta manera se despliega ante la vista la corona radiada entera, y la cápsula interna, así como las radiaciones ópticas.

Se procedió entonces a remover el tracto óptico y con ello, se logró exponer las conexiones entre la cápsula interna y el pedúnculo cerebral.

En el surco ponto-mesencefálico fibras del pedúnculo cerebral se interdigitan con las fibras transversas pontinas como pudo apreciarse al avanzar la disección; por lo que el tracto de fibras cortico-espinales se demostró pasando a través del puente, pero de una manera completamente independiente a las estructuras aledañas.

Se pudo identificar el tracto corticospinal; el cual pudo ser seguido desde la corteza hasta el puente. (Fig. 49).



Fig. 49. Haz corticospinal. Corona radiata (cr), cápsula interna (ci), pirámides mesencefálicas (m) y pontobulbares (pb).

Abordaje medial

Se realizó la remoción de la corteza que yace en el surco cingular anterior o rostral. La disección siguió a lo largo del surco calloso y se extendió dentro del área subcallosa. Las fibras arcuatas subyacentes en el cíngulo y la corteza fronto-parietal fueron demostradas. El *indusium griseum* y las estrías longitudinales lateral y medial se volvieron visibles dentro del surco calloso.

Para poder lograr una mejor visualización de la región temporal basal y mesial, se cortó y removió el mesencéfalo con el bisturí. En una vista ventral y medial, el plexo coroides protruyó desde la fisura coroidea del cuerno temporal y se demostraron las porciones del uncus. El surco uncal como pudo apreciarse, no es más que una extensión del surco hipocampal; y al remover la corteza parahipocampal se lograron exponer las fibras del cíngulo. Se pudo demostrar el uncus y el brazo ventral ó inferior del cíngulo. Se deprimió con la espátula el *subiculum* y de este modo quedaron expuestos la fimbria y el giro dentado.

Al retraer el cíngulo bajo el esplenio, se expuso la cola del hipocampo y el giro subesplénico. Entonces el cíngulo fue levantado y separado y se apreció su trayecto independiente de las fibras vecinas a lo largo del cuerpo calloso, y se pudo distinguir que el cíngulo se prolonga hasta el área subcallosa. El brazo ventral ó inferior del cíngulo dentro del giro parahipocampal fue removido.

Se revelaron completamente las fibras radiadas del cuerpo calloso. Y se apreció que el *indusium griseum* es una prolongación de la formación hipocampal.

Las fibras callosas forman una parte mayor e importante del sistema comisural e interconecta ambos hemisferios cerebrales entre sí. Y se demostraron la porción de la rodilla de las fibras callosas ó fórceps mayor y la porción esplenial ó fórceps menor. (Fig. 50).



Fig. 50. Fibras comisurales callosas.

Fue en este punto de la disección cuando la totalidad de las fibras radiadas del cuerpo calloso se demostraron. A este nivel, la fimbria pudo ser trazada y seguida en la cruz, el cuerpo y la columna del fórnix y se apreció como termina en el cuerpo mamilar. Al incidir con el bisturí la porción medial del cuerpo calloso, fueron expuestas la cruz del fórnix y la comisura hipocampal.

Fue deflexionado el uncus para separar la amígdala de sus conexiones; y se reveló el cuerno temporal del ventrículo lateral derecho. El hipocampo fue diseccionado sin desprenderlo de sus fibras forniceales, y fue separado de la eminencia colateral para ganar acceso al surco colateral. La cola del hipocampo y el fórnix fueron separadas del plexo coroides a lo largo de la fisura coroidea. El fórnix fue incidido en la unión de la columna y el cuerpo separando y demostrando el aspecto superior del mismo fórnix, la amígdala y el hipocampo. Se realizó la completa remoción del plexo coroides previamente separado a lo largo de la fisura coroidea. Entonces se pudo observar que la *estria terminalis* localizada entre el núcleo caudado y el tálamo conecta la región central con la amígdala.

Se reveló el *striatum* subcalloso. Es aquí que el núcleo caudado se aprecia extendiéndose en la pared del ventrículo lateral derecho hasta terminar en la amígdala.

La remoción del núcleo caudado y el *striatum* subcalloso reveló el pedúnculo talámico rostral. Se procedió a realizar la remoción del fórceps menor para exponer mejor el pedúnculo talámico rostral, el cual es la porción rostromedial de la cápsula interna y que conecta el lóbulo frontal con el tálamo. Fue removido el cuerpo del núcleo caudado para revelar el pedúnculo talámico dorsal, y una posterior disección de la porción caudal del cuerpo del núcleo caudado expuso el pedúnculo talámico caudal. Al retirar la cola del núcleo caudado se logró exponer el pedúnculo talámico ventral. Así, al retirar el cuerpo del cuerpo calloso se expuso completamente el pedúnculo talámico dorsal.

El *tapetum* se extiende desde el esplenio formando la pared lateral del atrio del ventrículo lateral derecho, y el techo del cuerno temporal. La remoción total del *tapetum* expuso el pedúnculo talámico caudal. La totalidad de los pedúnculos talámicos expuestos forma la porción medial de la cápsula interna y comunica completamente la corteza de todos los lóbulos con el tálamo.

Siguiendo la columna del fórnix dentro del hipotálamo, la disección a este nivel demostró sus conexiones directas con el cuerpo mamilar. Y se apreció al mismo tiempo que la comisura blanca anterior se encuentra anterior ó rostral a la columna del fórnix. Al continuar la disección dentro del hipotálamo se reveló el tracto mamilo-talámico.

Una disección dentro del hipotálamo y el tálamo demostró la columna del fórnix, el tracto óptico y el cuerpo mamilar, y sus conexiones con los pedúnculos talámicos.

El pedúnculo talámico inferior comunica el tálamo con el lóbulo temporal, al diseccionar el tracto óptico y el cuerpo geniculado lateral. Se realizó entonces una mayor disección del pedúnculo talámico ventral así como del pedúnculo talámico caudal que incluyó las radiaciones ópticas.

Al tener la disección finalizada, se pudo apreciar la corona radiada, el aspecto lateral de la cápsula interna y el pedúnculo cerebral. Estas estructuras están compuestas de las fibras fronto-pontinas, del tracto piramidal, de las fibras occipito-pontinas, y de las fibras temporo-pontinas.

FASE III

Se realizó disección de fibras blancas en 8 cerebros con presencia de tumores de estirpe glial intrínsecas; de los cuales 2 fueron cerebros completos y 6 cerebros más fueron cortes obtenidos de cerebros con neoplasias gliales intrínsecas, todos obtenidos del servicio de Neuropatología del INNN. Se identificaron del 1º de enero de 1990 al 31 de julio un total de 497 autopsias realizadas, de las cuales se extrajeron un total de 17 autopsias con diagnóstico de glioma. Las localizaciones fueron frontal derecha en 6, izquierda en 3, bifrontal en alas de mariposa en 4, occipital en 1, en tallo 1, en tálamo 1 y medular en 1. Se eliminaron para el presente estudio 4 glioblastomas multiformes en alas de mariposa por invasión diseminada bilateral y carcinomatosis meníngea, 1 lesión de tallo, y una más medular por no ser lesiones supratentoriales, y finalmente 2 gliomas frontales, y 1 talámico por no tener los cerebros, ya que fueron depurados. Se obtuvieron un total de 8 cerebros finalmente, para su disección. La localización de los gliomas fue frontal derecha en 5 casos e izquierda en 2, y occipital en 1.

Todos los ocho cerebros obtenidos fueron manipulado quirúrgicamente, mediante exéresis parcial de la lesión tumoral; aunque dejando al menos una cara, habitualmente la medial, intacta y sin , y que fue donde se realizó la disección de dos maneras: Del tumor a la periferia y de la periferia al tumor.

En los 8 se identificó claramente un plano de clivaje claro de la lesión tumoral, permitiendo en la disección intratumoral hacia las fibras periféricas, establecer claramente que al retirar bajo visión microscópica el tumor en dicha área, la presencia de fibras blancas subyacentes era macroscópicamente sana y no invadida; lo cual se pudo corroborar en la disección de la periferia al tumor, donde fue claramente notorio el aspecto de las fibras blancas libres y 'limpias', separadas de la lesión tumoral, y la cercanía del tumor con los tractos de la base, particularmente el tálamo y la cápsula interna, así como el putamen y los globos pálidos, completamente independientes de la lesión con sus trayectos bien definidos en los cerebros en que esto fue identificable. (Fig. 51a-f).



Fig. 51a. Corte cerebral con lesión tumoral.



Fig. 51b. Corteza cerebral suprayacente a la lesión.



Fig. 51c. Fibras arcuatas suprayacentes normales.



Fig. 51d. Fibras de asociación suprayacentes normales.



Fig. 51e. Fibras blancas con lesión tumoral.

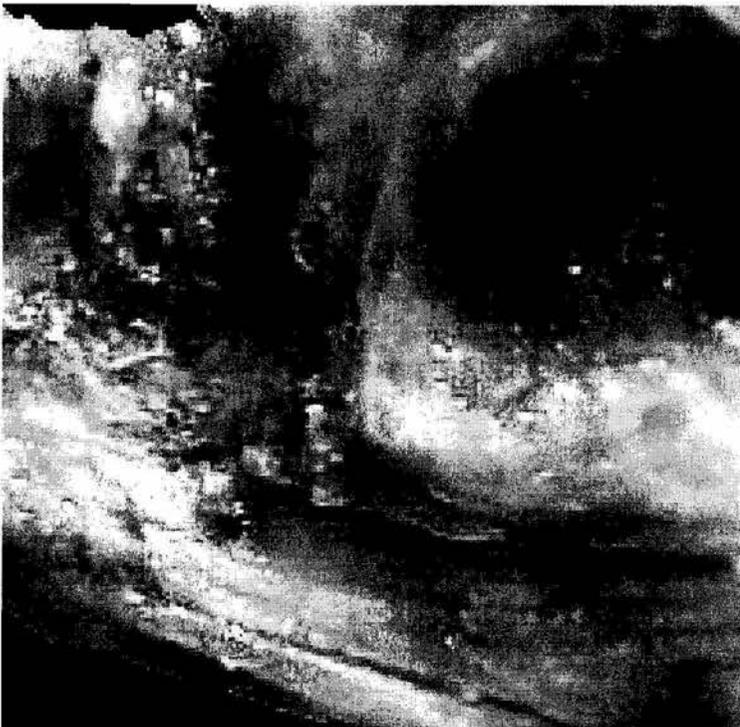


Fig. 51f. Tras la exéresis de la lesión, las fibras blancas subyacentes se demostraron de aspecto normal.

Esto permite pensar en la posibilidad de que dichas lesiones sean quirúrgicamente accesibles para su excéresis, si no total, al menos más citorreductiva en un abordaje más invasivo, pero a la vez menos destructivo y más efectivo, con menor riesgo de crear déficits más notorios que los que ha producido el propio tumor.

DISCUSIÓN

Compartimientos del S.N.C.

De acuerdo con lo descrito acerca de la descripción anatómica, es notorio que el sistema nervioso central es y siempre ha sido estudiado como una estructura formada de diversas subestructuras, cada vez más complejas y sin embargo cada vez más lógicas conforme se avanza en dicho estudio. Las descripciones realizadas hace ya varios años por los padres de la anatomía del sistema nervioso, que cayeron en cierta manera un poco en el olvido a raíz de la proliferación cada vez mayor de auxiliares clínicos de imagen y funcionales, hicieron en cierto modo desplazar el indispensable estudio anatómico en especímenes reales, para darnos imágenes cada vez mejor definidas que, sin embargo, pese a su detalle y su pretendida tridimensionalidad; han sido útiles, pero no pueden desplazar la anatomía del cerebro humano real. Mil fotografías o dibujos de una rosa, nunca podrán darnos a entender lo que es una rosa si nunca la hemos visto. Por ello, el estudio de la anatomía debe ser llevado a cabo desde la lectura de las descripciones, llegar a la identificación en una estructura anatómica real, y posteriormente identificar dichas estructuras anatómicas en los estudios diversos de gabinete. Si se hace al revés, o de manera incompleta, nuestros criterios diagnósticos y terapéuticos serán de igual manera incorrectos o incompletos. No es posible dominar la anatomía vascular del sistema nervioso si solo se le conoce en los libros o en los estudios de angiografía. Porque tal conocimiento queda truncado a no saber de las estructuras a las que nutre dicha vascularidad, y si no se conoce la forma tridimensional de cada estructura, menos aún se podrá comprender el porqué de cada trayecto vascular, su dirección, su fin, y las consecuencias de su daño. Por otro lado, es indispensable durante la cirugía, saber cada estructura que se disecciona, que se corta, se separa, o incluso se destruye, ya que con ello podremos saber las consecuencias de cada manipulación, y que podrán explicar el porqué de complicaciones en cirugías aparentemente exitosas, o incluso de la ausencia de dichas complicaciones cuando se teme haber dañado una estructura que aparentemente era distinta de la que en realidad es. Por otro lado, el advenimiento de las complejas técnicas de estereotaxia y sus respectivos costosos equipos, si bien tienen un lugar específico dentro del campo de la cirugía neurológica; dicho campo no es absoluto ni cubre todas las necesidades de las patologías a tratar quirúrgicamente. Por ello, es un complemento de las técnicas invasivas, pero no un sustituto. Ya que siempre será mejor una buena y cuidadosa disección anatómica, y una segura identificación de las estructuras; que un cálculo complejo, útil, pero que sin embargo no deja de ser a fin de cuentas una punción a ciegas, con las potenciales complicaciones identificadas de la misma; en cualquier área, no solo del sistema nervioso central, sino en cuello, tórax, abdomen, pelvis, región dorsal e incluso en extremidades. Otro ejemplo más, es el desarrollo de la mínima invasión en las técnicas de endoscopia cerebral, técnicas con las que se navega por el sistema nervioso, y en las que también, como en las otras descritas; es indispensable nuevamente un conocimiento detallado tridimensional de cada estructura vascular y parenquimatosa de los compartimientos descritos, para hacer esta técnica más segura y exitosa.

La anatomía debe ser estudiada pues, desde un punto de vista que involucre la vascularización arterial y la vascularización venosa superficial, la vascularización compartimentalizada y el estudio de la disección de las fibras blancas primero de manera individual, y posteriormente en conjunto; es decir, ni más ni menos que anatomía descriptiva y anatomía topográfica. Y finalmente, anatomía de imagen y anatomía quirúrgica.

El presente trabajo trata de definir la importancia de las técnica de disección de fibras blancas en el estudio de la anatomía normal tridimensional del sistema nervioso central, describiendo los hallazgos del autor respecto de técnicas descritas por Klingner, Yasargil y Tûre; encontrando hallazgos similares a los reportados por dichos autores (3-5). Por otro lado, explora el uso de dichas técnicas en otro campo de anatomía tridimensional: El cerebro fetal en sus diferentes etapas de desarrollo, buscando por un lado, los cambios estructurales descritos por diversos autores, pero desde otro punto de vista, usando la técnica de disección de fibras blancas en cerebros fetales. Los hallazgos obtenidos en efecto confirman lo descrito por Adzick, Harrison, Blaas, y muchos otros autores cuyos trabajos valiosos son ahora la base de la neurocirugía fetal (171-174). Pero además, describen nuestros hallazgos de una manera sistemática de estudio del cerebro fetal en donde buscamos específicamente las estructuras desarrolladas en el cerebro adulto, es decir, se buscó de qué manera evolucionan dichas estructuras y se pudo además identificarlas como estructuras individuales y además como estructuras interconectadas a otras estructuras vecinas. Por ejemplo, la clara identificación del desarrollo del cuerpo calloso, en etapas iniciales formado estructural y macroscópicamente en su tercio rostral, sin una clara evidencia de formación del cuerpo o el esplenio en fetos de 14 semanas, y sin embargo su clara identificación de la forma del fórceps anterior, el cuerpo, el fórceps posterior ya a las 18 semanas; y más aún, pudiendo seguir sus fibras hacia los lóbulos frontal, temporal, parietal y occipital. Además la identificación clara de las fimbrias, el indusium griseum, el fórnix, el tálamo y sus conexiones frontales, temporales, parietales y temporales, el núcleo caudado y además siguiendo este hasta su conexión caudal y ventromedial con la amígdala y el hipocampo. Este último hipocampo, además identificado tan solo como una estructura temporal medial sin forma específica a las 14 semanas, hasta su evolución ya desde las 18 semanas de gestación con la forma y conexiones características del adulto, conexiones tenues, fibras frágiles; sin embargo claramente definidas. Otras conexiones bien definidas fueron la sustancia perforada anterior, la vía visual desde el quiasma hasta las radiaciones temporales y hasta el cuerpo geniculado lateral, etcétera.

Finalmente, en la tercera etapa del estudio, se pudieron identificar las características de los cerebros invadidos por lesiones tumorales intrínsecas de estirpe glial, pero nuevamente, desde el punto de vista de anatomía macroscópica. Evidentemente este trabajo no puede definir aspectos de dichas neoplasias en sí, sino que define las características macroscópicas que pueden ser de un modo útiles en la resección quirúrgica de dichas lesiones. El concepto de lesionectomía total descrito por Yasargil (1-2), es evidente en el presente estudio, en donde los 8 cerebros con lesiones gliales tuvieron el mismo comportamiento: Fueron al menos en los sitios de su periferia donde se realizó la disección, lesiones independientes confinadas a un compartimiento, y sin invadir los compartimientos vecinos, los cuales se encontraron desplazados por el tumor, pero no invadidos. La disección 'intratumoral' de las lesiones, permitió observar que, al avanzar hasta los límites tumorales, las fibras blancas subyacentes no estaban destruidas ni invadidas por el tumor, sino que conservaron sus característico aspecto de trayectos fibrosos los cuales no se interrumpieron desde las áreas proximales hasta las distales del tumor. La disección extratumoral demostró esto más notoriamente, ya que las fibras vecinas al tumor pudieron ser seguidas desde la corteza, la *corona radiata* y finalmente los núcleos de la base. Las áreas afectadas por tumor en los cerebros disecados fueron 4 frontales, 3 temporales y 1 occipital. Todos periféricos y fuera de los compartimientos de los núcleos basales. Este compartimiento es congruente con lo descrito por Yasargil respecto de las

áreas predominantes de afección tumoral (9). Los hallazgos sugieren pues que estas lesiones disecadas son susceptibles de accesos quirúrgicos para lesionectomías más completas y menos mutilantes. En el INNN se identifica en una revisión realizada por este autor, que en un período de 12.5 años, del 1° de enero de 1990 al 30 de junio de 2003, se realizaron un total de 5099 cirugías con diversas técnicas, para abordar 4725 lesiones tumorales tanto intrínsecas como extrínsecas, excluyendo lesiones infecciosas, ya sea bacterianas, virales, o priónicas, así como lesiones vasculares, o bien, tumorales no inherentes directamente al sistema nervioso central. Estas lesiones tumorales incluídas fueron confirmadas como tumores por técnicas convencionales de estudio histopatológico con tinciones generales y especiales, así como estudios de inmuno-histoquímica (**Tablas 3 a 6**). De éstos, hubo un total de 2777 lesiones tumorales intrínsecas al parénquima, y 1948 lesiones extrínsecas y dentro del sistema ventricular. Hubo un total 1306 casos de glioma de los 2777 tumores intrínsecos (47.04%), de los cuales se diagnosticaron 810 casos de glioblastoma multiforme (62.02%), 259 astrocitomas de menor grado (19.84%), 149 oligoastrocitomas (11.41%), 55 ependimomas (4.21%) y 33 oligodendrogliomas (2.52%). Tenemos una incidencia de 378 tumores nuevos por año. De estos tumores, tenemos una incidencia de 104.5 tumores de estirpe glial nuevos por año, con una prevalencia del 47% del total de tumores intrínsecos, y del 27.6% del total de tumores operados. El 30% de cirugías por tumor es para exéresis de gliomas. El número total de tumores intrínsecos de estirpe glial sometidos a cirugía y confirmados por Patología en ese período de 12.5 años es de 1306, de los cuales 153 casos (11.7%) fueron sometidos a más de un procedimiento quirúrgico: 140 casos sometidos a 2 procedimientos (91.5%), 11 casos sometidos a 3 procedimientos (7.2%) y 2 casos sometidos a 4 procedimientos (1.3%). Estos procedimientos siempre fueron más mutilantes que el procedimiento inicial. Un 8.5% de los tumores gliales fue sometido solamente a biopsia para confirmar diagnóstico y luego enviado a radioterapia, y de los tumores más ‘superficiales’ localizados en áreas frontal, temporal, parietal y occipital, 27% fueron abordados mediante lobectomía para exéresis total y 45% con lobectomía para exéresis parcial. La evolución evidentemente fue poco alentadora. 68% murió en un plazo de 1 año pese al tratamiento, y casi en el 95% de los que sobrevivieron más de un año, el tumor recidivó, y estas recidivas fueron siempre más invasivas que el tumor original. Las reoperaciones fueron en un rango de 1 a 108 meses posterior al primer procedimiento con un promedio de 12.59 meses; 114 de los 153 pacientes reoperados (74.5%) fue reintervenido en menos de un año (162). Los resultados obtenidos en el INNN son muy semejantes a los reportados por los diversos autores (139,142,153-155,160). No obstante, según lo reportado por Yasargil usando el concepto de lesionectomía total, su porcentaje de recidiva e índice de complicaciones fue mucho menor, su técnica quirúrgica fue menos mutilante; y además, la evolución de los pacientes fue en general mejor. Por otro lado, las recidivas tumorales tuvieron una característica muy notoria: un alto porcentaje de éstas fue en el mismo compartimiento abordado, sin invadir compartimientos vecinos (1,2). Por lo tanto, los beneficios de dicha lesionectomía ‘pura’ son evidentes, factibles, y sobre todo, deseables.

En todo caso, las rutas de acceso al sistema nervioso central deben ser tan pequeñas como sea posible y tan grandes como sea necesario. Y deben tener como característica deseable el lograr la exéresis lo más completa posible, recuperar el daño provocado por la compresión tumoral a áreas no invadidas hasta donde sea posible, no provocar mayor daño en las funciones de las áreas aledañas, y esto no solamente enfocado a las áreas más ‘elocuentes’ como las de la función del lenguaje o las áreas motoras y sensitivas, sino

también a un poco más sutiles pero igualmente importantes como por ejemplo las funciones cognitivas cerebelosas hemisféricas y vermianas, las áreas temporomesiales, las regiones precentrales frontales, etcétera.

La estrategia quirúrgica dependerá en todo caso, de la localización y tamaño tumoral, de su patrón de crecimiento, del desplazamiento de los compartimientos vecinos, y de la vascularización tumoral. Por ello, para lograr una adecuada disección tumoral es indispensable el reconocimiento de la anatomía regional y general, de los corredores anatómicos que permitan el acceso a la lesión, de las variaciones estructurales condicionadas por la lesión ocupativa y de las variantes anatómicas normales en cada individuo, de los patrones vasculares tanto arteriales como venosos, de la factibilidad de revascularización quirúrgica o bien, de la redistribución de flujo vascular que condiciona la lesión y de la que condicionará su exéresis, de la posibilidad de descompresión interna o disección superficial de la lesión, de la posibilidad de una lesionectomía pura y completa en base a los límites de la lesión, y finalmente la hemostasia una vez lograda la exéresis.

En la mayoría de escuelas de neurocirujanos, el entrenamiento en laboratorio es una parte indispensable y extremadamente valiosa si se quiere lograr un entrenamiento completo y adecuado, ya que el desarrollo de habilidades quirúrgicas como son el manejo de estructuras y material de microcirugía a través del microscopio quirúrgico, tanto en modelos cadavéricos dinámicos o estáticos, fijados en formol o frescos, así como en modelos experimentales vivos animales, ya sean ratas, ratones, conejos, gatos, perros, cerdos o simios; tratando de reproducir del modo más fiel posible las condiciones de una cirugía en un paciente real, permitirá al futuro neurocirujano acceder a mejores posibilidades de un diagnóstico acertado, a una terapéutica más adecuadamente elegida, y finalmente, a una decisión quirúrgica más conveniente para el paciente.

Tipo de tumor	No.	%
gliomas	1306	47.04
adenomas de hipófisis	958	34.51
craneofaringiomas	111	4.00
meduloblastomas	110	3.96
linfomas	100	3.60
hemangioblastomas	79	2.84
cavernomas	50	1.80
germinomas	23	0.83
PNET	22	0.80
teratomas	11	0.40
hamartomas	5	0.18
pseudotumor inflamatorio	2	0.04
Total	2777	100

Tabla 3. Número de casos de tumores intrínsecos en el INNN 1990-2003

Tipo de tumor	No.	%
meningiomas	966	49.60
schwannomas	262	13.45
metástasis	261	13.40
quiste epidermoide	147	7.54
neurofibroma	50	2.56
sarcoma	47	2.41
cordoma	41	2.10
glomus	34	1.74
papiloma de plexo coroides	32	1.64
quiste dermoide	27	1.38
displasias fibrosas	19	0.97
plasmocitomas	17	0.87
tumor de células gigantes	12	0.61
histiocitoma fibroso	9	0.46
esteseoneuroblastomas	5	0.25
quistes coloides	5	0.25
hemangiopericitoma	5	0.25
tumores ectópicos	4	0.20
osteomas	3	0.16
quiste neuroentérico	2	0.11
Total	1948	100.00

Tabla 4. Número de casos de tumores extrínsecos e intraventriculares en el INNN1990-2003

Tipo de tumor	No.	%
glioblastoma multiforme	810	62.02
astrocitomas grado I-III	259	19.84
oligoastrocitomas	149	11.41
ependimomas	55	4.21
oligodendrogliomas	33	2.52
total	1306	100.00

Tabla 5. Número de casos de gliomas en el INNN 1990-2003

Tipo de lesión	No.	%
ncc	214	33.44
mav	176	27.51
abscesos	111	17.35
tuberculomas	24	3.76
lipomas	22	3.44
nasoangiofibroma	20	3.13
ca epidermoide orl	16	2.51
aneurismas	15	2.35
papiloma nasal	13	2.03
creutzfeldt-jakob	9	1.40
empiemas	6	0.93
epiteliomas	4	0.62
actinomyces	3	0.47
espongiosis	2	0.31
mieloma múltiple	1	0.15
mucormicosis	1	0.15
sx eagle	1	0.15
aspergiloma	1	0.15
neuroma de reparación	1	0.15
Total	640	100.00

Tabla 6. Número de casos de lesiones no inherentes directamente al SNC en el INNN 1990-2003

CONCLUSIONES:

La técnica anatómica de disección de fibras permitió un mejor conocimiento de la compartimentalización del sistema nervioso central, lo que se traduce en una mejor conceptualización tridimensional de dichas estructuras. Esta técnica permite conocer los límites entre los diferentes compartimientos, con fines aplicables a la práctica clínica tanto médica como quirúrgica.

El estudio anatómico con disección de fibras blancas facilitó la comprensión y el aprendizaje de la anatomía tridimensional tanto funcional como quirúrgica. El desarrollo del sistema nervioso central tiene una disposición de formación progresiva de pliegues que forman corredores anatómicos definidos que hacen a cualquier área cerebral accesible quirúrgicamente.

El desarrollo de las vías cortico-nucleares, cortico-basales y cortico-espinales está presente desde que termina la etapa embrionaria e inicia la etapa fetal y se modifican poco en su trayecto. Por otro lado, la presencia de fibras de asociación, comisurales y de proyección está presente demostrando desde la semana 14 de gestación la definición anatómica en las estructuras tales como la corona radiada, el tálamo, el hipotálamo, y los núcleos de la base; los cuales tienen límites bien definidos, si bien su configuración macroscópica es aún incompleta comparada con la del cerebro adulto. Salvo para acoplarse al plegamiento progresivo de los hemisferios cerebrales, y para su mielinización y maduración progresiva, la anatomía gruesa macroscópica es en esencia la misma. Las fibras fetales son mucho más delicadas para su manipulación y de más difícil disección, sin embargo ésta siempre fue posible. Y el entendimiento de la forma de plegarse la corteza frontal, parietal, temporal y occipital para rodear a la ínsula da la explicación anatómica más clara de la disposición anatómica y funcional del encéfalo.

Finalmente, las áreas afectadas con tumor fueron bien delimitadas y fueron completamente susceptibles de una diferenciación notable con el microscopio quirúrgico convencional para su exéresis macroscópica total en los ocho cerebros estudiados, lo que nos permite sugerir que dicho comportamiento es el mismo en los tumores sometidos a exéresis quirúrgica y que por tanto, pueden mejorarse los resultados y las técnicas quirúrgicas en el intento de lograr una lesionectomía completa mediante un abordaje menos destructivo del parénquima cerebral circundante de la lesión.

Los resultados nos alientan a concluir que:

1. El estudio mediante disección de fibras blancas, debe ser una parte indispensable en el entrenamiento del residente no solo de neurocirugía, sino en todo residente que aspire a realizar un procedimiento invasivo al sistema nervioso central, en todas las escuelas de neurociencias de nuestro país, y debe ser parte de un entrenamiento que incluya el estudio de la anatomía en libros y artículos relacionados, así como el estudio de la anatomía imagenológica en tomografía computada de cráneo, resonancia magnética cerebral, ultrasonido transcraneal, panangiografía cerebral, gammagrafía cerebral, y en general, en todos los estudios de imagen cerebral auxiliares de la práctica clínica y quirúrgica diaria.
2. La disección de fibras blancas en cerebros adultos no es suficiente para entender la evolución de sus estructuras, por lo que la disección de cerebros fetales y de cerebros infantiles debe también ser parte del aprendizaje del residente; y por otro lado, el estudio de los cerebros fetales permitirá mayores progresos en el desarrollo futuro cada vez más generalizado de la neurocirugía fetal y ampliará la efectividad de sus técnicas; no solo en los pacientes fetales, sino en los pediátricos.

3. Es indispensable estimular el desarrollo de la práctica quirúrgica de residentes neuroquirúrgicos en modelos cadavéricos tanto frescos como fijados en formol, estáticos y dinámicos; así como en modelos animales, antes de realizar la práctica quirúrgica en humanos.
4. El estudio de la disección de fibras blancas no debe ser solamente en cerebros devascularizados, sino combinar la disección parenquimatosa en cerebros preparados para disección con fibras blancas, y además preparados con inyección vascular arterial y venosa de látex, lo que permitirá un mejor conocimiento y definición de los compartimientos cerebrales y de sus vasos nutricios y de drenaje. Esto para cerebros fetales, infantiles y adultos.
5. Es importante así mismo, buscar la posibilidad de cerebros con neoplasias tanto intrínsecas como extrínsecas que sean susceptibles de disección de fibras blancas y disección vascular que permitan saber si los hallazgos de este estudio pueden generalizarse por un lado; y que además permitan una mejor comprensión del comportamiento macroscópico de tales tumores que pueda ser aplicable a la práctica quirúrgica diaria.

BIBLIOGRAFÍA

Generalidades

1. Yasargil, M Gazi. A Legacy of Microneurosurgery: Memoirs, Lessons and Axioms. *Neurosurgery* Nov 1999; 45 (5): 1025.
2. Yasargil MG: *Microneurosurgery: CNS Tumors—Surgical Anatomy, Neuropathology, Neuroradiology, Neurophysiology, Clinical Considerations, Operability, Treatment Options*. Stuttgart, George Thieme, 1994, vol IVA: total.
3. Türe U; Yasargil MG; Pait TG. Is There a Superior Occipitofrontal Fasciculus? A Microsurgical Anatomic Study. *Neurosurgery* Jun 1997; 40 (6): 1226.
4. Türe U; Yasargil MG; Friedman AH.; Al-Mefty, O. Fiber Dissection Technique: Lateral Aspect of the Brain. *Neurosurgery* Aug 2000, 47 (2): 417.
5. Türe U; Yasargil MG; Al-Mefty O; Topographic Anatomy of the Insular Region. *J Neurosurg* 1999, 90: 720.
6. Rhoton AL Jr. The Cerebrum. *Neurosurgery* 2002, 51 (Suppl) 1: 1.

Historia

7. Sahlas DJ. Functional Neuroanatomy in the Pre Hippocratic Era: Observations from the Iliad of Homer. *Neurosurgery* 2001; 48:1352.
8. Gomez JG: Paleoneurosurgery in Columbia. *J Neurosurg* 1973; 39:585.
9. Rawlings CE III, Rossitch E Jr: The history of trephination in Africa with a discussion of current status and continuing practice. *Surg Neurol* 1994; 41:507.
10. Rifkinson-Mann S: Cranial surgery in ancient Peru. *Neurosurgery* 1988 23:411.
11. Stone JL, Miles ML: Skull trepanation among the early Indians of Canada and the United States. *Neurosurgery* 1990; 26:1015.
12. Pait TG, Dennis MW, Laws ER Jr, Rizzoli HV, Azzam CJ: The history of the neurosurgical engine. *Neurosurgery* 1991, 28:111
13. Penfield W: *Neurosurgery: Yesterday, today and tomorrow*. *J Neurosurg*, 1949; 6: 7.
14. Van Alpen HA. Elective Trepanation for Acute Epidural Hematoma by Dr. Nicolaes Tulp (1593–1674). *Neurosurgery* Feb 2001, 48 (2): 401.
15. Clower WT, Finger S. Discovering Trepanation: The Contribution of Paul Broca. *Neurosurgery* 2001, 49:1417.
16. Finger S, Clower WT: Victor Horsley on “trephining in prehistoric times.” *Neurosurgery* 2001, 48:911.
17. Artico M; Pastore FS; Fraiol, B; Giuffre R. The Contribution of Davide Giordano (1864–1954) to Pituitary Surgery: The Translabellar- Nasal Approach Legacy. *Neurosurgery* 1998, 42: 909
18. Pollock JR, Akinwunmi J, Scaravilli F, Powell M. Transcranial Surgery for Pituitary Tumors Performed by Sir Victor Horsley. *Neurosurgery* 2003, 52:914.
19. Viale GL, Pau A, Sehrbunt E, Turtas S. The Subchoroidal Approach to the Third Ventricle: Surgical Anatomy According to Galen. *Neurosurgery* 2001; 49: 986.
20. Walter Grand W. *The Anatomy of the Brain*, by Thomas Willis. *Neurosurgery* 1999; *Neurosurgery* 45: 1234.

21. Stone JL: W.W. Keen: America's pioneer neurological 'surgeon. *Neurosurgery* 1985, 17: 997.
22. Weir B: The American centennial of brain tumor surgery. *Neurosurgery* 1988, 22: 986.
23. Stone JL. John Bingham Roberts and the First American Monograph on Human Brain Surgery. *Neurosurgery* Oct 2001; 49 (4): 974.
24. Bakay L. Francois Quesnay and the birth of brain surgery. *Neurosurgery*, 1985; 17: 515.
25. Stone JL: Paul Broca and the first craniotomy based on cerebral localization. *J Neurosurg* 1991, 75:154.
26. Jensen RL, Stone JL: Benjamin Winslow Dudley and early American trephination for posttraumatic epilepsy. *Neurosurgery* 1997, 41: 263.
27. Boling W, Olivier A, Fabinyi G. Historical Contributions to the Modern Understanding of Function in the Central Area. *Neurosurgery* Jun 2002, 50 (6): 1296
28. Boling W, Reutens D, Bittar R, Olivier A: Hand motor function is localized to Broca's *pli de passage moyen*. *J Neurosurg* 1999, 91:903.
29. Berker EA, Berker AH, Smith A: Localization of speech in the third left frontal convolution [translation of Broca's 1865 report] *Arch Neurol* 1986, 43: 1065.
30. Uematsu S, Lesser RP, Gordon B. Localization of sensorimotor cortex: The influence of Sherrington and Cushing on the modern concept. *Neurosurgery* 1992; 30: 904.
31. Greenblatt SH. Phrenology in the Science and Culture of the 19th Century. *Neurosurgery* Oct 1995, 37: 790.
32. Chen JCT, Amar AP, Levy ML, M.D., Apuzzo MLJ. The Development of Anatomic Art and Sciences: The Ceroplastica Anatomic Models of La Specola. *Neurosurgery* 1999; 45: 883.
33. Del Maestro RF. Leonardo da Vinci: The search for the soul. *J Neurosurg* 1998; 89: 874.
34. Heros RC, Morcos JJ. Cerebrovascular Surgery: Past, Present, and Future. *Neurosurgery* 2000; 47: 1007.

Anatomía

35. Yasargil MG: *Microneurosurgery: Microsurgical anatomy of the basal cisterns and vessels of the brain, diagnostic studies and pathological considerations of the intracranial aneurysms*. Stuttgart, George Thieme, 1994, vol I: 5-52, 208-211, 215-244.
36. Aboud E, Al-Mefty O, Yasargil MG. New laboratory model for neurosurgical training that simulates live surgery. *J Neurosurg* 2002; 97:1367.
37. Krishnamurthy S, Powers S. The Use of Fabric Softener in Neurosurgical Prosection. *Neurosurgery* 1992; 36: 420.
38. Rhoton AL Jr. The Cerebral Arteries. *Neurosurgery* 2002, 51 (Suppl) 1: 53.
39. Rhoton AL Jr. The Cerebral Veins. *Neurosurgery* 2002, 51(Suppl 1): 159.
40. Rhoton AL Jr. The Lateral and Third Ventricles. *Neurosurgery* 2002, 51 (Suppl) 1: 207.
41. Rhoton AL Jr. The Sellar Region. *Neurosurgery* 2002, 51 (Suppl) 1: 335.

42. Rhoton AL Jr. Cerebellum and Fourth Ventricle. *Neurosurgery* 2000, 47 (Suppl) 3: 7.
43. Rhoton AL Jr. The Cerebellar Arteries. *Neurosurgery* 2000, 47 (Suppl) 3: 29.
44. Rhoton AL Jr. The Posterior Fossa Veins. *Neurosurgery* 2000, 47 (Suppl) 3: 69.
45. Rhoton AL Jr. The Cerebellar Arteries. *Neurosurgery* 2000, 47 (Suppl) 3: 29.
46. Rhoton AL Jr. Tentorial Incisura. *Neurosurgery* 2000, 47 (Suppl) 3: 131.
47. Rhoton AL Jr. The Posterior Fossa Cisterns. *Neurosurgery* 2000, 47 (Suppl) 3: 287.
48. Yamamoto I, Rhoton AL Jr, Peace DA: Microsurgery of the third ventricle: Part 1—Microsurgical anatomy. *Neurosurgery* 1981, 8: 334.
49. Fujii K, Lenkey C, Rhoton AL Jr: Microsurgical anatomy of choroidal arteries: Lateral and third ventricles. *J Neurosurg* 1980, 52: 165.
50. Fujii, K, Lenkey C, Rhoton AL Jr. Microsurgical anatomy of the choroidal arteries: Lateral and third ventricles. *J Neurosurg* 1980, 52: 165.
51. Nagata S, Rhoton AL Jr, Barry M. Microsurgical anatomy of the choroidal fissure. *Surg Neurol* 1988, 30: 3.
52. Rhoton AL Jr: Microsurgical Anatomy of the Third Ventricular Region: Surgery of the Third Ventricle. Baltimore, Williams & Wilkins, 1998, ed 2: 89–157.
53. Rhoton AL Jr. Microsurgical anatomy of the region of the third ventricle, in Apuzzo MLJ (ed): *Surgery of the Third Ventricle*. Baltimore, Williams & Wilkins, 1987: 92.
54. Yamamoto I, Rhoton AL Jr, Peace D. Microsurgery of the third ventricle: Microsurgical anatomy. *Neurosurgery* 1981; 8: 334.
55. Huther, G, Dörfel, J, Van der Loos, H, Jeanmonod D. Microanatomic and Vascular Aspects of the Temporomesial Region: Anatomic Report. *Neurosurgery* 1998, 43: 1118.
56. Duffau H, Capelle L, Lopes M, Faillot T, Sichez JP, Fohanno D. The Insular Lobe: Physiopathological and Surgical Considerations. *Neurosurgery* 2000; 47: 801.
57. Varnavas GG, Grand W. The Insular Cortex: Morphological and Vascular Anatomic Characteristics. *Neurosurgery* 1999; 45: 821.
58. Klinger J, Gloor P. The connections of the amygdala and the anterior temporal cortex in the human brain. *J Comp Neurol* 1960; 115: 333.
59. Ludwig E, Klinger J. *Atlas Cerebri Humani*. Basel, S Karger. 1956.
60. Smith CG. Serial dissections of the human brain. Baltimore, Urban & Schwarzenberg, 1981.
61. Williams PL, van Nister LH, Berry MM. *Gray's Anatomy*. New York, Churchill Livingstone, ed. 38. 1995.
62. Gómez-Llata Andrade S. Curso de Neuroanatomía para residentes de especialidad del INNN. Comunicación personal. Marzo-abril, 1994.
63. Kelly PJ, Sharbrough FW, Kall BA, Goerss SJ. Magnetic resonance imaging-based computer-assisted stereotactic resection of the hippocampus and amygdala in patients with temporal lobe epilepsy. *Mayo Clin Proc* 1987; 62: 103.
64. Gross DW, Merlet I, Boling W, Gotman J. Relationships between the epileptic focus and hand area in central epilepsy: Combining dipole models and anatomical landmarks. *J Neurosurg* 2000; 92:785.
65. Winkler PA, Weis S, Wenger E, Herzog C, Dahl A, Reulen HJ. Transcallosal Approach to the Third Ventricle: Normative Morphometric Data Based on Magnetic

- Resonance Imaging Scans, with Special Reference to the Fornix and Forniceal Insertion. *Neurosurgery* 1999; 45: 309.
66. Kelly PJ. Stereotactic craniotomy. *Neurosurg Clin N Am* 1990; 1: 781.
 67. Gallen CC, Sobel DF. Noninvasive Presurgical Neuromagnetic Mapping of Somatosensory Cortex. *Neurosurgery* 1993; 33: 260.
 68. Olivier A, Germano IM, Cukiert A, Peters TM: Frameless stereotaxy for surgery of the epilepsies: Preliminary experience. *J Neurosurg* 1994; 81: 629.
 69. Drake JM, Prudencio J, Holowaka S, Rutka JT, Hoffman HJ, Humphreys RP: Frameless stereotaxy in children. *Pediatr Neurosurg* 1994; 20: 152.
 70. Olivier A, Alonso-Vanegas M, Comeau R, Peters TM: Image-guided surgery of epilepsy. *Neurosurg Clin N Am* 1996; 7: 229.
 71. Chabrierie A, Ozlen, F, Nakajima S, Leventon ME, Atsumi H, Grimson E, Keeve E, Helmers S, Riviello J Jr, Holmes G, Duffy F, Jolesz F, Kikinis R, Black PMcL: Three-dimensional reconstruction and surgical navigation in pediatric epilepsy surgery. *Pediatr Neurosurg* 1997; 17: 304.
 72. Wurm G, Wies W, Schnizer M, Trenkler J, Holl K. Advanced Surgical Approach for Selective Amygdalohippocampectomy through Neuronavigation. *Neurosurgery* 2000; 46: 1377.
 73. Russell S, Kelly P. Volumetric Stereotaxy and the Supratentorial Occipitosubtemporal Approach in the Resection of Posterior Hippocampus and Parahippocampal Gyrus Lesions. *Neurosurgery* 2002; 50: 978.
 74. Coenen V, Krings T, Mayfrank L, Polin RS, Reinges MHT, Thron A, Gilsbach J. Three-dimensional Visualization of the Pyramidal Tract in a Neuronavigation System During Brain Tumor Surgery: First Experiences and Technical Note. *Neurosurgery* 2001; 49: 86.
 75. Piek J, Wille C, Warzok R, Gaab MR. Waterjet-dissection of the brain: Experimental and first clinical results. *J Neurosurg* 1998; 89: 861.
 76. Piek J, Oertel J, Gaab MR. Waterjet dissection in neurosurgical procedures. *J Neurosurg* 2002; 96: 690.
 77. Hebeda K, Menovsky T, Beek J, Wolbers J, van Gemert MJC. Light Propagation in the Brain Depends on Nerve Fiber Orientation. *Neurosurgery* 1994; 35: 720.
 78. Morota N, Deletis B, Epstein FJ, Kofler M, Abbot R, Lee M, Ruskin K. Brain Stem Mapping: Neurophysiological Localization of Motor Nuclei on the Floor of the Fourth Ventricle. *Neurosurgery* 1995; 37: 922.
 79. Uematsu S, Lesser RP, Fisher R, Gordon B, Hara K, Krauss GL, Vinning E, Weber RW. Motor and Sensory Cortex in Humans: Topography Studied with Chronic Subdural Stimulation. *Neurosurgery* 1992; 31: 59.
 80. Naidich TP, Daniels DL, Haughton VM, Williams A, Pojunas K, Palacios E: Hippocampal formation and related structures of the limbic lobe: Anatomic-MR correlation—Part I: Surface features and coronal sections. *Radiology* 1987; 162: 747.
 81. Naidich TP, Daniels DL, Haughton VM, Pech P, Williams A, Pojunas K, Palacios E. Hippocampal formation and related structures of the limbic lobe: Anatomic-MR correlation—Part II: Sagittal sections. *Radiology* 1987; 162: 755.
 82. Mark LP, Daniels DL, Naidich TP, Borne JA: Limbic system anatomy: An overview. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993; 14: 349.

83. Mark LP, Daniels DL, Naidich TP, Yetkin Z, Borne JA: The hippocampus. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993; 14: 709.
84. Matsushima T, Fukui M, Inoue T, Natori Y, Baba T, Fujii K. Microsurgical and magnetic resonance imaging anatomy of the cerebellomedullary fissure and its application during fourth ventricle surgery. *Neurosurgery* 1992; 30: 325.
85. Grossman CB, Potts DG: Arachnoid granulations: Radiology and anatomy. *Radiology* 1974, 113: 95.

Abordajes quirúrgicos

86. Fontaine D, Capelle L, Duffau H. Somatotopy of the Supplementary Motor Area: Evidence from Correlation of the Extent of Surgical Resection with the Clinical Patterns of Deficit. *Neurosurgery* 2002; 50: 297.
87. Rhoton AL Jr: Micro-operative techniques, en Youmans JR (ed): *Neurological Surgery*. Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1990, vol 2, ed 3: 941–991.
88. Rhoton AL Jr: Instrumentation, en Apuzzo MLJ (ed): *Brain Surgery: Complication Avoidance and Management*. New York, Churchill-Livingstone, 1993, vol 2: 1647–1670.
89. Inoue T, Rhoton AL Jr, Theele D, Barry ME: Surgical approaches to the cavernous sinus: A microsurgical study. *Neurosurgery* 1990, 26: 903.
90. Sekhar LN, Moller AR: Operative management of tumors involving the cavernous sinus. *J Neurosurg* 1986, 64: 879.
91. Sekhar LN, Burgess J, Akin O. Anatomical study of the cavernous sinus emphasizing operative approaches and related vascular and neural reconstruction. *Neurosurgery* 1987, 21: 806.
92. Woiecechowsky C, Vogel S, Lehmann R, Staudt J. Transcallosal Removal of Lesions Affecting the Third Ventricle: An Anatomic and Clinical Study. *Neurosurgery* 1995; 36: 117.
93. Rhoton AL Jr, Yamamoto I, Peace DA: Microsurgery of the third ventricle: Part 2—Operative approaches. *Neurosurgery* 1981, 8: 357.
94. Viale GL, Turtas S: The subchoroid approach to the third ventricle. *Surg Neurol* 1980, 14: 71.
95. Apuzzo MLJ, Giannotta SL: Transcallosal interformiceal approach, en Apuzzo MLJ (ed): *Surgery of the Third Ventricle*. Baltimore, Williams & Wilkins, 1987: 354.
96. Apuzzo MLJ, Chikovani OK, Gott PS, Teng EL, Zee CS, Giannotta SL, Weiss MH: Transcallosal, interformiceal approaches for lesions affecting the third ventricle: Surgical considerations and consequences. *Neurosurgery* 1982, 10: 547.
97. Lavyne MH, Patterson RH Jr. Subchoroidal trans-velum interpositum approach to mid-third ventricular tumors. *Neurosurgery* 1983, 12: 86.
98. Shucart WA, Stein BM. Transcallosal approach to the anterior ventricular system. *Neurosurgery* 1978, 3: 339.
99. Wen HT, Rhoton AL Jr, de Oliveira EP. Transchoroidal approach to the third ventricle: An anatomic study of the choroidal fissure and its clinical application. *Neurosurgery* 1998, 42: 1205.
100. Wen HT, Rhoton, Jr AL, de Oliveira E, Cardoso ACC, Tedeschi H, Baccanelli M, Marino, Jr R. *Microsurgical Anatomy of the Temporal Lobe: Part 1: Mesial*

- Temporal Lobe Anatomy and Its Vascular Relationships as Applied to Amygdalohippocampectomy. *Neurosurgery* 1999; 45: 549.
101. Mussi A, Rhoton AL Jr. Telovelar approach to the fourth ventricle: Microsurgical anatomy. *J Neurosurg* 2000, 92: 812.
 102. Kellogg JX, Piatt JH. Resection of fourth ventricle tumors without splitting the vermis: The cerebellomedullary fissure approach. *Pediatr Neurosurg* 1997; 27: 28.
 103. Villemure JG, Mascott C. Peri-insular hemispherotomy: Surgical principles and anatomy. *Neurosurgery* 1995; 37: 975.
 104. Shimizu H, Maehara T. Modification of Peri-insular Hemispherotomy and Surgical Results. *Neurosurgery* 2000; 47: 367.
 105. Schramm J, Kral T, Clusmann H. Transsylvian Keyhole Functional Hemispherectomy. *Neurosurgery* 2001; 49: 891.
 106. Schaller C, Zentner J. Vasospastic reactions in response to the transsylvian approach. *Surg Neurol* 1998; 49: 170.
 107. Schaller C, Klemm E, Haun D, Schramm J, Meyer B. The Transsylvian Approach Is "Minimally Invasive" but Not "Attrumatic". *Neurosurgery* 2002; 51: 971.
 108. Andrews RJ, Bringas JR. Review of brain retraction and recommendations for minimizing intraoperative brain injury. *Neurosurgery* 1993; 33: 1052.
 109. Ogilvy CS, Crowell RM, Heros RC: Surgical management of middle cerebral artery aneurysms: Experience with transsylvian and superior temporal gyrus approaches. *Surg Neurol* 1995; 43: 15.
 110. Pritz MB, Chandler WF: The transsylvian approach to middle cerebral artery bifurcation/trifurcation aneurysms. *Surg Neurol* 1994; 41:217.
 111. Heros RC, Ojemann RG, Crowell RM: Superior temporal gyrus approach to middle cerebral artery aneurysms: Technique and results. *Neurosurgery* 1982; 10: 308.
 112. Chyatte D, Porterfield R. Nuances of Middle Cerebral Artery Aneurysm Microsurgery. *Neurosurgery* 2001; 48:339.
 113. Ogata N, Yonekawa Y. Paramedian Supracerebellar Approach to the Upper Brain Stem and Peduncular Lesions Surgical Approaches. *Neurosurgery* 1997; 40: 101.
 114. Matsushima T, Fukui M, Suzuki S, Rhoton AL Jr. The microsurgical anatomy of the infratentorial lateral supracerebellar approach to the trigeminal nerve for tic douloureux. *Neurosurgery* 1989; 24: 890.
 115. Matsushima T, Rhoton AL Jr, Lenkey C: Microsurgery of the fourth ventricle: Part I. *Neurosurgery* 1982; 11: 631.
 116. Page LK: The infratentorial supracerebellar exposure of tumors in the pineal area. *Neurosurgery* 1977; 1:36.
 117. Pendle G, Vorkapic P, Koniya M: Microsurgery of midbrain lesions. *Neurosurgery* 1990; 26:641.
 118. Stein BM: The infratentorial supracerebellar approach to pineal lesions. *J Neurosurg* 1971; 35:197.
 119. Jean WC, Abdel Aziz KM, Keller JT, van Loveren HR. Subtonsillar Approach to the Foramen of Luschka: An Anatomic and Clinical Study. *Neurosurgery* 2003; 52: 860.
 120. Dowd GC, Zeiller S, Awasthi D. Far lateral transcondylar approach: Dimensional anatomy. *Neurosurgery* 1999; 45: 95.

121. Matsushima T, Inoue T, Inamura T, Natori Y, Ikezaki K, Fukui M. Transcerebellomedullary fissure approach with special reference to methods of dissecting the fissure. *J Neurosurg* 2001; 94: 257.
122. Timurkaynak E, Rhoton AL Jr, Barry M. Microsurgical anatomy and operative approaches to the lateral ventricles. *Neurosurgery* 1986; 19: 685.
123. Lavayne M, Patterson RH Jr: Subchoroidal trans-velum interpositum approach to midthird ventricular tumors. *Neurosurgery* 1983; 12:86.
124. Timurkaynak E, Rhoton AL Jr, Barry M. Microsurgical anatomy and operative approaches to the lateral ventricles. *Neurosurgery* 1986; 19: 685.
125. Petrucci RJ, Buchheit WA, Woodruff GC, Karian JM, DeFilipp GJ. Transcallosal paraforaminal approach for third ventricle tumors: Neuropsychological consequences. *Neurosurgery* 1987; 20: 457.
126. Rhoton AL Jr: Operative approaches to the lateral ventricles (supratentorial intraventricular tumours), en Symon L, Thomas DGT, Clark K (eds): *Rob and Smith's Operative Surgery: Neurosurgery*. Londres, Butterworths, 1989, ed 4: 288–326.
127. Rhoton AL Jr, Yamamoto I, Peace D. Microsurgery of the third ventricle: Part 2—Operative approaches. *Neurosurgery* 1981; 8: 357,.
128. Rhoton AL Jr, Yamamoto I. Operative approaches to the third ventricle, en Wilkins RH, Rengachary SS (eds): *Neurosurgery*. New York, McGraw-Hill, 1996, ed 2, vol 1: 1435–1449.
129. Türe U, Yasargil MG, Al-Mefty O. The transcallosal-transforaminal approach to the third ventricle with regard to the venous variations in this region. *J Neurosurg* 1997; 87:706.
130. Winkler PA, Weis S, Büttner A, Raabe A, Amiridze N, Reulen HJ. The Transcallosal Interforaminal Approach to the Third Ventricle: Anatomic and Microsurgical Aspects. *Neurosurgery* 1997; 40: 973.
131. Winkler PA, Ilmberger J, Krishnan K, Reulen HJ. Transcallosal Interforaminal-Transforaminal Approach for Removing Lesions Occupying the Third Ventricular Space: Clinical and Neuropsychological Results. *Neurosurgery* 2000; 46: 879.
132. Ikeda K, Shoin K, Mohri M, Kijima T, Someya S, Yamashita J. Surgical Indications and Microsurgical Anatomy of the Transchoroidal Fissure Approach for Lesions in and around the Ambient Cistern. *Neurosurgery* 2002; 50: 1114.
133. Spencer DD, Spencer SS, Mattson RH, Williamson PD, Novelly RA. Access to the posterior medial temporal lobe structures in the surgical treatment of temporal lobe epilepsy. *Neurosurgery* 1984; 15: 667.
134. Baker GS. Physiologic abnormalities encountered after removal of brain tumors from the floor of the fourth ventricle. *J Neurosurg* 1965, 23: 338.
135. Dailey AT, McKahann GM, Berger MS: The pathophysiology of oral pharyngeal apraxia and mutism following posterior fossa tumor resection in children. *J Neurosurg* 1995, 83: 467.
136. Dietze DD, Mickle JP: Cerebellar mutism after posterior fossa surgery. *Pediatr Neurosurg* 1990–1991, 16: 25.
137. Pollack IF, Polinko P, Albright L, Towbin R, Fitz C: Mutism and pseudobulbar symptoms after resection of posterior fossa tumors in children: Incidence and pathophysiology. *Neurosurgery* 1995, 37: 885.

138. Van Calenbergh F, Van de Laar A, Plets C, Goffin J, Casaer P. Transient cerebellar mutism after posterior fossa surgery in children. *Neurosurgery* 1995; 37: 894.

Gliomas

139. Giese A, Westphal M. Glioma Invasion in the Central Nervous System. *Neurosurgery* 1996; 39: 235.
140. Giese A, Kluwe L, Laube B, Meissner H, Berens ME, Westphal M. Migration of Human Glioma Cells on Myelin. *Neurosurgery* 1996; 38: 755.
141. Peraud A, Mescchede M, Eisner W, Ilmberger J, Reulen HJ. Surgical Resection of Grade II Astrocytomas in the Superior Frontal Gyrus. *Neurosurgery* 2002; 50: 966.
142. de Ridder L, Calliauw L. Invasiveness of Primary and Secondary Brain Tumors In Vitro Correlated with Clinical Results. *Neurosurgery* 1992; 31: 1043.
143. Becker G, Hofmann E, Woydt M, Hülsmann U, Mâurer M, Lindner A, Becker T, Krone A. Postoperative Neuroimaging of High-Grade Gliomas: Comparison of Transcranial Sonography, Magnetic Resonance Imaging, and Computed Tomography. *Neurosurgery* 1999; 94: 469.
144. Sawaya R, Yamamoto M, Râmô OJ, Shi ML, Rayford A, Rao J. Plasminogen Activator Inhibitor-1 in Brain Tumors: Relation to Malignancy and Necrosis. *Neurosurgery* 1995; 36: 375.
145. Weiner HL. The Role of Growth Factor Receptors in Central Nervous System Development and Neoplasia. *Neurosurgery* 1995; 37: 179.
146. Todo T, Kondo T, Kirino T, Asai A, Adams E, Nakamura S, Ikeda K, Kurokawa T. Expression and Growth Stimulatory Effect of Fibroblast Growth Factor 9 in Human Brain Tumors. *Neurosurgery* 1998; 43: 337.
147. Machein MR, Kullmer J, Fiebich BL, Plate K, Warnke P. Vascular Endothelial Growth Factor Expression, Vascular Volume, and Capillary Permeability in Human Brain Tumors. *Neurosurgery* 1999; 44: 732.
148. Yoshizato K, Zapf S, Westphal M, Berens ME, Giese A. Thromboxane Synthase Inhibitors Induce Apoptosis in Migration-arrested Glioma Cells. *Neurosurgery* 2002; 50: 343.
149. Schneider JH Jr, Raffel C, McComb JG. Benign Cerebellar Astrocytomas of Childhood. *Neurosurgery* 1992; 30: 58.
150. Gilles F, Sobel EL, Tavaré CJ, Leviton A, Hedley-White ET. The Brain Tumor Consortium Childhood; Age-related Changes in Diagnoses, Histological Features, and Survival in Children with Brain Tumors: 1930-1979. *Neurosurgery* 1995; 37: 1056.
151. Sobel E, Gilles F, Leviton A, Tavaré CJ, Hedley-White ET, Rorke LB, Adelman L. The Childhood Brain Tumor Consortium; Survival of Children with Infratentorial Neuroglial Tumors. *Neurosurgery* 1996; 39: 45.
152. Wunderlich C, Enterline JP, Anderson JH. Gravimetric Measurements of Cerebral Edema in a Rabbit Brain Tumor Model. *Neurosurgery* 1992; 31: 1079.
153. Atlas S, Howard II RS, Maldjian J, Alsop D, DetreJ, Listerud J, D'Esposito M, Judy KD, Zager E, Stecker M. Functional Magnetic Resonance Imaging of Regional Brain Activity in Patients with Intracerebral Gliomas: Findings and Implications for Clinical Management. *Neurosurgery* 1996; 38: 329.

154. Albert FK, Forsting M, Sartor K, Adams HP, Kunze S. Early Postoperative Magnetic Resonance Imaging after Resection of Malignant Glioma: Objective Evaluation of Residual Tumor and Its Influence on Regrowth and Prognosis. *Neurosurgery* 1994; 34: 45.
155. Sawaya R, Hammoud M, Schoppa D, Hess KR, Wu SZ, Shi WM, Wildrick DM. Neurosurgical Outcomes in a Modern Series of 400 Craniotomies for Treatment of Parenchymal Tumors. *Neurosurgery* 1998; 42: 1044.
156. Kowalczyk A, Macdonald R. Quantitative Imaging Study of Extent of Surgical Resection and Prognosis of Malignant Astrocytomas. *Neurosurgery* 1997; 41: 1028.
157. Zentner J, Hufnagel A, Wolf H, Ostertun B, Behrens E, Campos MG, Elger C, Wiestler O, Schramm J. Surgical Treatment of Neoplasms Associated with Medically Intractable Epilepsy. *Neurosurgery* 1997; 41: 378.
158. Foltz RM, McLendon RE, Friedman H, Dodge RK, Binger DD, Dewhirst MW. A Pial Window Model for the Intracranial Study of Human Glioma Microvascular Function. *Neurosurgery* 1995; 36: 976.
159. Fukuhara T, Gotoh M, Kawauchi M, Asari S, Ohmoto T. Superoxide Scavenging Activity in the Extracellular Space of the Brain in Forming Edema. *Neurosurgery* 1994; 35: 924.
160. Rostomily RC, Spence AM, Duong D, McCormick K, Bland M, Berger MS. Multimodality Management of Recurrent Adult Malignant Gliomas: Results of a Phase II Multiagent Chemotherapy Study and Analysis of Cytoreductive Surgery. *Neurosurgery* 1994; 35: 378.
161. Haglund MM, Berger MS, Shamseldin M, Lettich E, Ojemann GA. Cortical Localization of Temporal Lobe Language Sites in Patients with Gliomas. *Neurosurgery* 1994; 34: 567.
162. Ramírez-Alba JA, Gómez Amador JL, Montes Dorantes GI. Experiencia de 12 años en el manejo de las neoplasias cerebrales en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. En revisión para publicación.

Anatomía fetal

163. Larroche JC, Encha-Razavi F, de Vries L. DEVELOPMENT. En *Central Nervous System*. Cap 25, Vol. 2, Potter's Pathology on the Fetus and Infant, Ed Barness E. MBBS, Mosby, 1997: 1028-44.
164. Friede RL: Gross and microscopic development of the central nervous system, in: *Developmental Neuropathology*. New York, Springer-Verlag, 1989, ed 2: 2-20.
165. Ocrant I, Valentino KL, Eng LF, Hintz RL, Wilson DM, Rosenfeld RG. Structural and immunohistochemical characterization of insulin-like growth factor I and II receptors in the murine central nervous system. *Endocrinology* 1988; 123: 1023.
166. Hayakawa M, Okumura A, Hayakawa F, Kato Y, Ohshiro M, Tauchi N, Watanabe K. Nutritional state and growth and functional maturation of the brain in extremely low birth weight infants. *Pediatrics* 2003; 111(5 Pt 1): 991.
167. Peterson BS, Anderson AW, Ehrenkranz R, Staib LH, Tageldin M, Colson E, Gore JC, Duncan CC, Makuch R, Ment LR. Regional brain volumes and their later neurodevelopmental correlates in term and preterm infants. *Pediatrics* 2003; 111(5 Pt 1): 939.

168. Dodd J, Jessell TM. Axon guidance and patterning of neuronal projection in vertebrates. *Science* 1988; 242: 692.
169. Fields RD, Stevens-Graham B. New insights into neuron-glia communication. *Science* 2002; 298: 556.
170. Cimmino A, Parisi G, Mastropasqua MG, Ricco R. A new technique for foetal brain fixation and extraction. *Pathologica* 2002; 94: 320.
171. Adzick N, Longaker M (eds): *Fetal Wound Healing*. New York, Elsevier, 1992.
172. Harrison MR, Adzick NS: The fetus as a patient: Surgical considerations. *Ann Surg* 1990; 213: 279.
173. Harrison MR, Adzick NS: Fetal surgical techniques. *Semin Pediatr Surg* 1993 2: 136.
174. Adzick N, Harrison M: Fetal surgical therapy. *Lancet*. 1994; 343: 897.
175. Weller RO, Shulman K: Infantile hydrocephalus: Clinical, histological, and ultrastructural study of brain damage. *J Neurosurg* 1972; 36: 255.
176. Botto L, Moore C, Khoury M, Erickson J: Neural tube defects. *N Engl J Med* 1999; 341: 1509.
177. Gupta JK, Lilford RJ: Assessment and management of fetal agenesis of the corpus callosum. *Prenat Diagn* 1995; 15: 301.
178. Harrison MR, Filly RA, Golbus MS, Berkowitz RL, Callen PW, Canty TG, Catz C, Clewell WH, Depp R, Edwards MS, Fletcher JC, Frigoletti FD, Garrett WJ, Johnson ML, Jonsen A, De Lorimier AA, Liley WA, Mahoney MJ, Manning FD, Meier PR, Michejda M, Nakayama DK, Nelson L, Newkirk JB, Pringle K, Rodeck C, Rosen MA, Schulman JD: Fetal treatment. *N Engl J Med* 1982; 307: 1651.
179. Farrell TA, Hertzberg BS, Kliwer MA, Harris L, Paine SS: Fetal lateral ventricles: Reassessment of normal values for atrial diameter at US. *Radiology* 1994; 193: 409.
180. Filly RA, Goldstein RB: The fetal ventricular atrium: Fourth down and 10 mm to go. *Radiology* 1994; 193: 315.
181. Hertzberg BS, Kliwer MA, Bowie JD: Fetal cerebral ventriculomegaly: Misidentification of the true medial boundary of the ventricle at US. *Radiology* 1997; 205: 813.
182. Hertzberg BS, Lile R, Foosaner DE, Kliwer MA, Paine SS, Paulson EK, Carroll BA, Bowie JD: Choroid plexus-ventricular wall separation in fetuses with normal-sized cerebral ventricles at sonography: Postnatal outcome. *AJR Am J Roentgenol* 1994; 163: 405.
183. Hilpert PL, Hall BE, Kurtz AB: The atria of the fetal lateral ventricles: A sonographic study of normal atrial size and choroid plexus volume. *AJR Am J Roentgenol* 1994; 164: 731.
184. Levine D, Barnes PD, Sher S, Semelka RC, Li W, McArdle CR, Worawattanakul S, Edelman RR: Fetal fast MR imaging: Reproducibility, technical quality, and conspicuity of anatomy. *Radiology* 1998; 206: 549.
185. Pretorius DH, Drose JA, Manco-Johnson ML: Fetal lateral ventricular ratio determination during the second trimester. *J Ultrasound Med* 1986; 5: 121.
186. Quinn TM, Hubbard AM, Adzick NS: Prenatal magnetic resonance imaging enhances fetal diagnosis. *J Pediatr Surg* 1998; 33: 553.
187. Chong BW, Babcock CJ, Pang D, Ellis WG. A Magnetic Resonance Template for Normal Cerebellar Development in the Human Fetus. *Neurosurgery* 1997; 41: 924.

188. Babcook CJ, Chong BW, Salamat MS, Ellis WG, Goldstein RB. Sonographic anatomy of the developing cerebellum: Normal embryology can resemble pathology. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 166: 427.
189. Chong BW, Babcook CJ, Salamat MS, Nemzek W, Kroeker D, Ellis WG: A magnetic resonance template for normal neuronal migration in the fetus. *Neurosurgery* 1996; 39: 110.
190. Courchesne E, Press GA, Murakami J, Berthoty D, Grafe M, Wiley CA, Hesselink JR. The cerebellum in the sagittal plane: Anatomic MR correlation—1. The vermis. *AJNR Am J Neuroradiol* 1989; 10: 659.
191. Girard N, Raybaud C, Dercole C, Boubli L, Chau C, Cahen S, Potier A, Gannerre M. In vivo MRI of the fetal brain. *Neuroradiology* 1994; 35: 431.
192. Girard N, Raybaud C, Poncet M: In vivo MR study of brain maturation in normal fetuses. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995; 16: 407.
193. Press GA, Murakami J, Courchesne E, Berthoty DP, Grafe M, Wiley CA, Hesselink JR. The cerebellum in sagittal plane: Anatomic-MR correlation—2. The cerebellar hemispheres. *AJNR Am J Neuroradiol* 1989; 10: 667.
194. Stricker T, Martin E, Boesch C. Development of the human cerebellum observed with high field strength MR imaging. *Radiology* 1990; 177: 431.
195. Wenstrom KD, Williamson RA, Weiner CP, Sipes SL, Yuh WTC. Magnetic resonance imaging of fetuses with intracranial defects. *Obstet Gynecol* 1991; 77: 529.
196. Yuh WTC, Nguyen HD, Fisher DJ, Tali ET, Gao F, Simonson TM, Kao SC, Weiner CP. MR of fetal central nervous system abnormalities. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 459.
197. Barkovich A, Gressens P, Evrard P. Formation, maturation, and disorders of brain neocortex. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992; 13: 423.
198. Girard NJ, Raybaud CA. In vivo MRI of fetal brain cellular migration. *J Comput Assist Tomogr* 1992; 16: 265.
199. Girard N, Raybaud C, Dercole C, Boubli L, Chau C, Cahen S, Potier A, Gannerre M. In vivo MRI of the fetal brain. *Neuroradiology* 1994; 35: 431.
200. Hadlock FP, Deter RL, Harrist RB, Park SK. Estimating fetal age: Computer assisted analysis of multiple fetal growth parameters. *Radiology* 1984; 152: 497.
201. McCarthy SM, Filly RA, Stark DD, Hircak H, Brant-Zawadzki MN, Callen PW, Higgins CB. Obstetrical magnetic resonance imaging: Fetal anatomy. *Radiology* 1985; 154: 427.
202. Weinreb JC, Lowe T, Cohen JM, Kutler M. Human fetal anatomy: MR imaging. *Radiology* 1985; 157: 715.
203. Kier EL, Truwit CL. The lamina rostralis: modification of concepts concerning the anatomy, embryology, and MR appearance of the rostrum of the corpus callosum. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997; 18: 715.
204. Kier EL, Fulbright RK, Bronen RA. Limbic lobe embryology and anatomy: dissection and MR of the medial surface of the fetal cerebral hemisphere. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995; 16: 1847.
205. Pilu G, Romero R, De Palma L, Jeanty P, Burdine C, Hobbins JC. Ultrasound investigation of the posterior fossa in the fetus. *Am J Perinatol* 1987 ; 4: 155.

206. Miller JH, McKinstry RC, Philip JV, Mukherjee P, Neil JJ. Diffusion-tensor MR imaging of normal brain maturation: a guide to structural development and myelination. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 180: 851.
207. Parazzini C, Baldoli C, Scotti G, Triulzi F. Terminal zones of myelination: MR evaluation of children aged 20-40 months. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23: 1669.
208. Counsell SJ, Maalouf EF, Fletcher AM, Duggan P, Battin M, Lewis HJ, Herlihy AH, Edwards AD, Bydder GM, Rutherford MA. MR imaging assessment of myelination in the very preterm brain. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 2: 872.
209. Blaas HG, Eik-Nes SH, Berg S, Torp H. In-vivo three-dimensional ultrasound reconstructions of embryos and early fetuses. *Lancet* 1998; 352: 1182.
210. Hertzberg BS, Bowie JD, Burger PC, Marshburn PB, Djang WT. The three lines: origin of sonographic landmarks in the fetal head. *AJR Am J Roentgenol* 1987; 149: 1009.
211. deAzevedo LC, Hedin-Pereira C, Lent R. Callosal neurons in the cingulate cortical plate and subplate of human fetuses. *J Comp Neurol* 1997; 386: 60.
212. de los Angeles Segura M, Vera Hernandez A, Lopez Arias G, Hernandez Gomez F. Description of fetal brain structure by ultrasound. *Ginecol Obstet Mex* 1986; 54: 198.