

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA



Facultat de Medicina i Odontologia  
Programa de Doctorado 3139 Medicina

**Amígdalo-hipocampectomía selectiva guiada por endoscopia: estudio anatómico en cadáver, vías seguras de abordaje y comparación con las técnicas tradicionales.**

Doctorando: Giovanni Pancucci

Directores:

Dr. Ricardo Prat Acín

Dr. Pablo González López

FEBRERO 2021



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA



Facultat de Medicina i Odontologia  
Programa de Doctorado 3139 Medicina

**Amígdalo-hipocampectomía selectiva guiada por endoscopia: estudio anatómico en cadáver, vías seguras de abordaje y comparación con las técnicas tradicionales.**

Doctorando: Giovanni Pancucci

Directores:

Dr. Ricardo Prat Acín

Dr. Pablo González López

FEBRERO 2021

**INFORME DIRECTORES/AS Y TUTOR/A PARA DEPÓSITO DE TESIS**

**Director (es) / Codirector (es):**

1.- D. Ricardo Prat Acín, N.I.F. 290937008 B, Departamento: Neurocirugía, Centro: Hospital Universitari i Politècnic La Fe de València

2.- D. Pablo González López N.I.F. 20472122 Y, Departamento: Neurocirugía, Centro: Hospital General Universitario de Alicante

Directores de la tesis doctoral: "Amigdaló-hipocampectomía selectiva guiada por endoscopia: estudio anatómico en cadáver, vías seguras de abordaje y comparación con las técnicas tradicionales".

de D. Giovanni Pancucci,

estudiante del Programa de Doctorado 3139 Medicina (RD99/2011) en Medicina de la Universitat de València, emiten informe favorable para la realización del depósito y la defensa de la tesis doctoral.

Fecha: 28 de enero de 2021

Fdo.: D. Ricardo Prat Acín

Fdo.: D. Pablo González López

 Director  
**Luis Ricardo Prat Acín**  
Firmado digitalmente por Luis Ricardo Prat Acín  
Fecha: 2021.01.28 22:21:23 +01'00'

 Director

**ESCUELA DOCTORAL  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**



## AGRADECIMIENTOS

*Gracias* al Dr. Ricardo Prat Acín, codirector de esta tesis, por su apoyo, por su rigor científico y por su paciencia.

*Gracias* al Dr. Pablo González López, también codirector de esta tesis, y al Dr. Javier Abarca Olivas por permitirme acceso al laboratorio de anatomía de la Universidad Miguel Hernández de Alicante y motivarme así en el estudio de la neuronatomía.

*Gracias* al Dr. Pablo Miranda Lloret y a la Dra. Estela Plaza Ramírez: amigos, compañeros, referencias en lo profesional y en lo personal.

*Gracias* a los compañeros de los servicios de neurocirugía del Hospital Virgen del Rocío de Sevilla, del Hospital Universitario General de Alicante y del Hospital Universitari i Politènic La Fe de Valencia. Un agradecimiento especial al Dr. Carlos Botella Asunción, Jefe de Servicio de Neurocirugía del Hospital La Fe.

*Gracias*, por supuesto, a mi mujer, Tania, por su amor, por su apoyo incondicional y por su paciencia infinita. Gracias a mis dos pequeños tesoros, Sofía y Blanca, por arrancarme una sonrisa cada día, cada instante.

*Por último, gracias* a mi familia italiana, por quererme y por enseñarme que el esfuerzo, la constancia y la resiliencia son los ingredientes necesarios para el éxito. *Grazie* especialmente a ti, papá: espero que estés orgulloso de mi desde el Cielo.





## Índice

|  |    |
|--|----|
| LISTA DE ABREVIATURAS.....   | 11 |
| LISTA DE TABLAS Y GRÁFICOS .....                                     | 12 |
| LISTA DE FIGURAS .....   | 13 |
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 15 |
| a. Antecedentes .....  | 18 |
| b. Anatomía quirúrgica .....   | 20 |
| i. Base craneal media .....  | 20 |
| ii. Lóbulo temporal .....  | 21 |
| iii. Región temporal medial y complejo amígdalo-hipocampal .....     | 25 |
| iv. Giro parahipocampal .....  | 26 |
| v. Uncus .....   | 27 |
| vi. Giro Dentado .....   | 30 |
| vii. Amígdala .....  | 30 |
| viii. Hipocampo .....  | 31 |
| ix. Fimbria .....  | 31 |
| x. Relaciones vasculares .....                                       | 32 |
| xi. Anatomía y citoarquitectura del hipocampo y de la amígdala ..... | 37 |
| xii. Anatomía del cuerno temporal del ventrículo lateral .....       | 40 |
| II. AMÍGDALO-HIPOCAMPECTOMÍA SELECTIVA.....                          | 44 |
| a. Indicaciones .....  | 44 |
| b. Vías de abordaje .....  | 45 |
| i. AHS vía transcortical (trans-T2) .....                            | 47 |
| ii. AHS vía transilviana proximal .....                              | 48 |
| iii. AHS vía surco temporal superior .....                           | 52 |
| iv. AHS vía subtemporal trans surco occipitotemporal .....           | 52 |
| v. AHS vía subtemporal transparahipocampal .....                     | 53 |
| vi. AHS vía trans-cigomática.....                                    | 53 |
| vii. AHS según Spencer .....   | 53 |
| viii. AHS endoscópica por vía transorbitaria .....                   | 54 |
| ix. AHS puramente endoscópica intraventricular .....                 | 54 |
| c. Resultados de la AHS en la literatura .....                       | 55 |
| III. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS .....                                 | 59 |
| IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS .....                           | 61 |

|   |     |
|---|-----|
| V. MATERIAL Y MÉTODOS .....   | 63  |
| a. Laboratorio de anatomía .....  | 63  |
| b. Neuronavegación y visor de imágenes radiológicas.....                    | 64  |
| c. Preparación de especímenes .....   | 65  |
| i. Método Klinger para sustancia blanca .....                               | 65  |
| ii. Formolización e inyección para estudio del abordaje quirúrgico.....     | 66  |
| d. Abordaje quirúrgico simulado en espécimen de donante cadáver .....       | 67  |
| e. Estudio gráfico.....   | 69  |
| f. Recogida de datos y estudio estadístico .....                            | 70  |
| VI. RESULTADOS .....  | 73  |
| a. Estudio de fibra blanca .....  | 73  |
| i. Generalidades de la anatomía de fibra blanca .....                       | 73  |
| ii. Anatomía de la superficie lateral de los hemisferios.....               | 74  |
| iii. Anatomía periventricular y de la radiación óptica .....                | 80  |
| b. Estudio morfométrico de la trayectoria de acceso al cuerno temporal..... | 83  |
| c. Inferencia estadística.....  | 85  |
| d. Anatomía endoscópica del cuerno temporal y simulación del abordaje ..... | 88  |
| VII. DISCUSIÓN .....  | 95  |
| VIII. CONCLUSIONES.....   | 103 |
| IX. BIBLIOGRAFÍA.....   | 104 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

- **ELT:** Epilepsia del lóbulo temporal
- **LT:** Lóbulo temporal
- **LTA:** Lobectomía temporal anterior
- **AHS:** Amigdalo-hipocampectomía selectiva
- **T1:** Giro temporal superior
- **T2:** Giro temporal medio
- **T3:** Giro temporal inferior
- **TC:** Tomografía computarizada
- **RM:** Resonancia magnética
- **PRU:** Distancia piel-receso uncal
- **CRU:** Distancia córtex-receso uncal
- **ARU:** Distancia atrio-receso uncal
- **Ro:** Radiación óptica
- **CC:** Cuerpo calloso
- **CAT AHS:** Categoría amigdalo-hipocampectomía selectiva
- **UPMC:** University of Pittsburgh Medical Center
- **ILAE:** International League Against Epilepsy
- **UMH:** Universidad Miguel Hernandez, Alicante

## LISTA DE TABLAS Y GRÁFICOS

- **Tabla 1, cap. II:** Resumen histórico de abordajes para la AHS.
- **Tabla 2, cap. II:** Clasificación de Engel de los resultados de cirugía de la epilepsia
- **Tabla 1, cap.VI:** Resultados del estudio morfométrico de acceso al cuerno temporal
- **Gráfico 1, cap.VI:** Correlación estadística entre ARU y CAT AHS
- **Gráfico 2, cap.VI:** Correlación entre Evans y CAT AHS
- **Gráfico 3, cap.VI:** Correlación entre punto J y CAT AHS

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

- **Fig.1:** Relaciones óseas del lóbulo temporal
- **Fig.2:** Límites anatómicos de la cara lateral del lóbulo temporal
- **Fig.3:** Límites anatómicos de la cara inferior del lóbulo temporal
- **Fig.4:** Visión medial del hemisferio cerebral izquierdo
- **Fig.5:** Uncus
- **Fig.6:** Visión basal del hemisferio izquierdo
- **Fig.7:** Visión lateral del hemisferio derecho tras la apertura del ventrículo lateral derecho
- **Fig.8:** Corte axial de RM encefálica T2W2 enseñando la anatomía vascular del Hip
- **Fig.9:** Corte coronal de RM encefálica T2W2 que muestra el riego arterial de la cabeza del Hip
- **Fig.10:** Esquema de una sección coronal del cuerno temporal
- **Fig.11:** Detalle de la anatomía hipocampal en un corte coronal de RM
- **Fig.12:** Anatomía de los ventrículos laterales y estructuras relacionadas

### Capítulo II

- **Fig.1:** Principales abordajes al complejo amígdala-hipocampo
- **Fig.2:** AHS transilviana

### Capítulo V

- **Fig1:** Laboratorio de la UMH
- **Fig.2:** Neuronavegador Medtronic Stealth Station S7
- **Fig.3:** Viewsite (Vycor Medical)
- **Fig.4:** Puntos de entrada craneal
- **Fig.5:** Trayectorias
- **Fig.6:** Distancias

## Capítulo VI

- **Fig.1:** Cara lateral de hemisferio cerebral derecho
- **Fig.2:** Fascículo longitudinal superior
- **Fig.3:** Detalle de las pequeñas fibras arcuadas
- **Fig.4:** Fase avanzada de disección de la cara lateral del lóbulo temporal
- **Fig.5:** Varias fases de disección de fibra blanca
- **Fig.6:** Fascículo uncinado y stratum sagital
- **Fig.7:** Esquema de la vía óptica
- **Fig.8:** Punto de entrada para el abordaje a estudio.
- **Fig.9:** Preparado Klinger, disección cara lateral, visión sagital
- **Fig.10:** Preparado Klinger, visión posteroanterior, lateromedial, simulando visión quirúrgica
- **Fig.11:** Cadáver formolizado e inyectado, visión endoscópica tras el acceso al atrio ventricular. Hemisferio izquierdo
- **Fig.12:** Cadáver formolizado e inyectado, visión endoscópica intraventricular. Hemisferio derecho
- **Fig.13:** Cadáver formolizado e inyectado, visión global de la ruta quirúrgica hacia el receso uncal. Hemisferio izquierdo

## Capítulo VII

- **Fig.1:** Punto de entrada craneal para el abordaje a estudio
- **Fig.2:** Comparativa entre una imagen de tractografía y una disección de fibra blanca

## I. INTRODUCCIÓN

*“Es necesario mantener nuestra brújula en los ojos y no en la mano, para que las manos ejecuten, pero los ojos juzguen”*

Michelangelo Buonarroti (1475-1564)

El endoscopio es un instrumento en forma de tubo, que puede ser rígido o semiflexible, y que contiene una luz y una óptica que permiten la visualización del interior de un órgano hueco o una cavidad corporal. Las técnicas endoscópicas han entrado desde hace décadas en la práctica clínica habitual y han supuesto una transformación y una evolución en casi todas las especialidades quirúrgicas: la cirugía laparoscópica, la toracoscópica, la endoscopia nasosinusal son solo algunos de los ejemplos de la revolución que el endoscopio ha supuesto para la práctica clínica y quirúrgica habitual.

Desde la primera descripción de la utilización de un endoscopio en fibra óptica en neurocirugía para navegar dentro de los ventrículos cerebrales y realizar una ventriculostomía del suelo del tercer ventrículo <sup>1</sup>, la utilización del endoscopio quirúrgico ha aportado numerosas alternativas en el campo de la neurocirugía, permitiendo acercar el ojo del cirujano al campo operatorio y realizar abordajes a la base del cráneo, al sistema ventricular y al parénquima cerebral.

Actualmente se pueden distinguir tres diferentes maneras de utilizar el endoscopio en neurocirugía <sup>2</sup>:

- 1) Neurocirugía puramente endoscópica ("*channel endoscopy*"), en la que el procedimiento se realiza mediante instrumentos que son introducidos por un conducto o canal de trabajo, que es alojado en el propio endoscopio
- 2) Neurocirugía asistida por endoscopio ("*endoscope-assisted*"), en la que se lleva a cabo la técnica quirúrgica o microquirúrgica tradicional con instrumental microquirúrgico, y se recurre al endoscopio en determinados momentos de la cirugía exclusivamente como instrumento de visión para inspeccionar zonas remotas o ángulos muertos
- 3) Neurocirugía guiada por endoscopio ("*endoscope-controlled*"), en la que el endoscopio es el único medio visual y los instrumentos se deslizan acompañando el endoscopio, pero fuera de su canal de trabajo. Ejemplos de este último tipo de cirugía son los abordajes endonasales expandidos a la base de cráneo.



En la neurocirugía contemporánea el endoscopio ha de ser un instrumento más en el manejo de la patología cerebral. En el campo de la hidrocefalia y de la cirugía de la base craneal las aplicaciones del endoscopio son múltiples y aumentan exponencialmente; la cirugía de la epilepsia, sin embargo, no ha experimentado aún grandes avances con la utilización de este imprescindible instrumento. En el campo de la cirugía de la epilepsia la aplicación de la endoscopia ha sido limitada fundamentalmente a cirugía de desconexión con finalidad paliativa, como en el caso hemisferotomías asistidas por endoscopio <sup>3 4</sup>.

Si por un lado los neurocirujanos nunca debemos dejar de perfeccionar nuestras nociones de neuroanatomía, por el otro lado, cuanto más profundicemos el conocimiento más debemos intentar aplicar a la experiencia la tecnología moderna de la que disponemos.

Como decía el profesor Albert Rhoton, uno de los grandes pioneros de la neuroanatomía y de la microcirugía de los siglos XX y XXI en el prólogo de su "*Cranial anatomy and surgical approaches*" <sup>5</sup>: "El estudio de la anatomía quirúrgica sigue siendo importante para la mejoría y la adaptación de las antiguas técnicas a las nuevas situaciones. Su estudio llevará a técnicas de abordaje quirúrgico cada vez más nuevas y cuidadosas".

El presente trabajo nace de la idea que el estudio profundo de la neuroanatomía esté a la base de cualquier avance, teórico y práctico, y que la experiencia en laboratorio con la disección cadavérica nos proporcione los utensilios necesarios para desarrollar nuevas técnicas quirúrgicas.

## **a. Antecedentes**

La epilepsia del lóbulo temporal (ELT) es una enfermedad crónica del sistema nervioso central originada en focos epileptógenos localizados en el giro fusiforme, el giro parahipocampal, el hipocampo y la amígdala<sup>6</sup>. Clínicamente, la ELT se puede manifestar como crisis epiléptica parcial, secundariamente generalizada o mixta. Este tipo de epilepsia presenta normalmente una respuesta satisfactoria a la medicación anticomicial. Sin embargo, más de un 20% de pacientes desarrolla una epilepsia refractaria al tratamiento farmacológico, es decir, según la definición más reciente de la ILAE (International League Against Epilepsy)<sup>7</sup>, un síndrome epiléptico en el que no se ha conseguido una evolución libre de crisis a pesar de dos ensayos terapéuticos adecuados con diferentes fármacos anticomiciales, tomados en monoterapia o asociados, de manera apropiada y bien tolerada por parte del paciente. La epilepsia refractaria conlleva, en el largo plazo, el desarrollo de conocidas alteraciones neurológicas y neuropsicológicas, que afectarán al comportamiento, la memoria, la capacidad de efectuar tareas más o menos complicadas, el rendimiento escolar y laboral, y, por ende, desembocarán en una peor calidad de vida y un aumento de la mortalidad<sup>8 9</sup>. Para este subgrupo de pacientes el tratamiento quirúrgico de la ELT ha demostrado en ensayos clínicos ser una válida opción para controlar la cantidad y la calidad de las crisis y para facilitar el efecto de los fármacos anticomiciales, reduciendo la morbilidad y la mortalidad<sup>9 10</sup>.

La lobectomía temporal anterior (LTA) representa la técnica más usada para el tratamiento de la ELT, alcanzando un índice de curación (pacientes que no presentan crisis y no toman ningún medicamento) de alrededor del 70%<sup>9</sup>. Según la definición original de Spencer<sup>11</sup>, sucesivamente ratificada por Wiebe y colegas<sup>9</sup>, la LTA consiste en la resección parcial de 6 a 6,5 cm (en hemisferio cerebral no dominante), y de 4 a 4,5 cm (en hemisferio cerebral dominante) del parénquima temporal anterior por debajo del giro temporal medio, así como la resección de 1 a 3 cm del hipocampo anterior. Esta técnica es ampliamente utilizada en la práctica clínica y tiene un fuerte respaldo científico; no obstante, no está exente de limitaciones: entre ellas, expone la porción más anterior de la radiación óptica al riesgo de lesión. Además, sobre todo en el hemisferio dominante, es posible dañar las áreas del lenguaje localizadas en la punta y la base del

lóbulo temporal<sup>12 13 14</sup>.

En casos seleccionados, cuando el foco epileptógeno está ubicado exclusivamente en el lóbulo temporal mesial, y más aún si en hemisferio dominante, existe la opción de realizar una amígdalo-hipocampectomía selectiva (AHS): con esta técnica se intenta reseca parcialmente exclusivamente las estructuras implicadas (parte de hipocampo y amígdala), preservando el córtex temporal lateral, intentando minimizar así complicaciones como la afasia y las alteraciones visuales. El concepto que subyace a la AHS es el de realizar una “lesionectomía” pura, eliminando exclusivamente la región responsable del origen de las crisis y evitando dañar las áreas adyacentes. Hay muchas técnicas tradicionalmente utilizadas para realizar una AHS que serán discutidas con detalle en el capítulo II; sin embargo todas ellas requieren un abordaje a la cara lateral o inferior del lóbulo temporal, lo que conlleva el riesgo de dañar determinadas áreas corticales y subcorticales importantes a nivel funcional: el giro parahipocampal y el fusiforme, la región entorrinal del lóbulo temporal, áreas implicadas en varias funciones, pero sobre todo en el funcionamiento de la memoria, del lenguaje y en los patrones comportamentales. Además, todos los abordajes descritos hasta la fecha actual precisan la apertura de la punta y/o de la pared lateral del cuerno temporal del ventrículo lateral, lo que exige un sacrificio parcial de la vía óptica, como se verá más adelante. La endoscopia aplicada a la neurocirugía plantea la posibilidad de abordar la región amígdalo-hipocampal a través de un abordaje guiado por endoscopio entrando al ventrículo lateral por su límite posterior.

El objetivo del presente trabajo es describir este abordaje experimental y sus posibles indicaciones, ventajas y desventajas. Para comprender a fondo la técnica quirúrgica descrita en este estudio, es necesario primero un profundo conocimiento de la anatomía del lóbulo temporal, del sistema ventricular y de las conexiones neuronales presentes en la sustancia blanca encefálica.

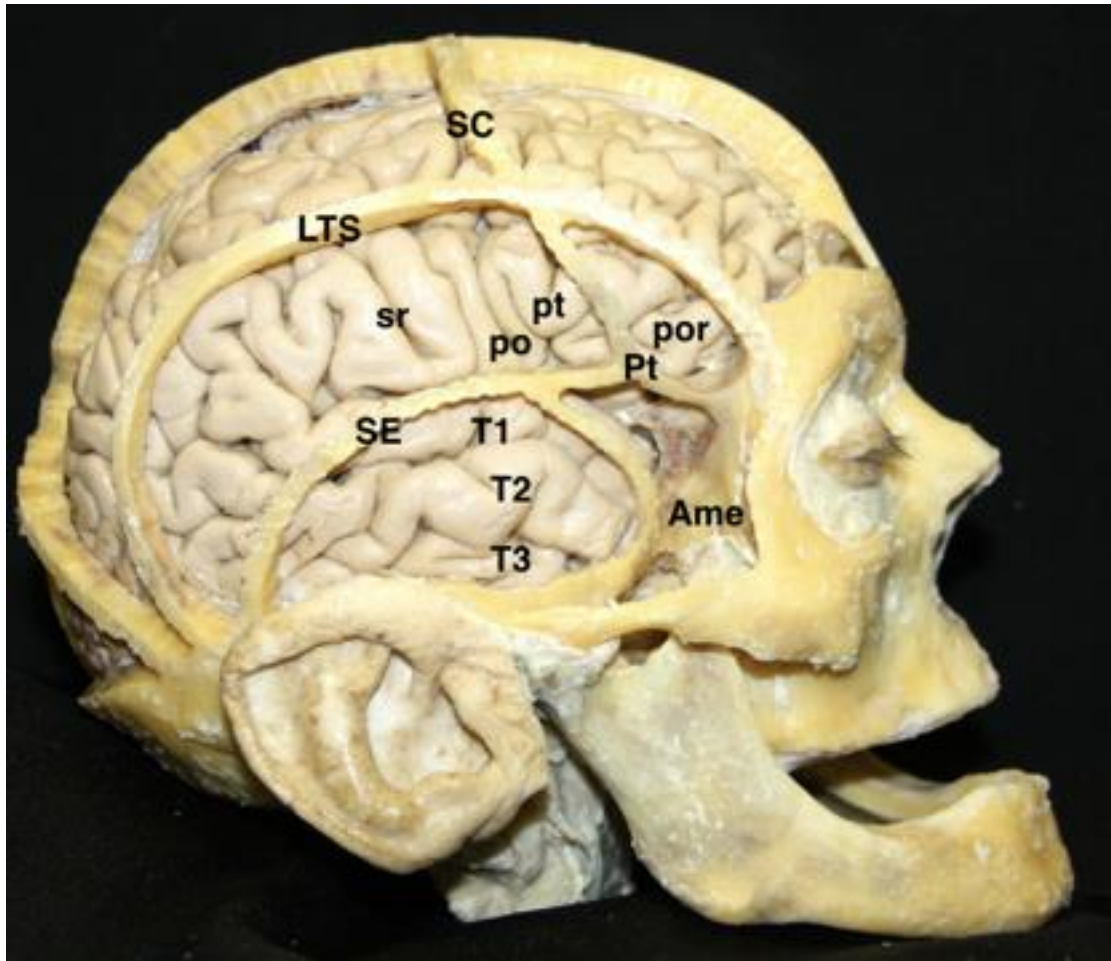
El objetivo de la segunda parte de este capítulo, expuesta a continuación, es el de recordar la anatomía de las regiones involucradas en el tratamiento quirúrgico de la ELT.

## **b. Anatomía quirúrgica**

Para una correcta comprensión de la anatomía del lóbulo temporal (LT) es necesario, ante todo, un rápido recordatorio de sus relaciones anatómicas.

### i. Base craneal media

La base craneal media es el segmento de base craneal situado posteriormente a la base craneal anterior. Se puede dividir en una porción lateral, que contiene la fosa craneal media y la superficie superior (no petrosa) del hueso temporal, y una porción medial, que acoge las regiones selar y paraselar (y cuya descripción va más allá de los objetivos de este capítulo). La porción basal del LT, formada por los giros parahipocampal, fusiforme, temporal inferior y por el uncus, y regada por ramas de las arterias coroidea anterior, cerebral posterior y cerebral media, se halla en el suelo de la fosa craneal media. Anteriormente, el LT está en relación fundamentalmente con el ala mayor del hueso esfenoides. La cara lateral del LT se relaciona con la porción escamosa del hueso temporal y está por lo tanto ubicada por debajo de la sutura escamosa (que separa el hueso temporal del parietal) (Fig.1); sin embargo, la región más posterior de la cara lateral del LT supera dicho límite anatómico y yace por debajo del hueso parietal. La totalidad de la cara lateral del LT está ubicada por debajo de la línea temporal superior. La región mesial del LT se asoma medialmente hacia el borde libre del tentorio, entrando en contacto, en orden cráneo-caudal, con la cisterna carotídea, la interpeduncular, la ambiens y la cruri. La porción inferior del LT mesial, por debajo del borde libre del tentorio, se relaciona medialmente con el seno cavernoso.



**Fig.1:** Relaciones óseas del lóbulo temporal. Se puede apreciar como la totalidad del lóbulo temporal, con sus giros temporales superior (**T1**), medio (**T2**) e inferior (**T3**) se encuentra varios centímetros inferiormente de la línea temporal superior (**LTS**), estando acogida casi enteramente por debajo de la sutura escamosa (**SE**). Anteriormente, el polo temporal se relaciona con el ala mayor esfenoidal (**Ame**). **por**, pars orbitalis del lóbulo frontal; **pt**, pars triangularis del lóbulo frontal; **po**, pars opercularis del lóbulo frontal; **Pt**, pterion; **sr**, surco central de Rolando. *Imagen concedida por el Dr. Pablo González López.*

## ii. Lóbulo temporal

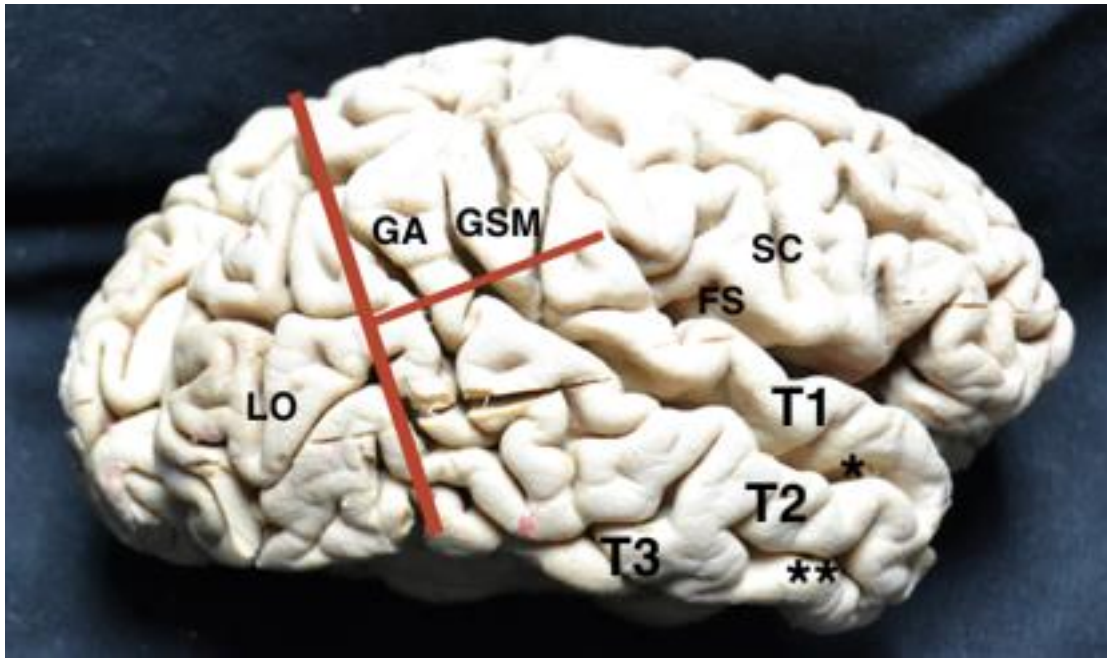
El lóbulo temporal (LT) es una de las regiones más complejas y menos conocidas del Sistema Nervioso Central: sus características histológicas son únicas, dado que presenta a la vez las tres capas evolutivas del córtex humano <sup>15 16</sup>. En el LT se produce

una transición gradual desde un allocortex más primitivo desde un punto de vista evolutivo (región temporal mesial y áreas límbicas del LT) hasta un neocortex más reciente (área temporal lateral), con una zona intermedia o de transición (mesocortex) que corresponde a las regiones paralímbicas, el córtex orbitofrontal posterior, la ínsula, el polo temporal, el giro parahipocampal y el giro del cíngulo. Desde el punto de vista histológico y evolutivo, el allocortex es una estructura de córtex muy básica y poco diferenciada, que presenta áreas sin una organización clara (por ejemplo la sustancia innominada y la amígdala) pero también áreas con una diferenciación clara en dos capas (hipocampos y córtex piriforme); el mesocortex presenta una estratificación de entre tres y cinco capas corticales; el neocortex presenta las clásicas seis capas corticales telencefálicas y también presenta una mayor y mejor organización en giros y surcos <sup>16</sup>. Esta peculiar filogenética cortical juega un papel fundamental en la "preferencia" que muestran patologías como la epilepsia y determinados tipos de tumores primarios hacia el LT. Los tumores gliales de la región límbica y paralímbica (excepto los que son especialmente malignos y agresivos, como el glioblastoma multiforme) tienden a extenderse dentro de los límites de las regiones del allocortex y mesocortex, respetando las áreas de neocortex limítrofes <sup>16</sup>: por ejemplo un tumor que origina en la amígdala podrá difundir hacia el hipocampo o el polo temporal, pero es raro que se extienda al neocortex temporal lateral.

Los límites tradicionalmente utilizados para definir anatómicamente el LT (Fig.2) son arbitrarios: le separan del lóbulo frontal y del lóbulo parietal respectivamente la cisura de Silvio y su rama posterior. Más posteriormente le separa del lóbulo parietal la línea temporooccipital, que va desde la terminación de la rama posterior de la cisura de Silvio hasta el punto intermedio de la línea parietotemporal. La separación con el lóbulo occipital es teóricamente marcada por la línea parietotemporal, que pasa entre la impresión de la fisura parietooccipital en la superficie lateral del encéfalo y la incisura preoccipital <sup>15</sup>.

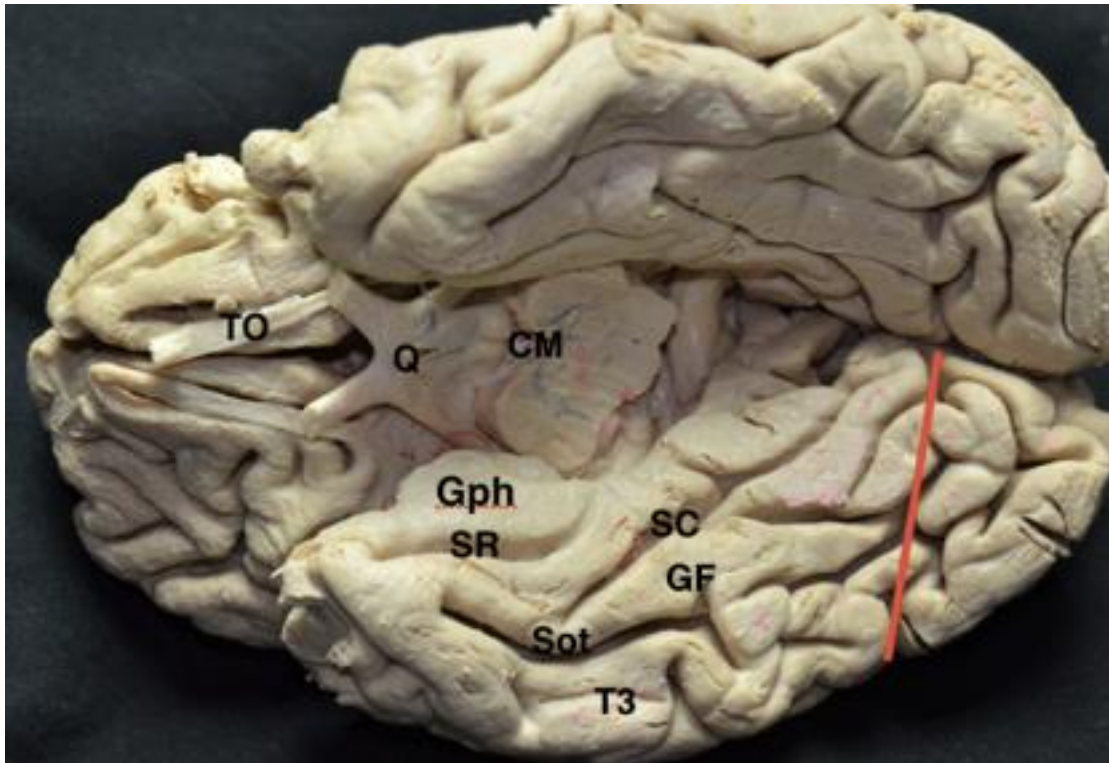
De forma más práctica (y extremadamente simplificada), el LT se podría asimilar en forma a un paralelepípedo con 4 distintas caras: superior, lateral, inferior (o basal) y medial (a la que será dedicado un apartado específico). La cara superior del LT (Fig.2)

constituye el suelo del compartimiento silviano profundo y contacta con la cara silviana del lóbulo frontal, parietal y de la ínsula. La cara lateral del LT, localizada inferiormente a la cisura de Silvio y delimitada posteriormente por la mencionada línea parietooccipital, está formada por los giros temporal superior (T1), medio (T2) e inferior (T3). Estos tres giros están divididos entre ellos por dos surcos, paralelos a la cisura de Silvio, que se denominan surco temporal superior e inferior. El giro T1 está ubicado entre la cisura de Silvio y el surco temporal superior: se continúa en el giro temporal transversal, que se dirige posteromedialmente hacia la ínsula para formar la porción posteroinferior del suelo de la cisura de Silvio. T2 está ubicado entre el surco temporal superior y el inferior. El cuerno temporal del ventrículo lateral y las cisternas ambiens y cruri se hallan medialmente a T2. El giro T3 está ubicado inferiormente al surco temporal inferior y constituye parte de la cara medial pero también la porción más lateral de la cara inferior del LT. Es relevante notar como el giro angular, que anatómicamente pertenece al lóbulo parietal, rodea el extremo posterior del surco temporal superior. La cara inferior o basal del LT (Fig.3) está constituida por la porción basal del giro parahipocampal, que define el límite medial de la cara basal del LT; lateralmente se halla el giro occipitotemporal o giro fusiforme, separado del parahipocampal anteriormente por el surco rinal y posteriormente por el más largo surco colateral. El surco colateral es una referencia fundamental para el abordaje endoscópico al cuerno temporal del ventrículo lateral, ya que constituye el suelo de dicha estructura (corresponde, en la visión endoscópica, a la eminencia colateral). El giro fusiforme se relaciona lateralmente con la porción basal de T3, de la que está separado por el surco occipitotemporal. La porción más posterior del giro parahipocampal se continúa a través del istmo con las estructuras del lóbulo frontal, concretamente la porción distal del giro del cíngulo. En la cara basal no hay una clara demarcación anatómica entre LT y lóbulo occipital, por lo que se utiliza otra línea imaginaria que es la línea parietotemporal basal, que une la incisura preoccipital con la terminación inferior de la fisura parietooccipital (Fig.3). El LT está conectado superiormente con el lóbulo de la Insula; anteromedialmente, a través de la amígdala, se continúa con el globo pálido; anterolateralmente con el lóbulo frontal basal a través del limen insulae. La fisura coroidea separa la porción posteromedial del LT (detrás del uncus) y el tálamo <sup>17</sup>.



**Fig.2:** Límites anatómicos de la cara lateral del lóbulo temporal. La línea roja de mayor tamaño es la línea parietooccipital, que separa el LT del lóbulo occipital, trazada desde el “notch” preoccipital del LT hasta la terminación lateral de la fisura parietooccipital. La línea roja más corta es la línea temporooccipital, que va desde la terminación de la rama posterior de la cisura de Silvio hasta el centro de la línea parietooccipital. Esta línea marca el límite superior de la cara lateral del lóbulo temporal. \*, surco temporal superior, que separa el giro temporal superior (**T1**) del medio (**T2**); \*\*, surco temporal inferior, que separa T2 del giro temporal inferior (**T3**). **FS**, fisura de Silvio; **GA**, giro angular; **GSM**, giro supramarginal; **SC**, surco central; **LO**, lóbulo occipital.





**Fig.3:** Límites anatómicos de la cara inferior del lóbulo temporal. En rojo la línea parieto-temporal basal, que divide el LT del lóbulo occipital, y es trazada entre el notch preoccipital y la porción basal de la fisura parieto-occipital. **Gph**, giroparahipocampal, límite medial de la cara inferior del LT. **SR**, surco rinal y **SC**, surco colateral, que separan el giro parahipocampal del giro occipito-temporal o giro fusiforme (**GF**); **Sot**, surco occipito-temporal, que separa el giro fusiforme del giro temporal inferior (**T3**). **TO**, tracto óptico; **Q**, quiasma óptico; **CM**, cuerpos mamilares.

### iii. Región temporal medial y complejo amígdalo-hipocampal

La cara medial del LT o región temporal mesial es sin lugar a duda una de las áreas más complejas del cerebro, desde un punto de vista anatómico, filogenético, quirúrgico y funcional: constituye la región de mayor interés para los abordajes al complejo amígdalo-hipocampal. La identificación intraoperatoria de las estructuras que componen dicha región suele ser un importante reto quirúrgico.

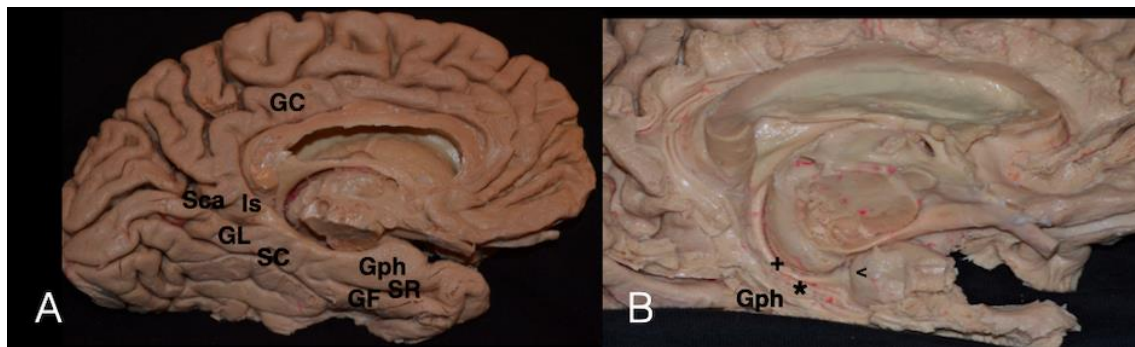
En una visión de conjunto en el plano sagital, la cara medial del LT estaría formada fundamentalmente por uncus, giro parahipocampal y giro dentado. Esta visión se podría dividir en tres estrías longitudinales imaginarias: la inferior de ellas está compuesta por el contorno medial del giro parahipocampal, sitio de la región subicular; la del medio corresponde al giro dentado, una sutil estría de substancia gris ubicada en la cara medial del complejo hipocampal; la estría superior corresponde a la fimbria del fórnix. El giro parahipocampal y dentado están separados por el surco hipocampal, mientras que el giro dentado y la fimbria están separados por el surco fimbrio-dentado.

El área temporal mesial está compuesta por las siguientes estructuras neurales: giro parahipocampal, uncus, hipocampo, fimbria, giro dentado y amígdala. Giro parahipocampal, giro dentado y uncus son estructuras extraventriculares. Hipocampo, amígdala y fimbria son estructuras puramente intraventriculares, que constituyen la pared medial y antero-medial del cuerno temporal.

#### iv. Giro parahipocampal

Esta estructura corresponde al área de transición entre la superficie basal y la mesial del LT. Se trata de un giro bastante largo, que presenta típicamente una forma en Y (Fig.4): en su porción posterior, de hecho, a la altura del esplenio del cuerpo calloso, es dividido en dos ramas por el surco calcarino anterior: la rama superior corresponde al istmo del giro del cíngulo, que continúa con el giro del cíngulo, la rama inferior forma el giro lingual, que corresponde al suelo del surco calcarino en el lóbulo occipital. En su extremo anterior realiza un pliegue medial formando el uncus. El límite lateral del giro parahipocampal es el surco colateral, en la base temporal. La región anterior del giro parahipocampal toma contacto supero-anteriormente con el segmento posterior del uncus, del que la separa el *uncal notch* (receso uncal) y supero-posteriormente con el giro dentado, del que la separa el surco hipocampal; el límite lateral de la porción anterior es el surco rinal, que también marca el límite anterior de la región entorrinal del giro parahipocampal. La cara medial está abierta al borde libre del tentorio, entrando en relación con el contenido de la cisterna ambiens. El giro parahipocampal realiza un

recorrido cóncavo medialmente que “abrazo” el tronco encefálico posteriormente, al igual que el borde libre del tentorio, con el cual, de hecho, constituye los límites de la incisura tentorial <sup>18</sup>.



**Fig.4:** Visión medial del hemisferio cerebral izquierdo. **A)** visión de la cara medial del hemisferio cerebral izquierdo. **Gph;** giro parahipocampal, que anteriormente forma el uncus, y posteriormente es dividido en dos por el surco calcarino anterior (**Sca**), formando el giro lingual (**GL**) y el istmo (**Is**), que se continúa en el giro del cíngulo (**GC**). Inferiormente, el surco colateral (**SC**) y el surco rinal (**SR**), separan el giro parahipocampal del giro fusiforme (**GF**) u occipito-temporal. **B)** misma visión en un preparado de Klinger en el que se ha realizado una disección avanzada del giro parahipocampal (**Gph**). Se puede apreciar el giro dentado (\*) con su peculiar aspecto, la Fimbria Fórnix (+) y el segmento posterior del uncus (<), del que origina el giro dentado.

#### v. Uncus

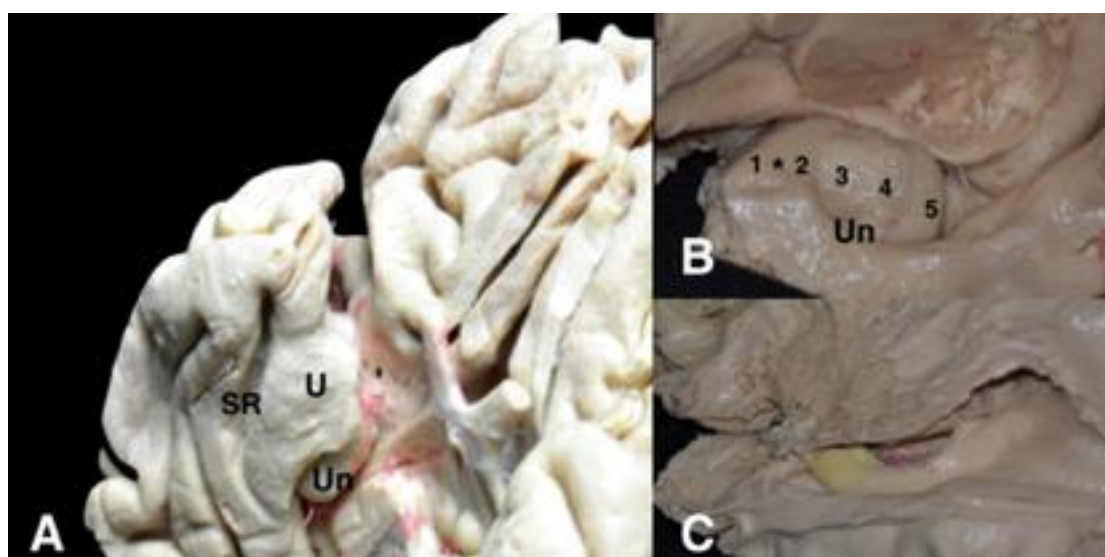
Del latín "uncus", que significa "anzuelo" en castellano, el U corresponde fundamentalmente a la porción anterior del giro parahipocampal, que realiza un pliegue en dirección medial y posterior. Este pliegue forma por lo tanto un surco, que separa anatómicamente el suelo del uncus del giro parahipocampal y que se denomina "*uncal notch*" (incisura uncal) y constituye el límite anatómico inferior del uncus. Anteriormente,

el uncus presenta continuidad anatómica con el giro parahipocampal, del que origina; superiormente se relaciona con el globo pálido. A nivel basal, el surco rinal separa el uncus del polo temporal. Medialmente, el uncus asoma hacia el borde libre tentorial <sup>19</sup>.

Observado desde una visión basal (Fig.5a), el uncus presenta la forma de una pirámide, con una cara anteromedial y una cara posteromedial, que se unen formando una estructura en "V", cuyo ápex mira hacia medial, y divide en dos segmentos el uncus. El segmento anterior corresponde al límite posterior de la sustancia perforada anterior y contacta medialmente con la cisterna carotídea y la porción proximal de la cisura de Silvio, por lo que se relaciona de forma muy estrecha con las arterias carótida interna y cerebral media; anteriormente presenta continuidad anatómica con el giro parahipocampal, del que origina. El segmento anterior (Fig.5b) está formado por el giro semilunaris (anteriormente) y el giro ambiens (posteriormente), separados por el sulcus annularis <sup>20</sup>. En la superficie antero-basal medial del segmento anterior del uncus es posible encontrar corteza entorinal, que pertenece al área entorinal del giro parahipocampal.

El segmento posterior (Fig.5a) es separado del giro parahipocampal por la incisura uncal y se relaciona medialmente con el pedúnculo cerebral con el que delimita las paredes de la cisterna cruri; por lo tanto, en dicha región es importante la relación del uncus con las estructuras contenidas en la cisterna cruri, es decir, las arterias cerebral posterior, coroidea anterior y coroidea medial posterior. Es importante remarcar que inmediatamente posteriormente y superiormente al uncus se halla el punto coroideo, marcador anatómico en el que comienza el plexo coroideo del cuerno temporal y punto en el que la arteria coroidea anterior entra en el cuerno temporal a través de la fisura coroidea. También es quirúrgicamente relevante la relación del uncus con el tracto óptico, que pasa superiormente al límite medial del segmento posterior del uncus, en el techo de la cisterna cruri. El segmento posterior del uncus está formado, en sentido anteroposterior por el giro uncinado, la banda de Giacomini y el giro intralímbico <sup>20</sup>(Fig.5b). Posteriormente a este último giro, empieza el giro dentado. El segmento posterior del uncus está muy relacionado con el hipocampo, y de hecho su cara medial, a nivel intraventricular, corresponde a parte de la cabeza del hipocampo, como se puede apreciar

en la figura 5c. Más específicamente, el giro intralímbico y la banda de Giacomini desde una visión medial corresponden a las áreas CA3 y CA4 del hipocampo; en la cara inferior del segmento posterior del uncus, que corresponde al labio superior del *uncal notch*, encontraremos unos pequeños recesos (o “digitaciones externas”) que pertenecen a los tres giros del segmento posterior del uncus. Las digitaciones externas son parénquima hipocampal: de hecho, en su cara medial, corresponden a pequeñas excrescencias que en ocasiones es posible apreciar en la cabeza del hipocampo, y toman el nombre de “digitaciones hipocampales”<sup>19 20</sup>.



**Fig 5:** Uncus. **A)** visión basal del uncus (U). Se puede apreciar el segmento anterior, en relación con la sustancia perforada anterior y la porción proximal de la fisura de Silvio. El segmento posterior, separado del giro parahipocampal por el *uncal notch* (Un), tiene relación medialmente con el tracto óptico y define el margen lateral de la cisterna cruri, cuyo margen medial es formado por el pedúnculo cerebral. **B)** detalle de la cara medial del uncus. **1**, giro semilunaris; \*, sulcus annularis y **2**, giro ambiens, pertenecientes al segmento anterior del uncus. **3,4** y **5**, respectivamente giro uncinado, banda de Giacomini y giro intralímbico, posteriormente al cual se intuye el origen del giro dentado. **C)** visión lateral del hemisferio izquierdo tras la apertura del atrio ventricular y del cuerno temporal. Es posible apreciar, en amarillo, la cabeza del hipocampo, que corresponde a la vertiente medial del segmento posterior del uncus.

## vi. Giro Dentado

El giro dentado es una estructura en forma de C que se encuentra paralela y medial respecto al giro parahipocampal, del que es separado por el surco hipocampal. El surco fimbriodentado separa el giro dentado de la fimbria fórnix.

Anteriormente, el giro dentado procede del segmento posterior del uncus, y específicamente de la banda de Giacomini, que de hecho es llamada también “cola” del giro dentado. Posteriormente, se continúa en el giro fasciolar, una fina banda de sustancia blanca inmediatamente posterior al cuerpo calloso; después, continúa superiormente al cuerpo calloso para terminar finalmente en el *indusium griseum*. El giro dentado toma su nombre del peculiar aspecto que presenta, con unas indentaciones que son únicas respecto a otros giros.

## vii. Amígdala

Cómo se ha explicado con anterioridad, el uncus puede ser dividido en dos porciones: un segmento anterior y uno posterior. La amígdala, del griego *αμύγδαλο* (almendra) constituye el aspecto medial de la mayoría del segmento anterior del uncus y la pared anterior y parte del techo del cuerno temporal del ventrículo lateral. Desde otro punto de vista, la amígdala está ubicada en la zona más medial del segmento anterior del uncus, lateral a la carótida interna. La porción de amígdala ubicada en esta región es solo una parte (amígdala temporal) del más vasto concepto anatómico-funcional de “*amygdala complex*”. La arteria coroidea anterior origina de la carótida interna medialmente al segmento uncal anterior, cuya superficie medial sigue en su recorrido inicial. La cabeza del hipocampo está ubicada en el suelo del cuerno temporal y pertenece fundamentalmente al segmento uncal posterior. La amígdala se extiende posteriormente por encima de la porción anterior de la cabeza del hipocampo y superiormente, entra en contacto con el margen posterior del núcleo lenticular. Cuando se realiza una lobectomía temporal, el cuerno temporal puede ser alcanzado a través del surco temporal superior o inferior, a través de T2 o T3 o a través de la superficie basal en la cara inferior de T3 o del giro fusiforme (occipitotemporal) <sup>19</sup>.

### viii. Hipocampo

El hipocampo es el mayor de los tres elementos intraventriculares del LT medial, ocupa la porción medial del cuerno temporal y se puede dividir en cabeza, cuerpo y cola<sup>21</sup>. La cabeza es la parte más grande y la más relevante desde el punto de vista quirúrgico porque constituye la mayor parte del tejido a reseca en la AHS. La cabeza hipocampal es la única parte de esta estructura libre de plexo coroideo, que en cambio tapiza casi enteramente la cola y el cuerpo. Como se ha comentado anteriormente, desde la visión intraventricular, la cabeza del hipocampo suele presentar tres o cuatro “digitaciones hipocampales”, que recuerdan la forma de una pata de gato (*feline paw*)<sup>15</sup>, y también se pueden llamar “*pes hippocampi*” (pie del hipocampo). La porción posteroinferior de la amígdala está en relación con el punto más anterior y superior de la cabeza hipocampal.

La aparición del plexo coroideo marca el inicio del cuerpo del hipocampo, que constituye el suelo medial del cuerno temporal, delimitado medialmente por la fisura coroidea y lateralmente por la eminencia colateral, impresión del surco colateral en la pared ventricular. La cola del hipocampo, posteriormente al pulvinar talámico, realiza un giro hacia medial, formando parte de la pared medial del atrio ventricular.

### ix. Fimbria

La porción intraventricular del hipocampo está recubierta por una fina lámina de sustancia blanca, denominada *alveus*, que se hace más gruesa en el límite medial del hipocampo formando la fimbria, la cual constituye el inicio del fórnix. A nivel del LT, la fimbria constituye una estructura intraventricular, medial al giro dentado (del que la separa el surco fimbriodentado) (Fig.5). Posteriormente, la fimbria se transforma en la cruz del fórnix. Las dos cruces entran en contacto entre ellas a nivel de la comisura hipocampal. Cada cruz gira posteriormente al pulvinar talámico, de lateral a medial, de inferior a superior, alcanzando el esplenio del cuerpo calloso. A nivel del cuerpo del cuerpo calloso, el cuerpo del fórnix constituye el suelo medial del cuerno frontal del ventrículo lateral; llegados al foramen de Monro, las columnas del fórnix constituyen las paredes superior y anterior de este foramen, sucesivamente se alejan y se dirigen hacia la

pared lateral del tercer ventrículo, hasta alcanzar los cuerpos mamilares en el suelo del tercer ventrículo.

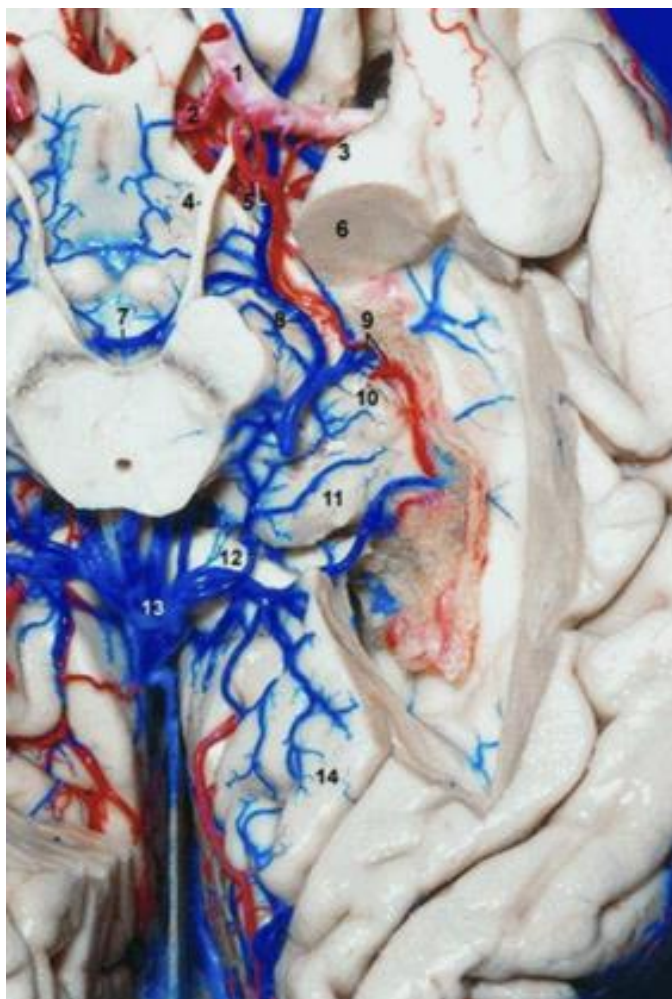
#### x. Relaciones vasculares

##### 1. La fisura coroidea y el punto coroideo

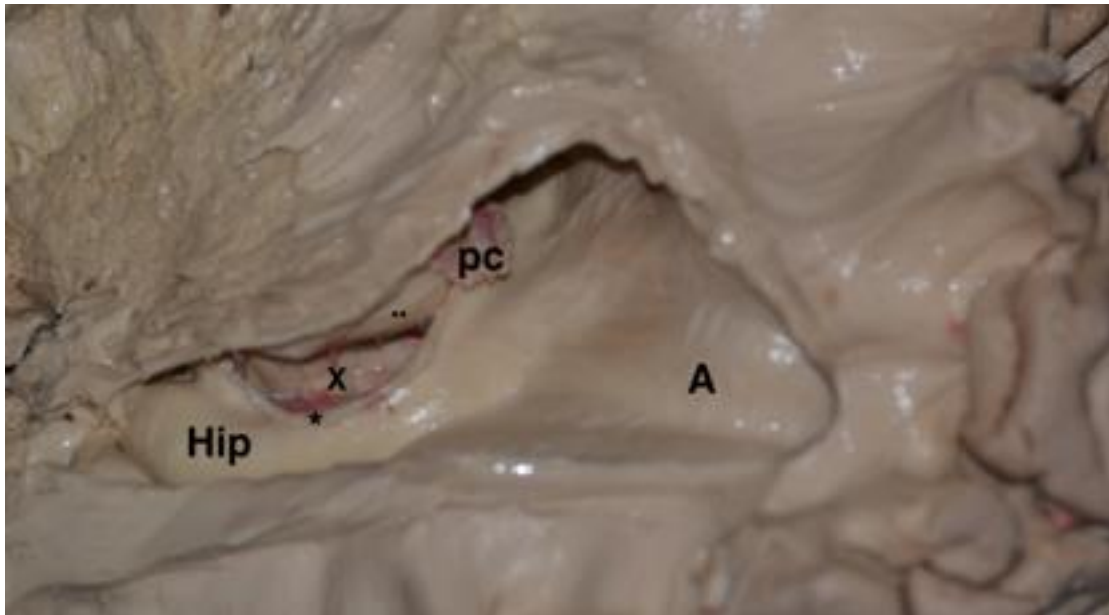
La fisura coroidea reviste especial importancia en la AHS, ya que constituye el límite medial de la resección, y además el punto por el que llega la mayoría de los aportes vasculares al complejo amígdala-hipocampo.

Se trata de un espacio o fisura en forma de C, entre el tálamo y el fórnix, del cual origina el plexo coroideo del ventrículo lateral. Nace a nivel del foramen de Monro y se extiende a través del cuerpo, atrio y cuerno temporal del ventrículo lateral hasta terminar en un punto llamado punto coroideo. El punto coroideo, como ha sido comentado anteriormente, se encuentra inmediatamente detrás del uncus y justo por delante del cuerpo geniculado lateral <sup>22</sup>, y marca anatómicamente una región importantísima desde un punto de vista quirúrgico, dado que justamente detrás del punto coroideo hace su entrada en el cuerno temporal la arteria coroidea anterior, y sale del ventrículo la vena ventricular inferior, que alcanzará la vena basal de Rosenthal (Fig.6). Posteriormente, la fisura coroidea va a formar la pared medial del cuerno temporal, entre la stria terminalis del tálamo (superomedial) y la fimbria con el hipocampo (inferolateral) (Fig.7).





**Fig.6:** Visión basal del hemisferio izquierdo. El suelo del cuerno temporal ha sido extirpado para apreciar mejor la anatomía del cuerno temporal. La arteria carótida interna (1) se bifurca en arteria cerebral anterior (2) y media. Posteriormente, el uncus (3), cuyo segmento posterior ha sido recortado para poder apreciar la amígdala (6) en su sección, y su relación con la pared anterior del cuerno temporal. El punto coroideo inferior (9) se halla justo posteriormente al uncus, inferoanteriormente al cuerpo geniculado lateral (10). En el punto coroideo inferior es posible apreciar la vena ventricular inferior y la arteria coroidea anterior respectivamente saliendo y entrando del cuerno temporal. La vena ventricular inferior continúa luego posteriormente hasta drenar a la vena basal de Rosenthal. Se puede apreciar el recorrido de la arteria coroidea anterior desde su nacimiento en la carótida interna (5) hasta su entrada en el ventrículo (9). 11, pulvinar; 12, esplenio del cuerpo calloso; 13, vena de Galeno y 14, giro lingual. De *Wen HT et al: Microsurgical anatomy of the temporal lobe: Part 1: Mesial Temporal Lobe Anatomy and its vascular relationships as applied to Amygdalohippocampectomy* <sup>15</sup>.



**Fig.7:** Visión lateral del hemisferio derecho tras la apertura del ventrículo lateral derecho. **A**, atrio ventricular; **Hip**, cuerpo y cola del hipocampo; **pc**, plexo coroideo del ventrículo lateral, que en este caso ha sido recortado para facilitar la visión de las estructuras anatómicas. La fisura coroidea (**X**) es el espacio que se puede apreciar entre la fimbria (\*) y la cara inferior del tálamo (\*\*).

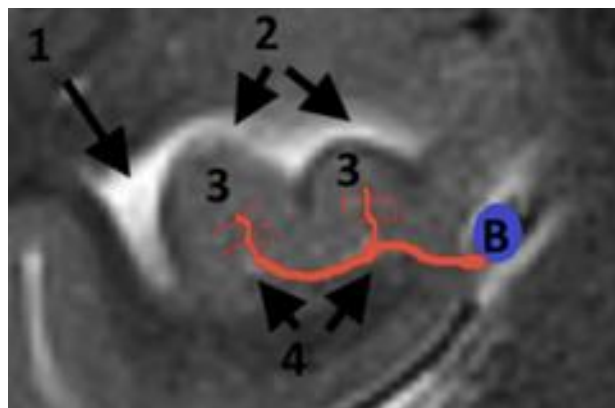
## 2. Relaciones arteriales del lóbulo temporal medial

La sustancia perforada anterior, inmediatamente anterior al segmento anterior del uncus, es el sitio de bifurcación de la arteria carótida interna intradural en cerebral media y cerebral anterior; antes de dicha bifurcación, desde la carótida supraclinoidea y a continuación de la arteria comunicante posterior, nace una arteria de importancia crítica para la región anatómica a estudio: la arteria coroidea anterior. Tras su nacimiento desde la carótida interna, dicho vaso se dirige posteriormente, superiormente y medialmente, en posición medial respecto a la superficie anteromedial del segmento anterior del uncus, para alcanzar el tracto óptico. Continúa hacia atrás, separándose del uncus y entrando en la cisterna cruri, hasta alcanzar un punto (punto coroideo), posteriormente al giro intralímbico, en el que entra dentro del cuerno temporal del ventrículo (Fig.6).

La arteria cerebral posterior, rama terminal de la arteria basilar, tras un segmento (P1) puramente cisternal en la cisterna interpeduncular, alcanza la cisterna ambiens (P2A), donde entra en contacto con el segmento posterior del uncus. Por lo tanto, mientras el uncus anterior tiene relación anatómica con la arteria coroidea anterior, el uncus posterior la tiene con la cerebral posterior. De ahí que el hipocampo reciba la casi totalidad de su aporte arterial desde el segmento P2 de la cerebral posterior. Del segmento P2 nacen las arterias: coroidea medial posterior, circunflejas corta y larga, hipocampales y coroideas posteriores. Las arterias hipocampales, penetrando el giro dentado y los surcos fimbriodentado e hipocampal, alcanzan el hipocampo. En ocasiones, como variantes anatómicas, estas arterias pueden nacer de la coroidea anterior, de ramas más distales de la cerebral posterior, o del tronco principal de la cerebral posterior (P1), variante conocida como arteria de Uchimura<sup>22</sup>. A diferencia de las arterias hipocampales, las coroideas posteriores entran en el ventrículo lateral a través de la fisura coroidea. Las arterias hipocampales, ramas de la P2, suelen ser tres: anterior, media y posterior (Fig.8 y 9). La arteria hipocampal anterior riega la cabeza del hipocampo, mientras que la media y la posterior llevan sangre arterial al cuerpo y a la cola. A nivel del surco uncal (uncal notch) suele haber una anastomosis entre la arteria hipocampal anterior y la rama uncal de la coroidea anterior<sup>23</sup>. Dicha anastomosis constituye una anastomosis indirecta entre arteria cerebral media (de la cual es rama la coroidea anterior) y arteria cerebral posterior (de la que es rama la arteria hipocampal anterior).



**Fig.8:** Corte axial de RM encefálica T2W2 enseñando la anatomía vascular del Hip. En naranja el segmento P1 de la cerebral posterior, en rojo el P2 y en violeta el P3. Se puede apreciar como el riego vascular del hipocampo es debido al segmento P2. La arteria hipocampal anterior está escondida por el uncus. De *Dekeyzer S, et al: “Unforgettable”-a pictorial essay on anatomy and pathology of the hippocampus. Insights Imaging 2017* <sup>24</sup>.



**Fig.9:** Corte coronal de RM encefálica T2W2 que muestra el riego arterial de la cabeza del Hip. **B**, vena basal de Rosenthal; **1**, luz del cuerno temporal del ventrículo lateral; **2**, receso uncal del ventrículo lateral; **3**, digitaciones hipocampales (“pes hippocampi”); **4**, *uncal notch*. Tanto la arteria hipocampal anterior, rama de P2, como la rama uncal de la arteria coroidea anterior, rama de la cerebral media, se encuentran en el *uncal notch* y generan una amplia red anastomótica entre las digitaciones hipocampales. De *Dekeyzer S, et al: “Unforgettable”-a pictorial essay on anatomy and pathology of the hippocampus. Insights Imaging 2017* <sup>24</sup>.

### 3. Relaciones venosas del lóbulo temporal medial

Las venas de la región medial del LT drenan fundamentalmente a la vena basal de Rosenthal. El sistema venoso cerebral profundo es dividido en un grupo ventricular, formado por las venas que convergen en las paredes ventriculares, y un grupo cisternal, que corresponde a las venas que drenan las paredes de las cisternas basales. En la región temporomesial, tanto las venas del grupo ventricular como las del grupo cisternal drenan a la vena basal de Rosenthal. La vena basal, que origina de la unión de las venas cerebral media profunda, estriada inferior, olfatoria, frontoorbitaria y cerebral anterior, a su vez, tras pasar alrededor del mesencéfalo, drena a la vena de Galeno.

El drenaje venoso del complejo amígdalo-hipocampal corresponde al grupo ventricular y específicamente es formado por la vena amigdalar y las venas transversas del hipocampo, que, junto con la vena coroidea inferior y la ventricular inferior, drenan también a la vena basal.

### xi. Anatomía y citoarquitectura del hipocampo y de la amígdala

El hipocampo es una estructura de sustancia gris, formada por dos láminas de sustancia gris que están en estrecha conexión: el cornu Ammonis, cuerno de Amón (o hipocampo propiamente dicho) y el giro dentado, que es funcionalmente parte del hipocampo. La sustancia blanca subcortical del hipocampo se encuentra en lo que se denomina el alveus, en la cara superior del hipocampo (Fig.10) <sup>19</sup>. El alveus constituye por lo tanto la sustancia blanca subcortical del allocortex hipocampal. Posteriormente el alveus se transforma en unos haces de fibra que constituyen la fimbria, que como se ha comentado anteriormente es parte del fórnix; la cruz del fórnix es por lo tanto la radiación subcortical del allocortex hipocampal <sup>15</sup>.

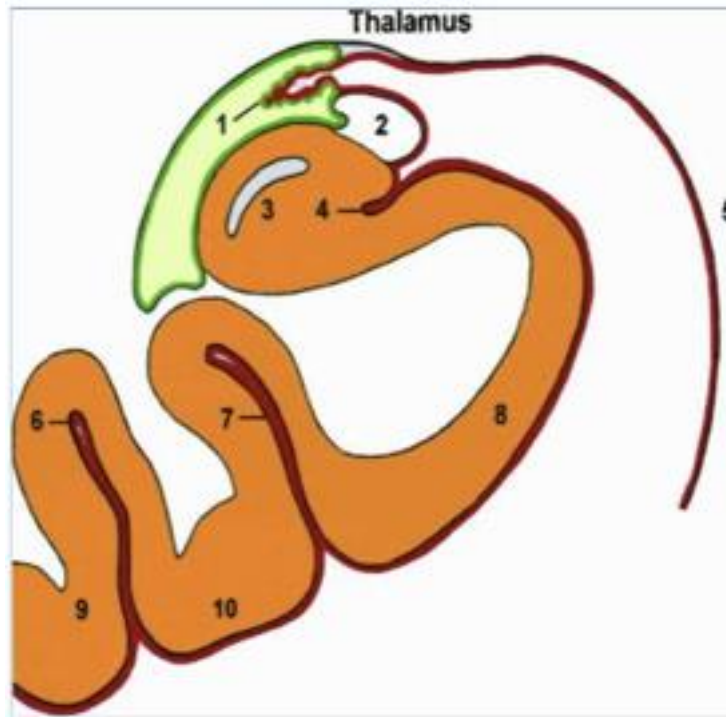
El cuerno de Amón desde un punto de vista citoarquitectónico está dividido en cuatro áreas, o “sectores de Sommer”: CA1, CA2, CA3, CA4. Posteriormente, continúa en sentido inferomedial en el giro parahipocampal. El punto de continuidad entre el giro parahipocampal y el cuerno de Amón que corresponde al margen superior y medial del

giro parahipocampal, toma el nombre de *Subiculum* (Fig.11).

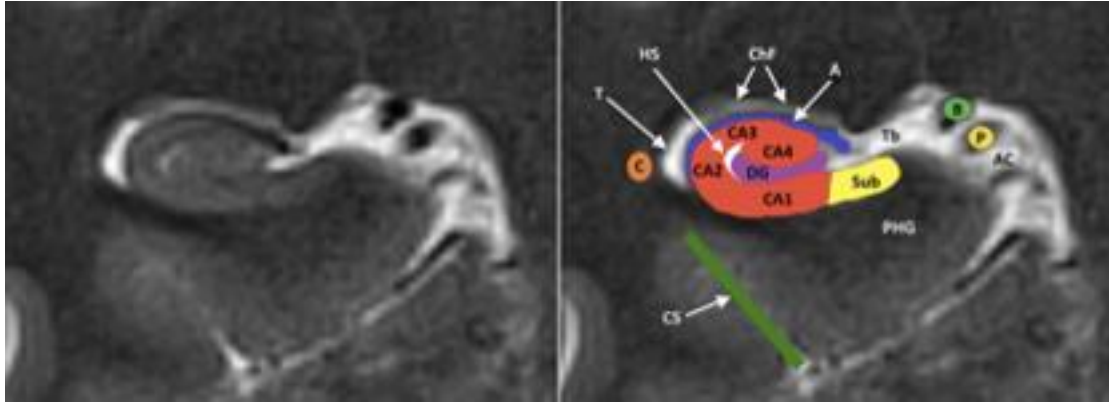
La amígdala, junto con el hipocampo, constituye la región crucial del sistema límbico. Se sabe relativamente poco respecto a la citoarquitectura y a la funcionalidad de esta estructura. Actualmente, se acepta la teoría de que la amígdala sea un conjunto de núcleos (*amygdala complex*) que se puede dividir en dos partes: una amígdala temporal (o principal), ubicada en el lóbulo temporal (y objeto de la AHS), y una amígdala “extendida” o extratemporal, que está ubicada en la profundidad del suelo primordial del ventrículo lateral y constituye parte de lo que se denomina el estriado ventral. La amígdala extratemporal no es objeto de estudio en este trabajo.

La amígdala temporal contiene varios grupos nucleares de sustancia gris, que suelen ser clasificados en tres grupos: basolateral, corticomediale y central. El giro semilunaris, que corresponde al giro más anterior del segmento anterior del uncus, pertenece anatómicamente al núcleo corticomediale de la amígdala <sup>15</sup>.

Desde el punto de vista anatómico-quirúrgico, es conveniente tener en consideración que la amígdala temporal está completamente confinada en el interior del uncus: superiormente, se continúa en el globo pálido sin clara demarcación; medialmente, está en relación con el segmento anterior del uncus. Inferiormente, la porción posterior de la amígdala temporal protruye en la porción más anterior del techo del cuerno temporal, y, frecuentemente, se fusiona con el punto más anterior y superior de la cabeza hipocampal.



**Fig.10:** Esquema de una sección coronal del cuerno temporal. En verde claro, se puede apreciar la luz del ventrículo en el cuerno temporal; el ventrículo está tapizado por el epéndimo (verde más oscuro). En rojo, la pia madre. El tronco encefálico (5) limita medialmente la cisterna ambiens. El plexo coroideo (1), tapizado por epéndimo y pia madre, asoma a la pared medial del cuerno temporal. Justo inferior al plexo, se aprecia una sección de la fimbria (2). La taenia fimbriae es la lámina de epéndimo que separa el plexo de la fimbria; de la misma manera la taenia choroidea se halla entre el plexo y la superficie inferior del tálamo. El hipocampo (3) produce una protuberancia en el suelo medial del cuerno temporal y, hacia la cisterna, está escondido detrás del giro parahipocampal (8), del que le separa el surco hipocampal (entre el giro dentado, inferior a la fimbria, y el giro parahipocampal(4)). Lateralmente al giro parahipocampal, el surco colateral (7), el giro fusiforme (10), el surco occipitotemporal (6) y el giro temporal inferior o T3 (9). De *Wen HT et al: Microsurgical anatomy of the temporal lobe: Part 1: Mesial Temporal Lobe Anatomy and its vascular relationships as applied to Amygdalohippocampectomy* <sup>15</sup>.



**Fig.11:** Detalle de la anatomía hipocampal en un corte coronal de RM. Se pueden apreciar los cuatro sectores de Sommer del cuerno de Amón, con su característica estructura en espira, y el giro dentado (**GD**), que a diferencia del hipocampo, no asoma a la superficie ventricular. El punto de transición entre cuerno de Amón y giro parahipocampal (**PHG**) es el subículo (**Sub**). Un pequeño quiste hipocampal pone en evidencia la ubicación del surco hipocampal (**HS**), que separa el giro dentado del hipocampo. Entre el hipocampo y el epéndimo ventricular, se halla la sustancia blanca del alveus (**A**). **AC**, cisterna ambiens; **P**, arteria cerebral posterior; **B**, vena basal de Rosenthal; **Tb**, fisura transversa de Bichat; **ChF**, fisura coroidea; **T**, cuerno temporal; **C**, cola del núcleo caudado; **CS**, surco colateral. De *Dekeyzer S, et al: "Unforgettable"-a pictorial essay on anatomy and pathology of the hippocampus. Insights Imaging 2017* <sup>24</sup>.

## xii. Anatomía del cuerno temporal del ventrículo lateral

La anatomía endoscópica de la región temporal medial será tratada específicamente más adelante en este trabajo; sin embargo es preciso un corto repaso anatómico de la anatomía ventricular, y, específicamente de la del cuerno temporal <sup>25</sup>, para entender los fundamentos de la hipótesis de trabajo.

Los ventrículos laterales “abrazan” el tálamo y cada una de las 5 porciones del ventrículo lateral (cuerpo, atrio, cuerno frontal, cuerno occipital y cuerno temporal) tiene relación anatómica con él. De esta manera, si el cuerpo y el cuerno frontal se encuentran superiores y laterales al tálamo, y el atrio y el cuerno occipital posteriores, el cuerno temporal será ubicado inferolateralmente al tálamo, que constituye el techo del cuerno



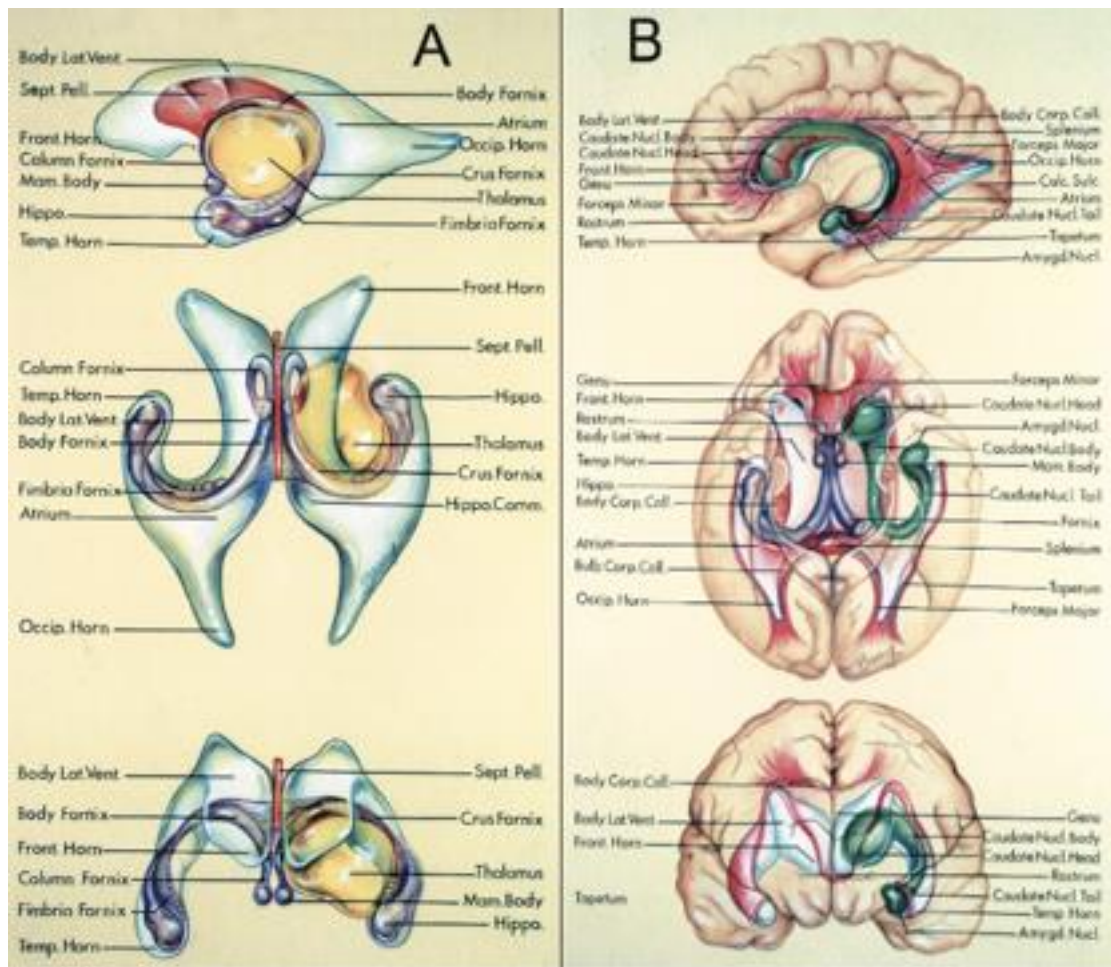
temporal. Dicho de otra manera, el cuerno temporal del ventrículo lateral origina en el atrio ventricular y se extiende hacia delante, inferiormente al núcleo talámico del Pulvinar, en el interior de la porción medial del LT, acabando anteriormente justo posteriormente a la amígdala, que representa el límite anterosuperior del cuerno temporal. El suelo del cuerno temporal está formado medialmente por la formación hipocampal y lateralmente por la eminencia colateral, la prominencia constituida por el pliegue interno del surco colateral, es decir, el surco que separa el giro parahipocampal y el occipitotemporal. El techo del cuerno temporal está constituido medialmente por la superficie inferior del tálamo y la cola del núcleo caudato, separados entre ellos por el surco estriotalámico, y lateralmente por el tapetum ("alfombra" en latín) del cuerpo calloso, estructura que además se continúa inferolateralmente, formando la pared lateral del cuerno temporal. El tapetum tiene también la función de separar el cuerno temporal de la radiación óptica, que cursa externamente al tapetum.

El fórnix y el cuerpo calloso son estructuras fundamentales para la comprensión de la anatomía ventricular: el fórnix es una estructura bilateral y simétrica que origina en la formación hipocampal y se extiende posteriormente, dibujando una "C" que abraza el tálamo y ocupa la porción inferior de la pared medial del cuerno temporal (separada, como dicho, por la fisura coroidea del tálamo infero-lateral), siendo lateral e inferior al tálamo en el cuerno temporal (fimbria del fórnix), posterior al mismo en el atrio y pasándole por encima y medial en el suelo del cuerpo del ventrículo (cuerpo del fórnix) (Fig.12). Después, continúa con las columnas del fórnix, que pasan por el foramen de Monro e inferiormente a los cuerpos mamilares y termina en los crura fornix (del latín "crura", piernas) que se encuentran en el techo del tercer ventrículo y entran en conexión mediante la comisura hipocampal.

El cuerpo calloso toma relación con el ventrículo en todas sus porciones: el rostrum ("pico" en latín) se encuentra en el suelo del cuerno frontal, la rodilla constituye la pared anterior y el techo del cuerno frontal y el cuerpo forma el techo del cuerpo del ventrículo lateral. Además, todas las regiones del cuerpo calloso dan origen a haces de fibra blanca que también son importantes puntos de referencia de la anatomía ventricular. De esta manera, el esplenio genera el forceps mayor, un haz de fibras que produce una eminencia

en la pared medial del atrio-cuerno occipital que se denomina “bulbo” del cuerpo calloso; la rodilla genera otro haz, que se denomina forceps minor. Sin embargo, lo más relevante con respecto al abordaje quirúrgico objeto de estudio, es otro haz de fibras llamado tapetum: el tapetum nace desde el cuerpo y el esplenio del cuerpo calloso y constituye la pared lateral del atrio y del cuerno temporal, separándoles, como dicho anteriormente, de la radiación óptica.

Otra importante referencia anatómica es el núcleo caudato. La cabeza y el cuerpo del núcleo caudato forman la pared lateral del cuerno frontal y del cuerpo del ventrículo lateral; después la cola del núcleo caudato hace, por decirlo de una manera gráfica, una “C” inversa respecto al fórnix, extendiéndose de arriba hacia abajo en sentido latero-medial, de tal manera que se encontrará en la pared lateral del atrio, pero en la cara medial del techo del cuerno temporal, hasta terminar en la amígdala, en el límite antero-medial del cuerno temporal.



**Fig.12:** Anatomía de los ventrículos laterales y estructuras relacionadas. De *Rhoton AL Jr: The lateral and third ventricles. Neurosurgery 2002* <sup>25</sup>.

## II. AMÍGDALO-HIPOCAMPECTOMÍA SELECTIVA

### a. Indicaciones

La epilepsia es una de las enfermedades neurológicas crónicas más frecuentes, llegando a afectar aproximadamente al 1% de la población mundial <sup>6</sup>. Alrededor de un tercio de los pacientes epilépticos desarrolla una epilepsia refractaria al tratamiento médico <sup>7</sup>, y de ellos, la gran mayoría padece ELT, siendo más raras las epilepsias de origen extratemporal. La existencia de una gran cantidad de pacientes con ELT que no podían ser tratados mediante terapia farmacológica impulsó el desarrollo de un célebre ensayo clínico sobre la efectividad de la cirugía en la epilepsia temporal, publicado en 2001 <sup>9</sup>, con una sucesiva actualización en 2012 <sup>10</sup>. Estos trabajos aportaron una fundamental contribución a la consolidación de las técnicas quirúrgicas de resección en la epilepsia temporal como tratamiento eficaz y seguro: ello estimuló ulteriormente la investigación en el campo de la cirugía de la epilepsia.

La LTA es la técnica más antigua, validada y aplicada para el tratamiento de la ELT resistente al tratamiento farmacológico, y fue realizada por primera vez por Sir Victor Horsley en 1886 <sup>26</sup>.

Los resultados de la LTA son satisfactorios y por ello representa la técnica más usada para el tratamiento de la ELT, alcanzando un índice de curación (paciente sin crisis y sin medicación) de alrededor del 70% <sup>9</sup>. Sin embargo, la gran variedad de estudios reportados y, por lo tanto, la amplia casuística <sup>9 10 11 27</sup> de la que se dispone ha permitido también documentar los riesgos y las posibles secuelas de esta técnica, que está asociada a lesiones sobre la radiación óptica y, sobre todo en el hemisferio dominante, sobre las áreas del lenguaje localizadas en la punta y la base del lóbulo temporal. De ello deriva un amplio abanico de secuelas posibles en estos pacientes: limitaciones del campo visual, trastornos del lenguaje, afectación de la memoria; todo ello puede producir una reducción en la mejoría de la calidad de vida pese a un control satisfactorio de las crisis. En un estudio sobre calidad de vida publicado en 2013 por Iachinski et al. <sup>28</sup>, se concluye que los pacientes con LTA realizada en hemisferio dominante y con técnicas que conllevaran

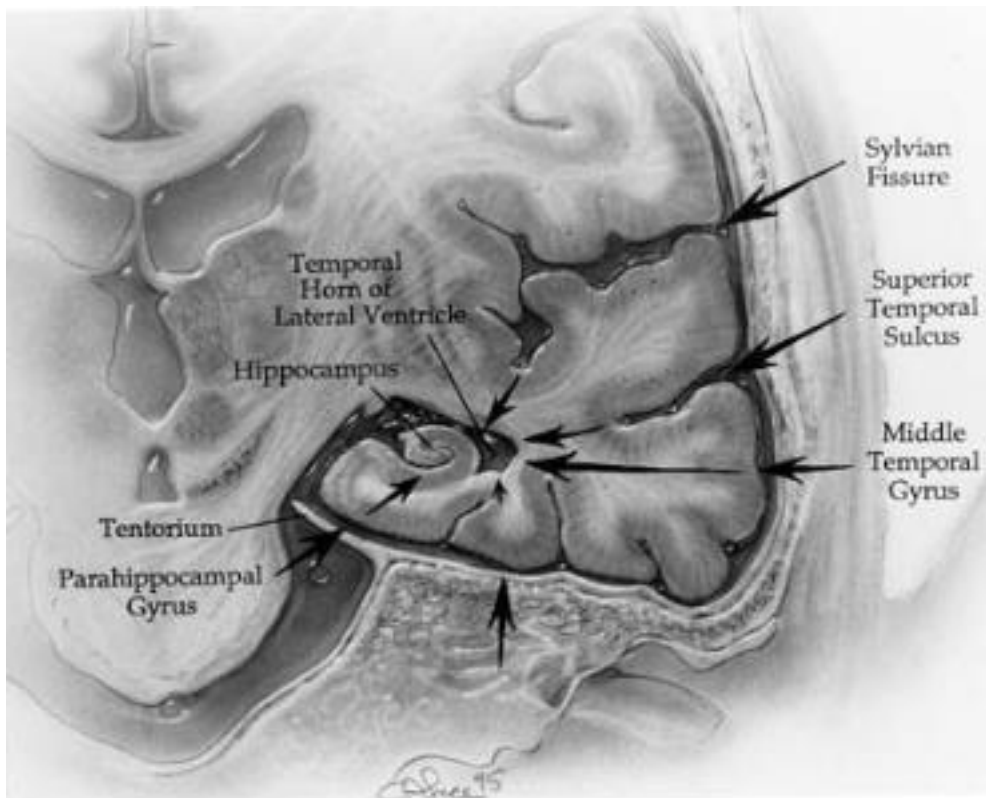
mayor resección de parénquima temporal (LTA vs amígdalo-hipocampectomía selectiva) presentaban en el largo plazo menor calidad de vida y menor satisfacción con la intervención, independientemente de la tasa de control de las crisis.

La AHS nace en el intento de minimizar las posibles secuelas de la LTA, dado que cuando el foco epileptógeno origina exclusivamente desde la región más medial del lóbulo temporal, la corteza temporal lateral podría ser preservada por no presentar patología.

## **b. Vías de abordaje**

La AHS fue inicialmente descrita en el 1958 por Niemeyer, que realizó un abordaje transcortical a través del giro temporal medio (T2), abriendo la pared lateral del ventrículo lateral<sup>29</sup> y sucesivamente extirpando amígdala temporal e hipocampo anterior a través de la pared medial del ventrículo. Sucesivamente el mismo grupo de trabajo<sup>30</sup> actualizó la técnica introduciendo en ella la aportación técnica de la microcirugía. En 1982, Wieser y Yasargil describen una elegante variante transilviana de AHS<sup>31 32</sup>. A partir de la aplicación clínica de esta técnica, que llegó fundamentalmente gracias a la experiencia de Yasargil y compañeros, ha sido descrita una gran variedad de abordajes quirúrgicos alternativos: a través del surco temporal superior<sup>33</sup>, mediante abordaje subtemporal<sup>34 35</sup>, a través de una vía trans-zigomática<sup>36</sup>, después de una polectomía temporal<sup>37</sup>. El grupo del Prof. Ugur Türe<sup>38</sup> describe un abordaje supracerebeloso-transtentorial paramediano a la región mediobasal temporal, y lo aplica a la patología tumoral (no hay casos reportados de AHS con esta técnica, que sin embargo parece muy prometedora). Chen et Al.<sup>39 40</sup> reportan una original técnica de AHS mediante abordaje endoscópico por vía transorbitaria. Bahuleyan y colegas<sup>41</sup>, finalmente, describen en cadáver un abordaje intraventricular puramente endoscópico a la región amigdalal.

En la figura 1 quedan resumidos los principales abordajes descritos en la literatura para la realización de una AHS; en la tabla 1 un resumen histórico de los abordajes propuestos.



**Fig.1:** Principales abordajes al complejo amígdala-hipocampo: vía transilviana, giro temporal superior o inferior, vía subtemporal transparahipocampal o trans surco occipitotemporal.

| <b>Abordaje</b>                                | <b>Autor</b>                   | <b>Año</b> |
|--|--------------------------------|------------|
| Transcortical trans-T2                         | Niemeyer <sup>29</sup>         | 1958       |
| Transilviano                                   | Wieser-Yasargil <sup>31</sup>  | 1982       |
| Transtemporal con lobectomía temporal anterior | Spencer et al. <sup>37</sup>   | 1984       |
| Transcigomático                                | Shimizu et al. <sup>36</sup>   | 1989       |
| Trans- surco temporal superior                 | Olivier <sup>33</sup>          | 1992       |
| Subtemporal trans-surco occipitotemporal       | Hori et al. <sup>34</sup>      | 1993       |
| Subtemporal transparahipocampal                | Park et al. <sup>35</sup>      | 1996       |
| Puramente endoscópico intraventricular         | Bahuleyan et al. <sup>41</sup> | 2013       |
| Endoscópico transorbitario                     | Chen et al. <sup>39</sup>      | 2014       |

**Tabla 1:** Resumen histórico de abordajes para la AHS.

#### i. AHS vía transcortical (trans-T2)

Niemeyer y Bello <sup>30</sup> fueron los primeros en idear una técnica de AHS para casos de epilepsia puramente temporales mesiales. Este abordaje, con los avances aportados por la tecnología actual (neuronavegación, microscopio, registro electrocorticográfico intraoperatorio) es ampliamente utilizado en la mayoría de las unidades de cirugía de la epilepsia.

El paciente es posicionado en supino-lateral, la cabeza fija en un cabezal de Mayfield, elevada 30° por encima de la caja torácica y rotada hacia el lado contralateral de manera que su eje anteroposterior (línea nasion-inion) esté paralela al suelo. Tras realizar un colgajo cutáneo fronto-temporal, se practica una craneotomía de la escama temporal.

Se realiza una corticotomía en el giro temporal medio (T2) y, mediante aspiración de la sustancia blanca subcortical, se gana así el acceso al cuerno temporal, abriendo su pared lateral. Una vez dentro del ventrículo, se realiza una resección subpial de la amígdala temporal y de los dos tercios anteriores del hipocampo, intentando preservar la pía madre del lóbulo temporal medial, que protegerá las estructuras vasculares y nerviosas de las cisternas ambiens y cruri.

#### ii. AHS vía transilviana proximal

En esta elegante pero muy exigente técnica fue descrita por Wieser y Yasargil <sup>31</sup>, e implementada por el mismo Yasargil en 2010 <sup>32</sup>.

El paciente es posicionado en supino, la cabeza fija en un cabezal de Mayfield, elevada 30° por encima de la caja torácica y rotada 30° hacia el lado contralateral. Tras realizar un colgajo cutáneo fronto-parieto-temporal, se realiza una craneotomía pterional (Fig.2A). En fase de craneotomía es extremadamente importante extender la craneotomía anteriormente hacia el origen del proceso fronto-zigomático y realizar un fresado extenso del ala mayor esfenoidal.

Tras abrir la dura madre, se procede a disecar la fisura de Silvio proximal, identificando las estructuras de la cisterna carotídea. Tras evacuar una cantidad suficiente de LCR desde las cisternas de la base, es necesario identificar el segmento M1 de la arteria cerebral media y sus ramas, la carótida interna, la comunicante posterior la arteria coroidea anterior con sus ramas estrio-capsulares, el segmento A1 de la cerebral anterior y el tercer par craneal. Sucesivamente se realiza una incisión de 15-20 mm en la porción medio-basal del giro temporal superior, a nivel del limen insulae, lateralmente al

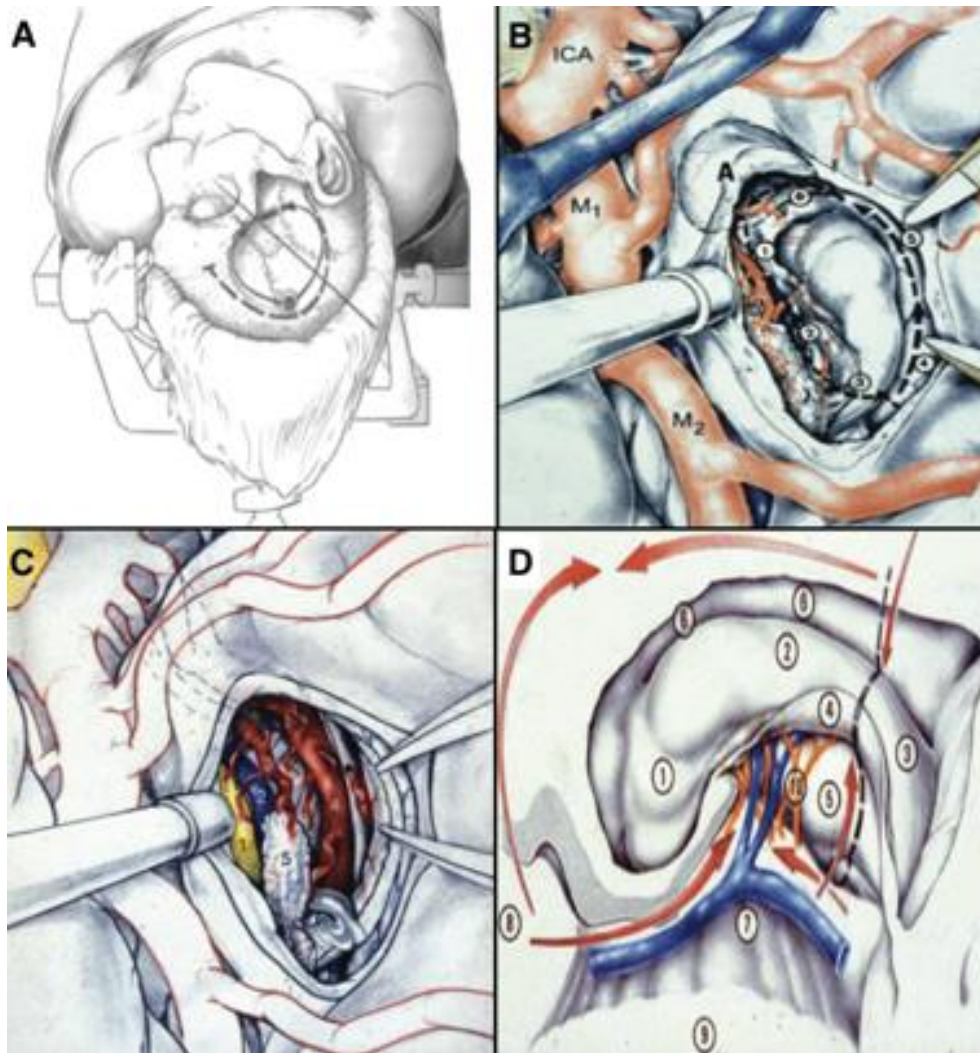


segmento M1 de la cerebral media, entre sus dos ramas temporal polar y temporal anterior (Fig.2B). Esta corticotomía corresponde a la porción de corteza piriforme que recubre la amígdala. Tras la corticotomía suele apreciarse una estructura blanda, nodular, de color grisáceo, que corresponde a la parte superior de la amígdala; se inicia así la amigdalectomía, con técnica de resección subpial. Esta fase incluye la resección de la totalidad de la “amígdala temporal”, con los núcleos lateral, anterior, basal y cortical. Como en las demás técnicas de AHS, la porción de amígdala medial al tracto óptico, así como la región amigdaló-estriatal, son preservadas. Al final de este procedimiento será posible apreciar, a través de la pía uncal y de la aracnoides cisternal, el contenido de las cisternas cruri y ambiens, con el pedúnculo cerebral, el tercer par craneal, el tracto óptico, el segmento P2 de la cerebral posterior y también la arteria coroidea anterior y la vena basal en su inicio. La corticotomía y la resección de la amígdala también sirven para abrir la punta del cuerno temporal: tras entrar en el ventrículo, será posible identificar la formación hipocámpal, el plexo coroideo y sus vasos y la fisura coroidea. A este punto, ya con visión directa sobre el punto coroideo, y evitando dañar la arteria coroidea anterior, es cuando es preciso desplazar medialmente el plexo coroideo y abrir la fisura coroidea, que, como se ha descrito anteriormente, se ubica entre el plexo y la fimbria. A través de la fisura coroidea será posible apreciar mejor las ramas de la arteria coroidea anterior: suele haber una rama parahipocámpal, que debe ser identificada, coagulada y cortada. Las ramas con dirección medial deben ser preservadas, porque se dirigen al tracto óptico, al cuerpo geniculado lateral y al brazo posterior de la cápsula interna. Una vez abierta la fisura coroidea se procede a la resección de la cabeza y el cuerpo del hipocampo y del giro parahipocámpal (unos 3 cm en total, habitualmente) (Fig.2C). El límite posterior de la resección hipocámpal es la bifurcación del segmento P2, en el límite posterior del pedúnculo cerebral. La eminencia colateral marca el límite intraventricular de la resección, ya que marca la diferencia entre el giro parahipocámpal y el giro fusiforme. En la técnica tradicional se describe la AHS en bloque; recientemente el mismo grupo de trabajo ha recomendado la utilización del aspirador ultrasónico para la fase hipocámpal, para minimizar los riesgos <sup>32</sup>. El tercio posterior del hipocampo no se extirpa, ya que normalmente no está implicado en la patogénesis de la ELT; su resección, además, puede acarrear problemas en la memoria a corto plazo. Otra razón es que el hipocampo posterior

está en estrecha relación con las ramas mediales de la arteria coroidea anterior y es mucho más probable dañarlas en ese punto, con consecuente daño sobre el cuerpo geniculado lateral y la vía visual.

Como recordado en el capítulo I, el riego arterial de los dos tercios posteriores del hipocampo depende fundamentalmente de ramas de P2 (bien como rama única, bien generando varias arterias hipocampales) y, en menor medida, de ramas de M2; estas ramas deben ser identificadas, coaguladas y seccionadas a su paso por el surco hipocampal (entre giro dentado y giro parahipocampal). En teoría sería recomendable respetar hasta el final de la resección la vena de drenaje hipocampal, que drena hacia la vena basilar (Fig.2D).

Este abordaje es sin duda el mejor descrito desde el punto de vista anatómico, quizás el más elegante y el más innovador (ya que permite alcanzar la región temporal mesial desde la cara medial y no a través del lóbulo temporal lateral); sin embargo, requiere una extrema habilidad microquirúrgica. Además, el riesgo de dañar ramas elocuentes de la arteria coroidea anterior es alto, tanto por lesión directa como por vasoespasmos por la manipulación (Yasargil describe la aplicación tópica de papaverina para minimizar el riesgo). Por último, el control sobre la parte posterior de la resección (tercio medio-posterior del hipocampo) es escaso, y es posible que la resección no sea bastante completa y que se dañe el tracto óptico o el ganglio geniculado lateral, estructuras de gran importancia en la vía óptica.



**Fig.2:** AHS transilviana. **A)** posicionamiento del paciente, incisión cutánea (línea punteada) y craneotomía pterional (línea continua); **B)** exploración quirúrgica de la región temporal medial derecha. Se puede apreciar la incisión (línea punteada con flecha) de córtex piriforme superficial a la Am, entre las arterias temporopolar y temporal anterior (**M2**): anteriormente, la Am temporal (**A**); **C)** campo quirúrgico después de la resección de la Am y de los dos tercios anteriores del Hip y del Gph. **1**, tracto óptico, **2**, vena basilar, **3**, AchA, **4**, P2, **5**, plexo coroideo; **D)** anatomía quirúrgica del Hip y del parahipocampo derechos. **1**, cabeza del Hip. **2**, cuerpo del Hip. **3**, cola del Hip. **4**, fimbria. **5**, subiculum (perteneciente al Gph). **6**, eminencia colateral. **7**, venas hipocampales y parahipocampales drenando a la vena basilar. **8**, junto con las líneas rojas, indicando las líneas de la disección quirúrgica. **9**, pedúnculo cerebral (crus cerebri). **10**, arterias hipocampales en el surco hipocampal. Adaptado de *Yasargil MG, Krayenbühl N, Roth P, Hsu SP, Yasargil DC. The selective amygdalohippocampectomy for intractable limbic seizures. J Neurosurg. 2010 Jan; 112(1):168-85*<sup>32</sup>.

### iii. AHS vía surco temporal superior

Esta técnica, descrita por Olivier <sup>33</sup> en 1992 es una variante del abordaje transtemporal descrito por Niemeyer y Bello <sup>30</sup>; la diferencia es que, en el intento de minimizar la resección de sustancia blanca temporal, no se realiza una corticotomía sino que se accede al cuerno temporal abriendo la porción inferior del surco temporal superior.

### iv. AHS vía subtemporal trans surco occipitotemporal

Se trata de otra variante de la vía transtemporal, ya que el concepto a la base es el mismo: alcanzar la región temporo-mesial desde la cara lateral del LT; en este caso, sin embargo, para evitar dañar el córtex temporal lateral, los autores proponen aprovechar el espacio subtemporal.

Este abordaje fue publicado en 1993 por un grupo japonés <sup>34</sup>, como modificación y aplicación a la AHS del abordaje clásico subtemporal. El paciente yace en posición supino-lateral, con la cabeza girada a unos 75 grados y el vértex levemente rotado hacia abajo. Normalmente se realiza un colgajo cutáneo "en U" alrededor de la oreja y una craneotomía temporal centrada en el suelo de la fosa media. Para minimizar la retracción del LT, en este caso, es fundamental que el microscopio entre caudal al LT del paciente y que la cabeza esté girada hacia el suelo (para aprovechar las ventajas de la fuerza de gravedad). Para minimizar los riesgos de dañar la vena anastomótica inferior (vena de Labbé, en el hemisferio dominante) se recomienda preservar, dentro de lo posible, todas las venas puente del LT. El microscopio ha de estar orientado en un plano paralelo a la base temporal. Sin duda este abordaje requiere una extensa manipulación del LT. Es preciso en muchas ocasiones seccionar el tentorio para mejorar el ángulo visual; esto puede acarrear morbilidad sobre todo por lesión del IV par craneal. Una vez abiertas las cisternas e identificado su contenido, normalmente se procede a abrir el surco occipitotemporal (que separa el giro fusiforme de T3) para ganar acceso al cuerno temporal del ventrículo lateral; en muchas ocasiones, es preciso también una resección de parte del giro fusiforme para mejorar la visualización del interior del cuerno temporal. Una vez dentro del cuerno temporal, se procede a la AHS como en las demás técnicas

precedentemente descritas. Esta técnica ha sido utilizada en un número limitado de pacientes (25, de los que solo 4 eran AHS), y además de las descritas, presenta la importante limitación que precisa una amplia resección del giro fusiforme, estructura que ha sido relacionada con funciones del lenguaje <sup>42 43 44 45</sup>.

#### v. AHS vía subtemporal transparahipocampal

Park y colegas <sup>35</sup> describen una AHS subtemporal transparahipocampal: en este caso, tras realizar una craneotomía para un abordaje subtemporal, se realiza una pequeña corticotomía en el uncus (que es parte de la porción anterior del giro parahipocampal), alrededor de 1 cm detrás al punto en el que se observa el tercer par craneal cruzando el tentorio, dirigiéndose al seno cavernoso. Tras ganar acceso al cuerno temporal, se procede a la AHS.

#### vi. AHS vía trans-cigomática

Shimizu y colegas <sup>36</sup> utilizaron el abordaje zigomático para la LTA y la AHS, preservando el pedúnculo temporal y T1 y T2; sin embargo en este abordaje es preciso realizar una resección amplia de T3 y de la punta del lóbulo temporal para acceder al complejo amígdalo-hipocampal.

#### vii. AHS según Spencer

El grupo de Spencer <sup>37</sup> es el que describió la técnica clásica de LTA. En esta variante de su abordaje clásico se realiza una resección de la región más anterior y lateral del LT para acceder al ventrículo y realizar la AHS. Tras la resección de unos 4.5cm de la región anterolateral del lóbulo temporal, ganando así acceso a la punta del cuerno temporal del ventrículo, se realiza una incisión a lo largo del suelo del cuerno temporal en sentido posterolateral hasta llegar a intuir el atrio ventricular. Tras elevar y retraer el córtex temporal lateral restante, se visualiza así el hipocampo en su casi totalidad, pudiendo

realizar una resección en bloque hasta la cola del hipocampo, preservando las áreas asociativas del córtex temporal lateral. La gran limitación de este abordaje, es el sacrificio del polo temporal; también hay que remarcar que la retracción prolongada del temporal podría acarrear daños funcionales en áreas que no se extirpan.

#### viii. AHS endoscópica por vía transorbitaria

Este original abordaje fue descrito en el año 2014 en un trabajo sobre cadáver por el grupo de la UPMC de Pittsburgh <sup>39</sup> <sup>40</sup>. Esta técnica está pensada para reducir el sacrificio de áreas elocuentes del LT y para aportar las ventajas de la visualización endoscópica con distancias de trabajo relativamente cortas. Es una técnica guiada por el endoscopio, por lo que los instrumentos quirúrgicos se hallan fuera del canal de trabajo del endoscopio.

Se realiza una incisión de unos 2 cm lateral al canto lateral de la órbita, tras lo cual se disecciona la pared lateral-inferior de la órbita identificando la fisura orbitaria inferior y a continuación la fisura orbitaria superior. Se realiza una craneotomía fresando una zona lateral a la fisura orbitaria superior y superior a la fisura orbitaria inferior. Tras abrir la dura madre se identifican el polo temporal y la fisura de Silvio. Se realiza una pequeña corticectomía (1.5 cm) en el polo temporal y se inicia así la resección de la amígdala. Tras entrar en el ventrículo lateral se lleva a cabo la resección hipocampal en sentido anteroposterior.

#### ix. AHS puramente endoscópica intraventricular

Este abordaje, descrito en cadáver por Bahuleyan y colegas <sup>40</sup> se basa en una técnica neuroendoscópica intraventricular en la que se accede posteriormente al ventrículo lateral a través del lóbulo occipital. El concepto a la base es similar al del abordaje a estudio: sin embargo, como se verá más adelante está limitado por un abordaje puramente endoscópico, que obliga al cirujano a trabajar por un solo canal y en el mismo eje del endoscopio (como si estuviera realizando una ventriculostomía premamilar, por ejemplo),

lo que reduce mucho las posibilidades de trabajo y disección, de control vascular y hemostasia y en nuestra opinión aumenta sensiblemente las posibilidades de dañar estructuras sensibles sobre todo a nivel cisternal (arteria cerebral posterior, tercer par craneal). En el trabajo en cuestión la descripción anatómica parece confusa en incoherente, ya que inicialmente los Autores describen una craneotomía frontal precoronal, y un abordaje a través del foramen de Monro, cuando las imágenes del estudio cadavérico son claramente las de un abordaje dirigido al asta occipital del ventrículo lateral.

### **c. Resultados de la AHS en la literatura**

Los ensayos clínicos sobre la efectividad de la cirugía en la epilepsia temporal publicados en 2001<sup>9</sup> y en 2012<sup>10</sup> establecen, con un alto nivel de evidencia, que la cirugía es el tratamiento de elección en la ELT refractaria al tratamiento médico y ofrece mejores resultados que el tratamiento médico exclusivo con más de dos fármacos antiepilépticos.

El ensayo clínico de mayor impacto<sup>9</sup> y el más utilizado para defender la cirugía en la ELT, es un ensayo prospectivo, doble ciego y randomizado: se eligieron 80 pacientes con ELT refractaria a dos medicamentos y se dividieron en dos ramas: 40 para tratamiento quirúrgico y 40 con medicación antiepiléptica. En el seguimiento al año la tasa de control de crisis en el grupo quirúrgico fue de 58% versus 8% en el grupo médico. Los pacientes completamente libres de crisis (clase Ia en la clasificación de Engel -tabla 2-<sup>46 47</sup>) fueron el 38% en el grupo quirúrgico y tan solo el 3% en el grupo con tratamiento farmacológico. En este trabajo no se distingue claramente entre LTA y AHS en los pacientes del grupo quirúrgico, pero solo uno de ellos recibe una AHS y en los demás casos se realiza una LTA.

Jobst y colegas<sup>27</sup> realizan un metanálisis sobre resultados en la cirugía de la epilepsia, subrayando los mejores resultados de la cirugía de la ELT respecto a la extratemporal, la baja mortalidad de los procedimientos quirúrgicos (0,1-0,5%) y la mejoría global en términos de calidad de vida. Según este estudio, la complicación más frecuentemente descrita es el déficit de campos visuales. En cuanto a las diferencias entre

LTA y AHS, el trabajo no encuentra datos que indiquen diferencias claras en tasa de control de crisis ni en complicaciones, pero apunta hacia unas no mejor especificadas "sutiles diferencias en control de crisis y resultados cognitivos" en el grupo tratado mediante AHS.

En un metanálisis publicado en 2014 <sup>48</sup>, se comparan AHS y LTA, identificando 6 ensayos clínicos randomizados aptos para el estudio. Los resultados obtenidos tampoco evidencian diferencias estadísticamente significativas entre las dos técnicas en cuanto a la tasa de control de crisis al año de la cirugía y en cuanto a la pérdida (o ganancia) de memoria verbal. En estudios precedentes se compara el resultado a nivel cognitivo entre AHS y LTA, con resultados que en algunos casos apuntan a mejor resultado cognitivo en los pacientes que recibieron AHS <sup>43 44</sup> y en otros no evidencian diferencias relevantes entre las dos técnicas <sup>45</sup>. Clusmann et Al.<sup>49</sup> describen que técnicas de "resecciones temporales limitadas" cuales la AHS presentan, respecto a la LTA tradicional, mejores resultados en varias funciones cognitivas cuales nivel de atención, memoria verbal y *performance* neuropsicológica global. Estos resultados están respaldados por estudios similares <sup>42 50</sup>.

El grupo de Little Rock presenta en 2010 <sup>32</sup> su serie de 73 pacientes con AHS vía transilviana proximal, concluyendo que se trata de una técnica demandante pero efectiva, que en manos experimentadas presenta una tasa de control total de crisis de alrededor del 70%. En este trabajo se realizan estudios postoperatorios mediante tractografía por DTI (Diffusion Tensor Imaging), que evidencian una preservación anatómica del loop anterior de la radicación óptica, la comisura anterior, el fascículo frontoorbitario anterior, las fibras temporo-pontinas, el pedúnculo talámico inferior y la conexión neopallial del fascículo uncinado. A nivel cognitivo se ponen de manifiesto mejoría en varias funciones neuropsicológicas cuales dificultades de lenguaje, alteraciones afectivas, memoria verbal. La AHS transilviana es objeto también de una serie de 158 casos recientemente publicada <sup>48</sup>, en la que el 78.4% de los pacientes se encuentra en clase I de Engel con un *follow up* medio de 9.7 años.



Un estudio prospectivo randomizado sobre 80 pacientes compara los resultados de AHS transilviana proximal y transcortical trans-T2 <sup>51</sup>, concluyendo que la tasa de control de crisis (Engel 1 75%) es idéntica entre los dos abordajes. También el resultado sobre las funciones cognitivas es el mismo entre las dos técnicas, con la excepción de la fluencia fonémica, que presenta una mejoría significativa tras el abordaje transcortical pero no tras la AHS transilviana, resultado que los Autores relacionan con la manipulación de la corteza frontal necesaria en la vía transilviana.

En resumen se puede afirmar que hay suficiente evidencia para afirmar que en casos seleccionados, con foco epileptógeno puramente temporal mesial, la AHS presenta resultados comparables con la LTA en términos de disminución del número de crisis, ofreciendo probablemente una tasa menor de secuelas funcionales y una mejor calidad de vida con respecto a la LTA, sobre todo en el paciente adulto, en el que la plasticidad neuronal es más limitada y las áreas temporales basales responsables del lenguaje son más elocuentes que en el niño <sup>52</sup>.

| Grado | Características  |
|-------|--|
| IA    | Libre de convulsiones desde la cirugía   |
| IB    | Crisis parciales no incapacitantes desde la cirugía  |
| IC    | Algunas convulsiones incapacitantes después de la cirugía pero libre de convulsiones por al menos 2 años                 |
| ID    | Convulsiones generalizadas con antiepiléptico que se puede discontinuar  |
| IIA   | Inicialmente libre de convulsiones, pero tiene ahora convulsiones escasas  |
| IIB   | Convulsiones incapacitantes escasas desde la cirugía   |
| IIC   | Convulsiones incapacitantes más que escasas, después de la cirugía, pero escasas por los pasados 2 años                  |
| IID   | Convulsiones nocturnas   |
| IIIA  | Reducción de convulsiones en el desempeño general  |
| IIIB  | Periodos prolongados libres de convulsiones en cantidad mayor a la mitad del periodo de seguimiento, y no mayor a 2 años |
| IVA   | Significante mejoría de las convulsiones desde la cirugía  |
| IVB   | Sin cambios apreciables  |
| IVC   | Empeoramiento de las convulsiones desde la cirugía   |

**Tabla 2:** Clasificación de Engel de los resultados de cirugía de la epilepsia <sup>46</sup>.

### III. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

En el campo de la cirugía de la epilepsia la endoscopia ha sido históricamente poco utilizada, limitándose su aplicación fundamentalmente a cirugía de desconexión con finalidad paliativa, como en el caso de la hemisferotomía asistida por endoscopio <sup>3</sup>.

La aportación reciente más consistente al argumento se debe al grupo de la UPMC de Pittsburgh que, dada la considerable experiencia en el campo de los abordajes endoscópicos endonasales extendidos a la base de cráneo, ha llevado a cabo el diseño en cadáver de una AHS asistida por endoscopio vía transorbitaria mediante orbitotomía lateral <sup>39</sup>. Sucesivamente ha sido publicada la experiencia clínica preliminar con este abordaje en 2 pacientes <sup>40</sup>.

Aún sin tener en cuenta la dificultad técnica de este abordaje, las dudosas ventajas estéticas (necesita una incisión palpebral para la realización de una orbitotomía lateral) y la necesidad de un drenaje ventricular externo peroperatorio, su limitación más grande, en nuestra opinión, sigue siendo la de todos los abordajes hasta ahora descritos a la amígdala: su naturaleza extraventricular, y por lo tanto la necesidad de una corticotomía en el polo temporal para acceder al ventrículo. En el abordaje objeto de esta tesis, sin embargo, la corticotomía se realizaría en una región parietal, mucho más posterior y alejada tanto de la muy elocuente corteza temporal (sobre todo en hemisferio dominante), como de la vía piramidal.

Este estudio tiene a la base cuatro ideas:

- I. La cirugía guiada por endoscopia debe aportar nuevas aplicaciones en el campo de la epilepsia
- II. El complejo amígdala-hipocampo es una estructura yuxtaventricular y por lo tanto el ventrículo es el camino ideal más directo para alcanzarlo
- III. La vía óptica ha de ser preservada y respetada dada su gran relevancia clínica y en la calidad de vida del paciente operado

IV. El abordaje a estudio tiene que permitir al cirujano moverse cómodamente dentro del ventrículo y realizar maniobras de disección, aspiración y resección bimanuales.

Basado en estas prioridades, se ha planteado un abordaje posterior a la punta del lóbulo temporal, ingresando al atrio ventricular y utilizando las referencias de la anatomía intraventricular para alcanzar la diana de la resección.

La posibilidad de alcanzar el hipocampo por vía intraventricular ha sido planteada<sup>41</sup>, pero, como se ha explicado anteriormente, no parece posible realizar de forma satisfactoria una AHS utilizando un solo instrumento en el canal de trabajo del endoscopio. Para realizar una AHS es necesario identificar, disecar estructuras, proteger vasos, preservar la pía madre. Resulta imprescindible, por lo tanto, en nuestra opinión, la utilización de ambas manos para el cirujano.

Este estudio pretende describir en el cadáver el abordaje nombrado “Amígdalo-hipocampectomía selectiva guiada por endoscopia intraventricular mediante abordaje al atrio ventricular”. Quizás el término "hipocampo-amigdalectomía selectiva" hubiese sido también acertado, remarcando la naturaleza posterior de la ruta a estudio; de hecho, la primera estructura identificada y extirpada es el hipocampo, dejando la amígdala para la parte final del procedimiento. Asimismo, el presente estudio tiene el objetivo de determinar los límites anatómicos y las posibilidades de aplicación del abordaje a estudio: en resumidas cuentas, su factibilidad en el paciente real.

#### IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

Este trabajo se basa en la **hipótesis fundamental** de que la región temporomesial y el complejo amígdalo-hipocampal pueden ser abordadas de forma endoscópica a través de los ventrículos laterales.

La **hipótesis operativa** considera que es posible, mediante la realización de un abordaje guiado por endoscopia a través del atrio ventricular, el abordaje a la región temporal medial y por lo tanto la realización de una amígdalo-hipocampectomía selectiva.

La **hipótesis secundaria** contempla la posibilidad de que el conocimiento de las características y de los límites de este abordaje pueda permitir el estudio de las zonas seguras de abordaje al atrio ventricular y de la anatomía ventricular endoscópica bajo la perspectiva de la cirugía de la epilepsia, y así ofrecer la posibilidad de realizar un abordaje mínimamente invasivo y más seguro a las zonas elocuentes del encéfalo en la cirugía de la epilepsia temporal.

El trabajo de investigación podría dividirse en dos grandes bloques de objetivos:

1. Describir la técnica quirúrgica para realizar una AHS guiada por endoscopia mediante ruta transventricular:
  - i. Referencias externas y puntos craneométricos necesarios para el abordaje en estudio
  - ii. Límites anatómicos de la craneotomía
  - iii. Ángulo de entrada y ruta del abordaje
  - iv. Descripción de la anatomía endoscópica intraventricular cadavérica mediante abordaje al atrio ventricular
  - v. Marcadores anatómicos para identificar el complejo amígdalo-hipocampo

vi. Técnicas de resección

vii. Instrumental necesario

2. Valorar la capacidad de la técnica endoscópica para acceder a la región temporomesial evitando lesiones vasculares o de áreas elocente, comparar la técnica a estudio con las técnicas tradicionales y así establecer la viabilidad de la aplicación clínica de la técnica a estudio.

## V. MATERIAL Y MÉTODOS

### a. Laboratorio de anatomía

El trabajo de investigación se ha desarrollado íntegramente en el laboratorio de anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de San Juan de Alicante.

El esfuerzo conjunto del Jefe de Servicio del Servicio de Neurocirugía del Hospital General de Alicante (HGUA), Prof. Dr. Pedro Moreno López y del director del laboratorio de anatomía de la UMH Prof. Eduardo Fernández Jover, junto con la ayuda de los doctores Pablo González López, MD, PhD y Javier Abarca Olivas, MD en calidad de colaboradores docentes, ha hecho posible una asidua colaboración entre dichas Instituciones para la investigación, la docencia y la organización de cursos nacionales e internacionales de neuroanatomía quirúrgica dedicados a neurocirujanos y residentes de neurocirugía.

Este laboratorio tiene un objetivo educacional e investigador, enfocado al conocimiento especializado de la compleja anatomía del Sistema Nervioso Central.

El laboratorio (Fig.1) tiene instalaciones con todas las condiciones sanitarias y medioambientales necesarias y está acreditado como tal por el Ministerio de Educación y Sanidad. Dispone de un espacio físico permanente para el trabajo simultáneo de 2 alumnos con adecuada ventilación y aire acondicionado. Está reconocido por la Sociedad Española de Neurocirugía (SENEC, [www.senec.es](http://www.senec.es)) como Centro acreditado para la enseñanza de la neuroanatomía desde mayo 2017.

Dotación técnica:

- Instrumental básico de disección neuroanatómica (incluido material de microcirugía).
- Al menos 2 microscopios.
- Un endoscopio (Karl Storz ®) con sistema de grabación de imagen.
- Motor eléctrico de alta velocidad modelo Midas Rex (Medtronic ®).

- Dispositivos para fijación mecánica de piezas anatómicas (craneóstatos de 4 puntos).
- 2 sistemas de aspiración.
- Fuentes de luz para trabajo no microscópico.
- Acceso cercano a agua y desagüe.
- Material de protección: batas, pijamas, guantes, mascarillas, gafas y viseras protectoras.



**Fig.1:** laboratorio de la UMH

### **b. Neuronavegación y visor de imágenes radiológicas**

Para la realización de los abordajes se ha utilizado el sistema de neuronavegación intraoperatoria Medtronic Stealth Station ([www.medtronic.com](http://www.medtronic.com) , Fig.2).





**Fig.2:** Neuronavegador Medtronic Stealth Station S7

Para el análisis de las imágenes radiológicas y el cálculo de las coordenadas del abordaje a estudio se ha utilizado el visor de imágenes DICOM Horos ( [www.horosproject.org](http://www.horosproject.org) ) disponible en internet en calidad de *freeware*.

### **c. Preparación de especímenes**

#### **i. Método Klinger para sustancia blanca**

El estudio de fibra blanca se ha realizado con cerebros preparados mediante la técnica descrita por Joseph Klinger en el Instituto de Anatomía de Basel (Suiza), en los años '30<sup>53 54 55</sup> . Los cuatro cerebros humanos dedicados a esta parte del trabajo, se obtuvieron previamente desde donantes voluntarios a la facultad de medicina de la

Universidad Miguel Hernández de Alicante. Los cerebros han sido fijados en una solución de formol al 10% durante un mínimo de dos meses. Tras este período la pía madre, la aracnoides y los vasos han sido cuidadosamente extirpados con ayuda de microscopio quirúrgico. Los cerebros han sido después lavados con agua abundante para remover el formol, secados y congelados durante una semana a una temperatura de alrededor de -10 °C. Antes de empezar con la disección, los cerebros han sido descongelados en agua. La disección se ha practicado siguiendo las recomendaciones de la literatura <sup>56</sup> con la fundamental aportación del microscopio quirúrgico. Los instrumentos utilizados han sido principalmente una espátula de madera (habitualmente utilizada como depresor lingual) e instrumentos de disección. Tras el inicio de la disección, en el caso de que fuera necesario interrumpir el estudio, el espécimen ha sido conservado en solución de formol al 5%.

#### ii. Formolización e inyección para estudio del abordaje quirúrgico

Para la realización del abordaje a estudio se han escogido un total de 5 cabezas humanas adultas (10 hemisferios cerebrales), seleccionadas de entre todos los especímenes cadavéricos disponibles. Se han establecido criterios de exclusión y de preparación cadavérica para seleccionar los especímenes que simularan más fielmente las condiciones quirúrgicas reales. Los criterios de exclusión han sido:

1) Anatómicos: Se han descartado aquellas cabezas con un índice de Evans en TC craneal <sup>57</sup> menor de 0.30, historia de neurocirugía previa, traumatismo craneoencefálico, ictus hemorrágico o cualquier otra condición que afectase a las regiones de interés (hemisferios cerebrales y calota craneal).

2) Técnicos: Se ha dado prioridad a las cabezas cortadas a nivel cervical bajo, ya que permite una mejor canulación arteriovenosa y mejora el procesamiento posterior.

Las 5 cabezas seleccionadas han sido preparadas mediante fijación del tejido cerebral e inyección de silicona coloreada en el árbol vascular, y preservadas en solución alcohólica con formol. Estas condiciones han sido adoptadas para potenciar de forma exponencial el estudio anatómico y simular lo más fielmente posible la textura y

consistencia del tejido a un paciente vivo. El proceso se ha realizado imitando las formas de acondicionamiento cadavérico publicado en la literatura <sup>58 59</sup>.

#### **d. Abordaje quirúrgico simulado en espécimen de donante cadáver**

El estudio preliminar descriptivo de fibra blanca se ha llevado a cabo sobre 4 hemisferios cerebrales preparados mediante método Klinger <sup>55</sup> para disección de fibra blanca.

Posteriormente, el proyecto se ha llevado a cabo sobre 5 especímenes de cabeza cadavérica humana conservadas en formol y con irrigación del árbol vascular mediante silicona coloreada (rojo para las arterias, azul para las venas). A cada uno de los especímenes se ha realizado un TC craneal de alta resolución. Las imágenes del TC han sido cargadas a la consola de neuronavegación para simular las condiciones reales de un abordaje quirúrgico.

Se ha realizado un total de 10 abordajes quirúrgicos sobre los 10 hemisferios disponibles de los 5 especímenes.

Cada cabeza ha sido registrada para neuronavegación mediante el sistema electromagnético (AxiEM®), utilizando como referencia una pegatina adherida al nasión (EM Tracker®). Para navegar se ha utilizado un estilete (EM Stylet®), ya que su longitud permite alcanzar las distancias previstas hasta llegar al objetivo de la resección.

Para calcular el punto de entrada se han utilizado las observaciones sobre el estudio de fibra blanca y sobre el trabajo de González Sánchez y colegas <sup>60</sup>, que describe las coordenadas del abordaje posterior al atrio ventricular. Se ha realizado por lo tanto una incisión lineal vertical de unos 5cm sobre el cuero cabelludo en el punto de entrada planificado, y a continuación una mini-craneotomía mediante fresa de 60mm del diámetro de aproximadamente 2cm.

Para intentar aportar comodidad y margen de maniobra al cirujano, se ha apostado por una cirugía asistida por endoscopio, mediante un canal de trabajo transparente. De

esta manera un cirujano lleva la cámara del endoscopio y otro tiene la posibilidad de manejar simultáneamente dos instrumentos (por ejemplo, succión y disección). Para esta función se ha utilizado el sistema transparente de acceso intracerebral Viewsite® (Vycor Medical, Fig.3): se trata de un introductor que distribuye el tejido cerebral circundante de manera uniforme, eliminando la necesidad de retracción. Al ser transparente, permite en todo momento distinguir el tejido adyacente y la distancia con la luz ventricular. El modelo de Viewsite utilizado ha sido el TC282005 (ancho de 28mm, alto de 20mm, largo de 5 cm).

A través del canal de trabajo se ha introducido un endoscopio rígido (Karl Storz™) con ópticas de 0° y 30° conectado a una fuente de luz fría de xenón y a irrigación. En uno de los casos se ha podido utilizar también, de forma paralela, un endoscopio rígido 3D Full HD (Karl Storz™). El estilete del neuronavegador se ha fijado a la óptica del endoscopio mediante apósitos estériles permitiendo de esta forma una neuronavegación en tiempo real. Una vez alcanzada la luz ventricular, se ha registrado la anatomía del asta temporal y procedido a realizar la AHS.



**Fig.3:** Viewsite (Vycor Medical)

### **e. Estudio gráfico**

La estación de trabajo endoscópica cuenta con el sistema de grabación AIDA® (Karl Storz <sup>TM</sup>), que permite la obtención de fotografías digitales en tiempo real y su almacenamiento en disco duro. Gracias a esta forma de grabación las disecciones quedan inmortalizadas conforme se avanza en el trabajo: ello agiliza sensiblemente el trabajo gráfico.

Para la toma de fotografías en las fases no endoscópicas del abordaje y en la disección de fibra blanca se ha utilizado la cámara digital Reflex Nikon® D3100, con las siguientes especificaciones de forma resumida: Procesador Expeed 2, Sensor CMOS APS-C de 14.2 MP, ISO 100-3200, Vídeos Full HD. Se han empleado dos objetivos: el AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR, para toma de fotografías no macro y el objetivo AF-S DX NIKKOR 55-200 mm F4.0-5.6 ED G IF VR, que permite tomar fotos en Macro ultra-nítidas y con un enfoque lo suficientemente cercano para proporcionar imágenes de tamaño real. Con dicho objetivo la toma de fotos es prácticamente sin deformación, por lo que es ideal para aumentar los pequeños detalles anatómicos en caso de ser necesario.

También se han realizado fotografías tridimensionales estereoscópicas de las disecciones de fibra blanca. La fotografía estereoscópica se basa en el siguiente principio: las pupilas humanas presentan una separación aproximada de 65mm. Cada ojo ve una imagen que, aunque parezca igual, tiene diferente paralaje. La corteza occipital se encarga luego de integrar las dos imágenes en una única imagen tridimensional. Así pues, si obtenemos dos imágenes con una separación como la de la visión humana, estaremos simulando el funcionamiento de nuestro sistema visual. Si luego dejamos ver a cada ojo solo la imagen que le corresponde, nuestro cerebro creará igualmente el efecto de visión en tres dimensiones.

Para la toma de fotografías estereoscópicas 3D se ha utilizado la cámara digital descrita anteriormente, con soporte de trípode y un soporte especial que permite desplazar horizontalmente la cámara alrededor de 3,5cm. Las imágenes pueden sucesivamente ser visualizadas en una televisión 3D con gafas pasivas polarizadas.

## f. Recogida de datos y estudio estadístico

Los datos de los abordajes han sido recogidos sobre la base de:

- 1) TC con protocolo tridimensional corte fino para neuronavegación realizados a los especímenes y analizados mediante el visor *freeware* Horos (<https://horosproject.org>)
- 2) Observaciones intraoperatorias.

El punto de entrada, calculado como punto central de la craniectomía) y la trayectoria hasta el cuerno temporal han sido estudiados preoperatoriamente sobre la base del TC craneal en cada hemisferio de cada espécimen. Los datos han sido exportados al neuronavegador para la orientación intraoperatoria.

En cuanto al punto de entrada, ha sido calculado en los tres distintos ejes del espacio:

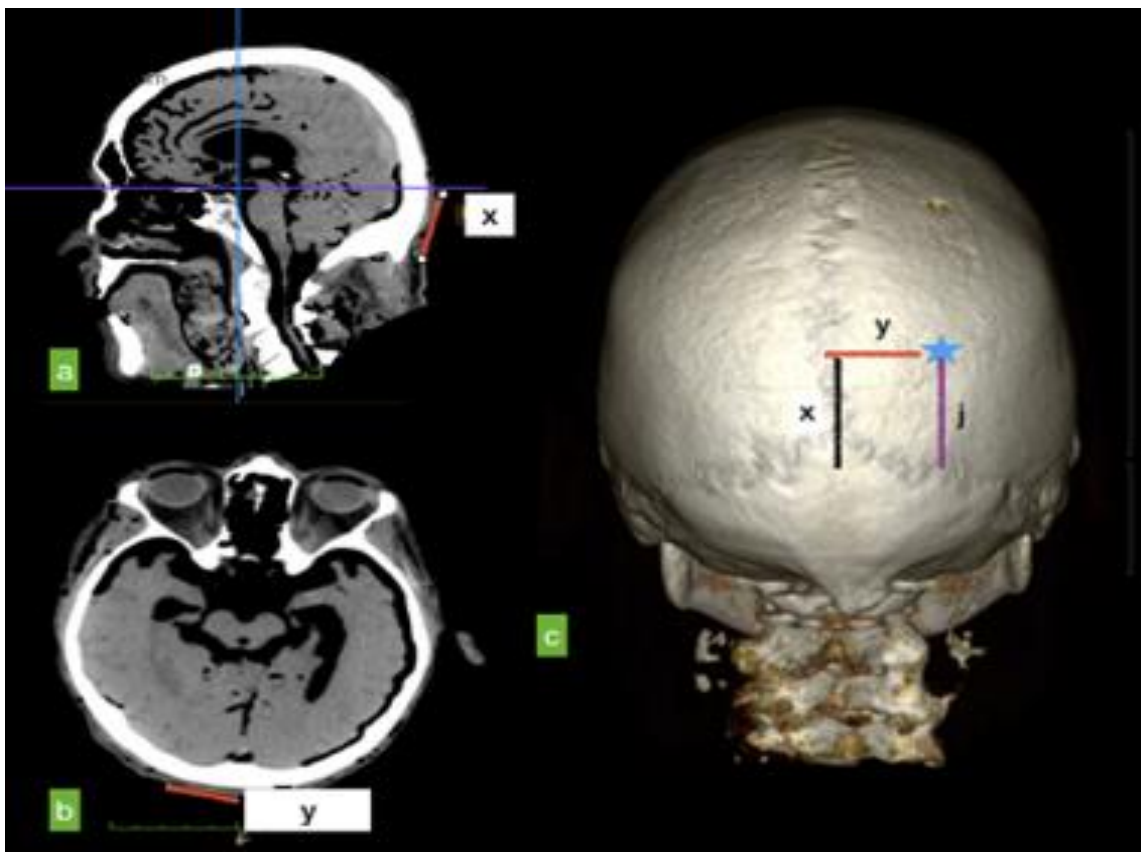
- Punto de entrada X (cm): definido como la distancia vertical de la línea horizontal pasante entre punto de entrada elegido y el inion en la línea media (Fig.4a)
- Punto de entrada Y (cm): definido como la distancia horizontal entre punto de entrada y la línea media (Fig.4b)
- Punto de entrada J (cm): definido como la distancia vertical entre el punto de entrada y la sutura lambdaidea en el mismo plano sagital del punto de entrada (Fig.4c)

También han sido calculados los ángulos y las distancias, con la idea de definir una trayectoria ideal a la región objeto del abordaje:

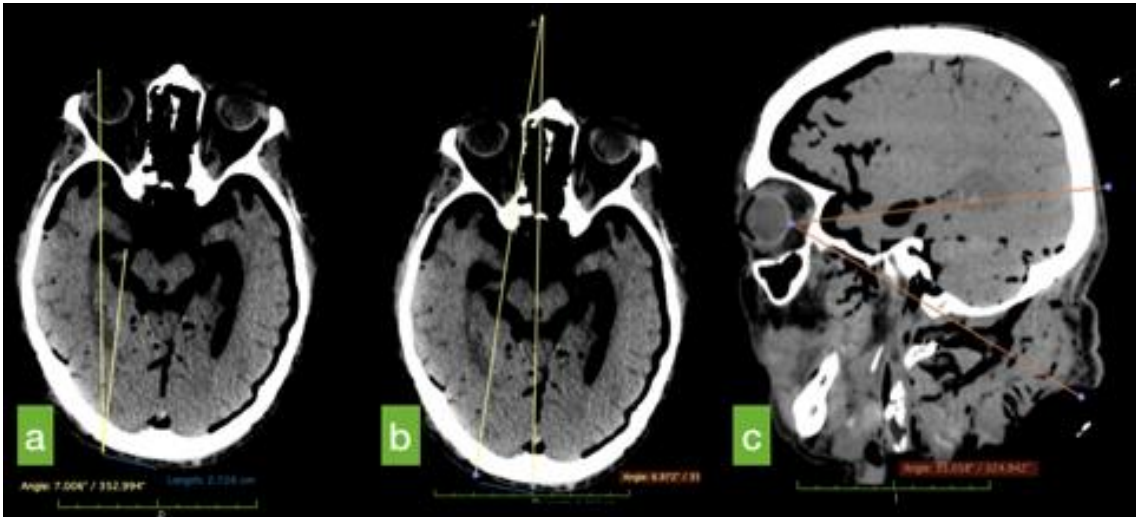
- Ángulo horizontal: ángulo calculado entre la trayectoria hasta el receso uncal y el plano medio sagital pasante por el mismo punto (punto de entrada) (Fig.5a)
- Ángulo medial: ángulo calculado entre la trayectoria hasta el receso uncal y el plano sagital en línea media (Fig.5b)
- Ángulo vertical: ángulo calculado entre la trayectoria y la línea órbito-meatal (Fig.5c)
- Distancia PRU (cm): distancia entra entrada en piel y receso uncal (Fig. 6a)

- Distancia CRU (cm): distancia entre punto de entrada en córtex y receso uncal (Fig.6b)
- Distancia ARU (cm): distancia entre acceso en atrio y receso uncal (Fig.6c)
- Longitud de corticotomía (cm): CRU-ARU (Fig.6d)
- Índice de Evans <sup>57</sup>, definido como la relación entre el tamaño de las astas frontales en el punto en que se encuentran más dilatadas y el diámetro máximo entre ambas tablas internas en el mismo corte de TC

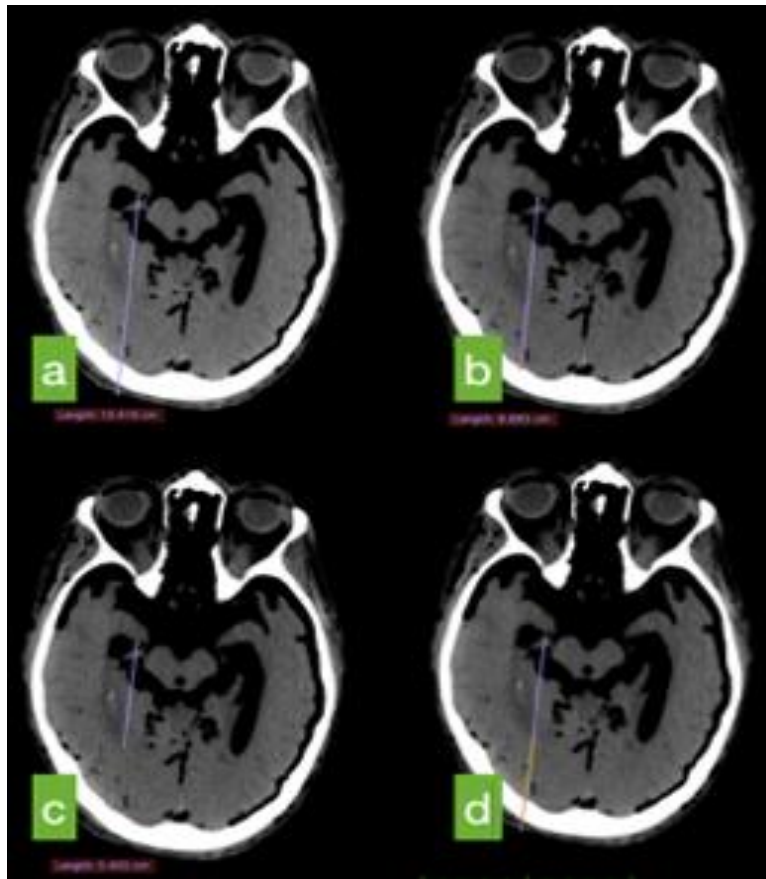
Los datos obtenidos han sido recogidos en hojas de cálculo Excel (Microsoft Excel para Mac, versión 15.34) y analizados estadísticamente mediante el programa SPSS (IBM <sup>TM</sup>).



**Fig.4:** Puntos de entrada craneal. Punto de entrada x (a), punto y (b), resumen gráfico de los puntos x,j,y (c)



**Fig.5:** Trayectorias. Ángulo horizontal (5a), ángulo medial (5b) y ángulo vertical (5c)



**Fig.6:** Distancias. Distancia PRU (6a), CRU (6b), ARU (6c), longitud de corticotomía (CRU-ARU, 6d)



## VI. RESULTADOS

### a. Estudio de fibra blanca

La técnica de disección de fibra blanca es indispensable para comprender la organización morfo-estructural del sistema nervioso central desde un punto de vista tridimensional. Se ha considerado necesario realizar una disección completa, de lateral a medial, de los principales haces de fibras de sustancia blanca, con el objetivo de identificar zonas de acceso y rutas al ventrículo lateral seguras para las principales estructuras nerviosas. Esta parte del estudio se ha considerado necesaria también porque es muy difícil, incluso para el neurocirujano, que suele estar acostumbrado a manipular la sustancia cerebral, comprender a fondo la anatomía intraventricular de la región mesial temporal sin tener un completo conocimiento de la anatomía "tradicional" desde la superficie lateral.

#### i. Generalidades de la anatomía de fibra blanca

La sustancia blanca del cerebro está formada por haces de fibras mielinizadas conocidos como fascículos o tractos de fibra. Estos grupos de fibras nerviosas está dividido en tres grupos: fibras de asociación, fibras comisurales y fibras de proyección.

Las fibras asociativas, o fibras de asociación, conectan regiones corticales cercanas y lejanas en el mismo hemisferio, y están compuestas por fibras cortas y largas. Las fibras arcuatas son fibras cortas de asociación que conectan giros cercanos en el mismo hemisferio. Las principales fibras largas de asociación son: el cíngulo, el fascículo uncinado, el fascículo occipitofrontal, y el fascículo longitudinal superior e inferior.

Como ya se ha explicado anteriormente, el cíngulo se extiende desde el área subcallosa, continúa posteriormente sobre la superficie del cuerpo calloso (giro del cíngulo) gira inferiormente alrededor del esplenio, y finalmente curva anteriormente hacia la sustancia blanca del giro parahipocampal. El fascículo uncinado conecta los

lóbulos frontal y temporal: comienza en la sustancia blanca del lóbulo frontal, curva ventralmente a nivel del limen insulae, y sucesivamente se dirige lateralmente hasta alcanzar el córtex de la porción anterior de los giros temporales superior y medio. El fascículo occipitofrontal interconecta anatómicamente y funcionalmente las regiones frontal y occipital. Dicho haz de fibras pasa a través de la ínsula y del lóbulo temporal. El fascículo longitudinal superior une los lóbulos frontal, parietal, occipital, temporal alrededor de la fisura de Silvio. El fascículo longitudinal inferior está ubicado en el suelo de los lóbulos temporal y occipital, paralelo al cuerno temporal del ventrículo lateral. Anatómicamente, el fascículo longitudinal inferior, es parte del giro fusiforme (giro occipitotemporal).

Las fibras comisurales cruzan la línea media e interconectan regiones de los dos hemisferios. Son fibras comisurales el cuerpo calloso, la comisura anterior, y la comisura hipocampal. El cuerpo calloso es la mayor de las tres, y conecta los hemisferios en su casi totalidad, con la excepción del polo temporal, que se conecta con su homónimo contralateral a través de la comisura anterior. La comisura hipocampal une el fórnix derecho con el izquierdo por debajo de la porción posterior del cuerpo calloso.

Las fibras de proyección son las que unen la corteza cerebral con el tronco encefálico y con la médula espinal. Estas fibras constituyen la corona radiata y, cerca de la porción superior del tronco encefálico, se continúan en la cápsula interna, la cual es medial al núcleo lenticular y lateral al tálamo y al núcleo caudato.

## ii. Anatomía de la superficie lateral de los hemisferios

La disección de nuestro espécimen comienza desde la superficie lateral del hemisferio cerebral (Fig.1). Una vez disecado el surco temporal superior, es preciso remover el tejido cortical, lo que expondrá las fibras arcuatas de los giros adyacentes. La disección y remoción de las fibras arcuatas expondrá el fascículo longitudinal superior alrededor de la fisura de Silvio y de la ínsula (Fig.2-3). Es necesario, a este punto, extirpar el córtex de la ínsula, exponiendo la cápsula extrema (Fig.4).



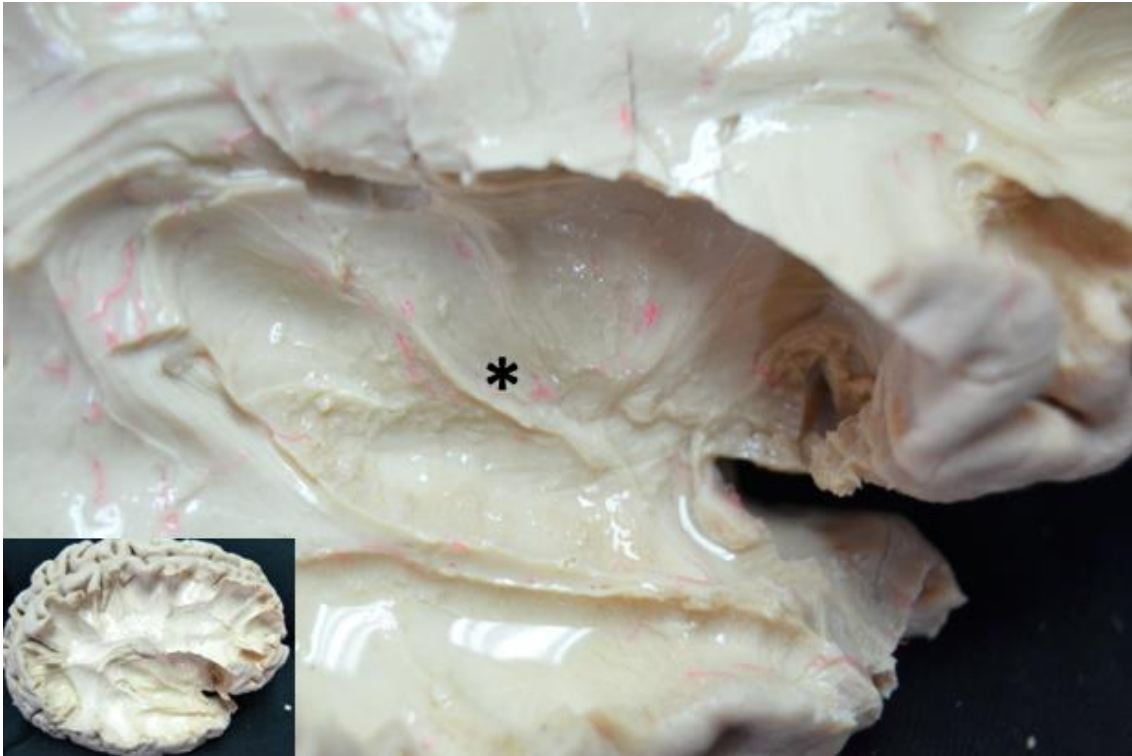
**Fig.1:** Cara lateral de hemisferio cerebral derecho



**Fig.2:** Fascículo longitudinal superior. Se observa también el lóbulo de la ínsula, aún recubierto de sustancia gris

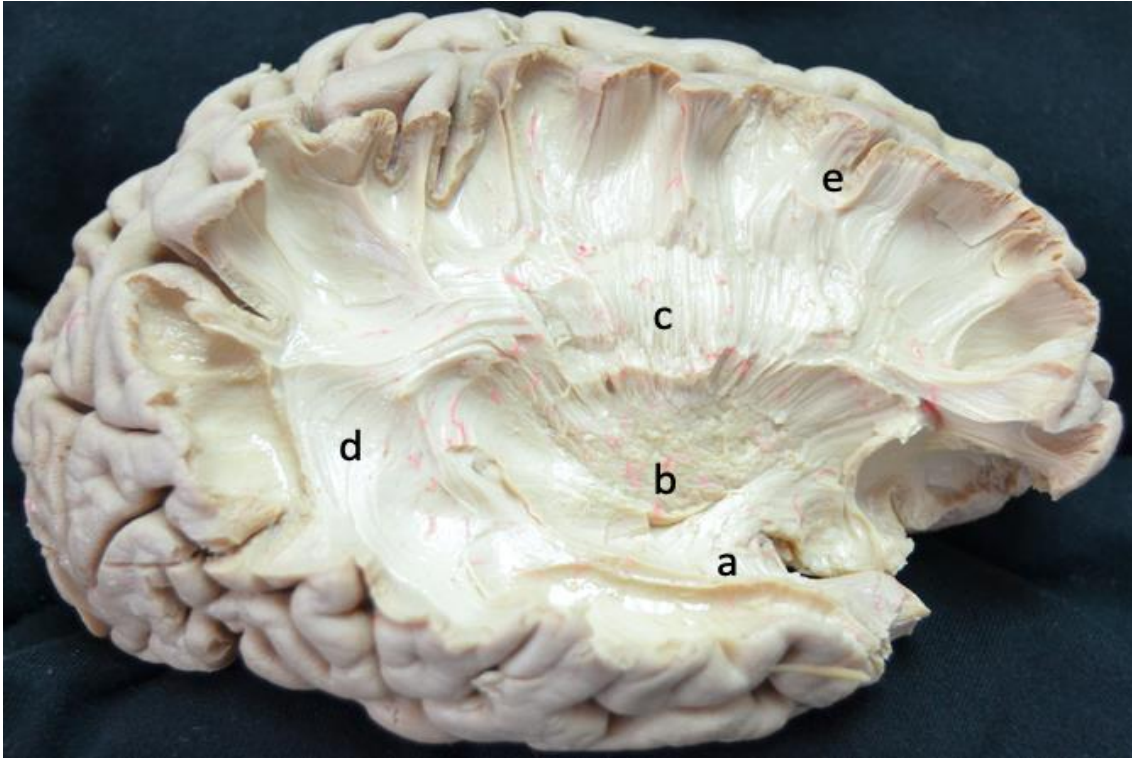


**Fig.3:** Detalle de las pequeñas fibras arcuadas (fibras cortas de asociación que conectan giros cercanos en el mismo hemisferio).



**Fig.4:** Fase avanzada de disección de la cara lateral del lóbulo temporal. Tras la resección de la corteza insular, se observa la cápsula extrema (\*), compuesta por fibras radiales de proyección.

Profundamente a la cápsula extrema encontraremos el claustrum, en correspondencia del vertex de la ínsula, y la cápsula externa en la periferia del claustrum. El putamen es paralelo y profundo al claustrum, y entre ellos se ubica la cápsula externa; en el punto más anterior y profundo de la cápsula externa, en correspondencia del limen insulae, pasan el fascículo uncinado y el fascículo longitudinal inferior (en el seno del giro occipitofrontal o fusiforme) (Fig.5), que, como se ha comentado anteriormente en este capítulo, son fibras de asociación largas, y parte de las fibras de estos haces van a constituir la cápsula externa. El fascículo occipitofrontal cruza en profundidad la porción inferior del fascículo longitudinal superior.

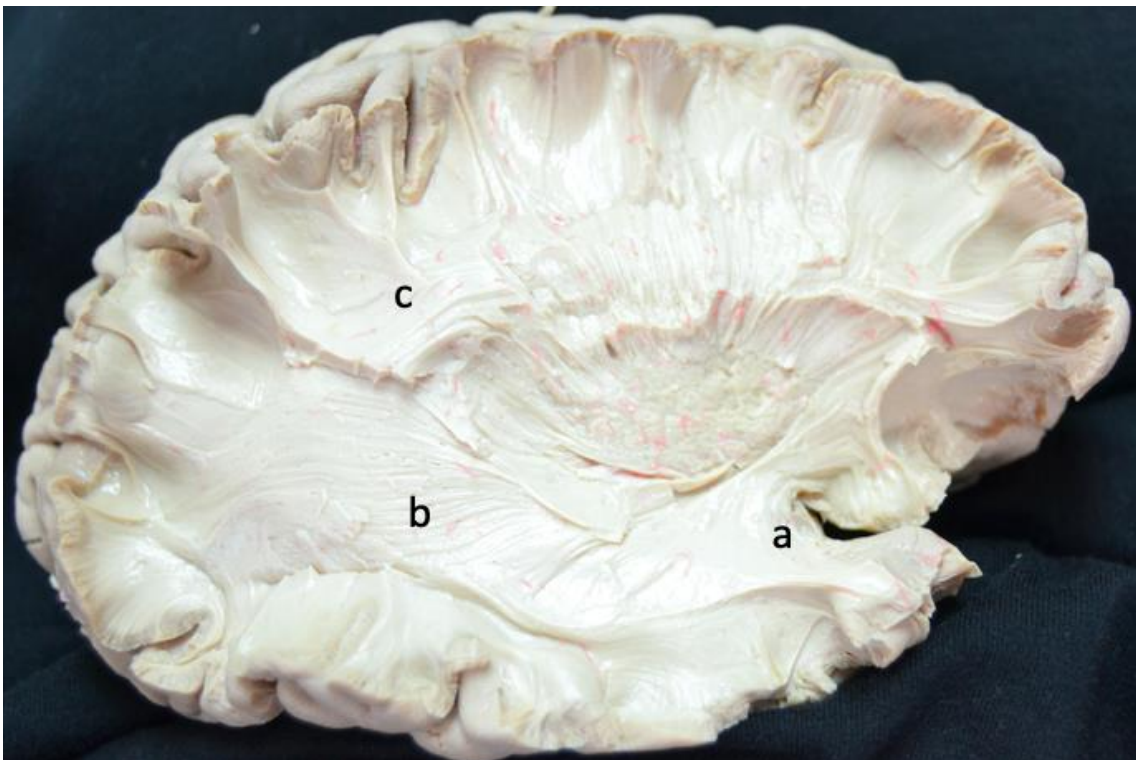


**Fig.5:** Varias fases de disección de fibra blanca. Es posible observar el fascículo uncinado (**a**), conectando el lóbulo frontal con el temporal; el claustrum (**b**), en la profundidad del vértex insular y la cápsula externa (**c**), radial, en la periferia del claustrum; en un plano más superficial se siguen observando el fascículo longitudinal (**d**) y las fibras arcuatas (**e**).

Tras remover el putamen, se hallará en su profundidad el globus pallidus, y debajo la cápsula interna.

En la base del globus pallidus se encuentra en la comisura anterior con cuyas fibras se extienden lateralmente, algunas uniéndose con el fascículo uncinado en la profundidad del lóbulo temporal, y otras formando, junto con fibras del fascículo occipitofrontal, el stratum sagitale. Dentro del stratum sagitale, como se explicará en breve, pasa también la radiación óptica.

Como comentado en el capítulo de anatomía ventricular, la cola de núcleo caudado constituye el techo medial del cuerno temporal; remover el epéndimo del techo del cuerno temporal expone la cola del caudado, el pedúnculo talámico inferior y las fibras temporopontinas (que corresponden a la porción inferior-sublenticular de la cápsula interna). Tras retirar todo el epéndimo del techo y de la cara lateral del cuerno temporal, quedará expuesto el tapetum del cuerpo caloso, es decir, la estructura anatómica que constituye el techo y la pared lateral del atrio ventricular y del cuerno temporal.

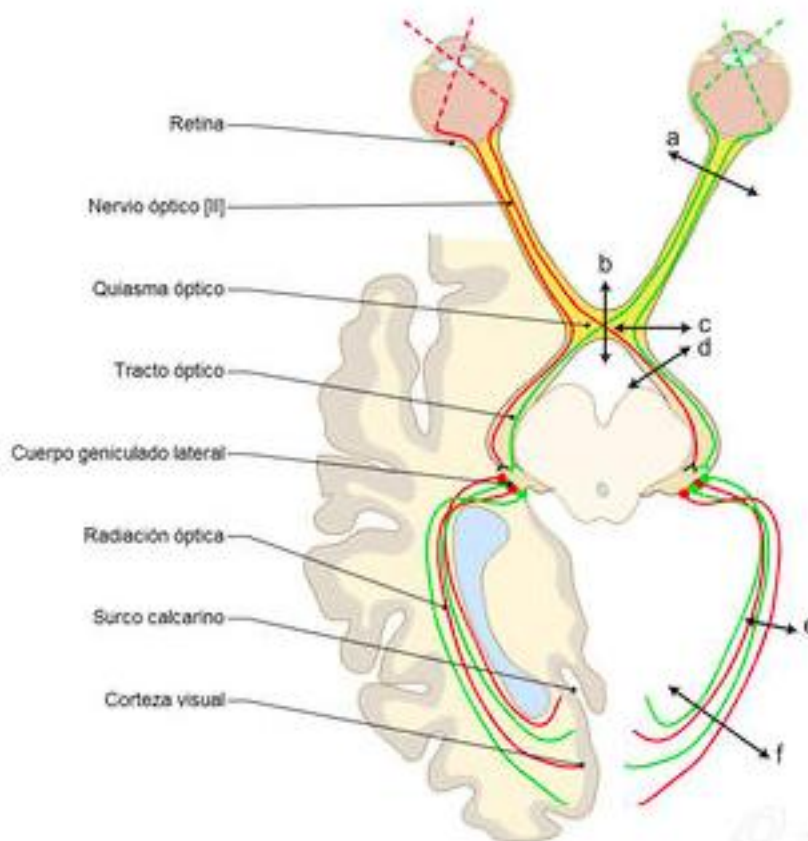


**Fig.6:** Fascículo uncinado (a) y stratum sagitale (b), que contienen su interior, entre otras, las fibras del fascículo occipitofrontal y la radiación óptica; en un plano más superficial se sigue observando parte del fascículo longitudinal, seccionado (c).

En el abordaje a estudio, se plantea alcanzar la región amígdalo-hipocampal desde atrás hacia adelante, por lo que el abordaje ideal sería el que permitiera acceder a la región lateral del atrio, con una orientación, en el sentido latero-medial, que permitiera al endoscopio enfocar correctamente la pared medial del cuerno temporal. En todo este trayecto, hay que preservar anatómica y funcionalmente las fibras del stratum, y específicamente la radiación óptica.

### iii. Anatomía periventricular y de la radiación óptica

Parte del estudio de fibra blanca ha sido dedicada a la identificación de la vía óptica en su porción más distal, dada su implicación quirúrgica en el abordaje a estudio. La radiación óptica (Ro), o haz geniculocalcarino, es el último tramo de la vía óptica antes de llegar a la corteza occipital (Fig.7).



**Fig.7:** Esquema de la vía óptica.



La Ro toma origen en la profundidad del cuerpo geniculado lateral del tálamo. Como apuntan Peltier y colegas <sup>61</sup>, la forma del cuerpo geniculado lateral podría asimilarse a la del sombrero de un jinete (“*equestrian hat*”) y es una región especialmente difícil de disecar por su consistencia aumentada respecto a las estructuras que la rodean.

La Ro contiene las fibras visuales procedentes del campo visual contralateral, por lo que se trata de una estructura altamente elocuente y cuyo daño puede producir alteraciones visuales de entidad variable. Tras su origen, en el pedúnculo talámico posterior, la Ro pasa por el segmento infralenticular de la cápsula interna, por encima de la cola del núcleo caudato, uniéndose al stratum sagitale en la pared lateral del ventrículo.

La Ro se dirige, pues, desde el cuerpo geniculado lateral hacia el polo occipital (corteza calcarina). Se pueden identificar tres distintos segmentos en el plano sagital en la Ro:

Segmento ventral o Loop de Meyer: es el punto más ventral y más craneal de la Ro. Se halla en la profundidad del giro temporal medio (T2) y forma un asa a convexidad anterior alrededor de la punta del cuerno temporal, lateralmente a la comisura anterior. Fue identificado por Meyer en 1907 <sup>62</sup>. El loop de Meyer se extiende anteriormente hasta el nivel de la amígdala, en proximidad de la comisura anterior; de hecho, algunas fibras de la propia comisura anterior se unen a la Ro en el loop de Meyer. Esta región resulta especialmente difícil de disecar debido a una intensa red de fibras, que incluye el fascículo uncinado, el occipitofrontal, la comisura anterior, los pedúnculos talámicos inferior y posterior, las fibras temporopontinas, corticotectales, corticotegmentales y occipitopontinas.

Segmento intermedio o Cuerpo de la Ro: es el segmento central de la Ro, y empieza por debajo del fascículo longitudinal inferior, siguiendo un recorrido longitudinal en el plano sagital y de medial a lateral en el plano coronal. Anteriormente, el cuerpo de la Ro, se cruza con la radiación auditiva, que pasa por debajo. El tercio medio y posterior de la Ro se relacionan medialmente con el tapetum del cuerpo calloso (CC), cuyas fibras tienen un ángulo de 90° con respecto a la Ro. el tapetum separa la Ro del epéndimo del cuerno temporal y del atrio ventricular.

Segmento dorsal de la Ro: este último segmento de la Ro alcanza la fisura calcarina. A este nivel, del esplenio del CC nace el forceps mayor que constituye la pared superomedial del atrio. El bulbo del CC asoma por la pared medial del cuerno occipital del ventrículo lateral y, justo inferiormente a dicha protuberancia hay otra, en la base medial del cuerno occipital, que recibe el nombre de calcar avis y corresponde externamente al surco calcarino.

En el plano coronal, la Ro origina aproximadamente en la profundidad del lóbulo temporal ad una altura intermedia entre el giro temporal superior y el medio, y nunca por debajo del giro temporal inferior. La Ro tapiza la pared lateral del cuerno temporal del ventrículo lateral, pero la pared medial es relativamente libre de fibras visuales, excepto, obviamente, al nivel del cuerpo geniculado lateral.

Así como hemos dividido la Ro en tres segmentos en el plano sagital, también podemos identificar tres distintas ramas de la Ro que contienen distintos tipos de fibras visuales:

Rama anterior: es la que forma el loop de Meyer, y a continuación recorre la cara lateral del cuerno temporal, luego pasa al suelo del ventrículo para alcanzar el labio inferior del surco calcarino. En esta rama van las fibras responsables de la visión del cuadrante superior retiniano.

Rama central: cruza el techo del cuerno temporal, luego se dirige posteriormente a la pared lateral del triángulo y del cuerno occipital hasta el polo occipital. Esta rama contiene las fibras responsables de la visión macular y es la mayor en tamaño.

Rama posterior o superior: se dirige directamente hacia posterior al techo del atrio y cuerno occipital, y alcanza el labio superior de la fisura calcarina. En este haz viajan las fibras del cuadrante inferior de la retina. En ocasiones, esta rama puede generar un relieve en la pared superomedial del cuerno occipital <sup>63</sup>, que se suma a los dos relieves (más frecuentes) que corresponden al bulbo del cuerpo calloso y al calcar avis.

## **b. Estudio morfométrico de la trayectoria de acceso al cuerno temporal**

El abordaje ha sido realizado mediante una craneotomía centrada en las siguientes coordenadas (Fig.8):

- Punto X (distancia vertical respecto al inion): media 4.1 cm
- Punto Y (distancia horizontal respecto a línea media): media 4.3 cm
- Punto J (distancia vertical respecto a sutura lambdoidea): media 1.1 cm

Tras la inserción del endoscopio, la trayectoria para alcanzar el atrio ventricular ha precisado una dirección levemente inferomedial:

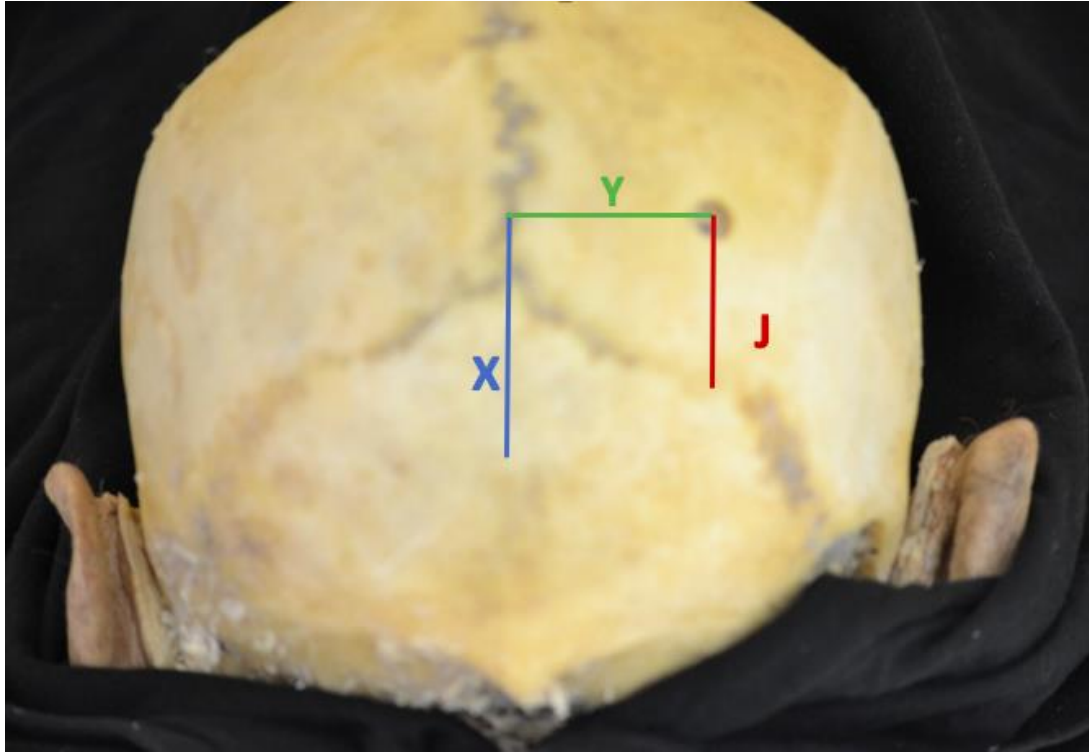
- El ángulo horizontal medio ha sido de  $9.5^\circ$
- El ángulo medial medio ha sido de  $10.2^\circ$
- El ángulo vertical medio ha sido de  $36.9^\circ$

En cuanto a las distancias:

- La distancia PRU, es decir, la distancia global entre la piel y la diana (receso uncal) ha resultado en una media de 9.8 cm
- La distancia CRU, entre corteza y receso uncal ha tenido una media de 8.2 cm
- La distancia ARU, que representa, en resumidas cuentas, la distancia intraventricular real (entre atrio y receso uncal), ha sido de 5.6 cm
- La profundidad de corticotomía (CRU-ARU) ha sido en promedio de 2.6 cm

El índice de Evans medio ha sido de 0.27.

Los datos están resumidos en la tabla 1.



**Fig.8:** Punto de entrada para el abordaje a estudio.

|   | <b>Media</b> | <b>Rango</b> |
|---|--------------|--------------|
| <b>Punto X (cm)</b>                     | 4.1          | 2.9-5.8      |
| <b>Punto Y (cm)</b>                     | 4.3          | 3.5-5        |
| <b>Punto J (cm)</b>                     | 1.1          | 0.9-1-5      |
| <b>Ángulo horizontal (grados)</b>       | 9.5          | 7.1-12.2     |
| <b>Ángulo medial (grados)</b>           | 10.2         | 7-13.6       |
| <b>Ángulo vertical (grados)</b>         | 36.9         | 35.1-38.2    |
| <b>Distancia PRU (cm)</b>               | 9.8          | 8.5-10.5     |
| <b>Distancia CRU (cm)</b>               | 8.2          | 7.1-9        |
| <b>Distancia ARU (cm)</b>               | 5.6          | 4.5-7.2      |
| <b>Profundidad de corticotomía (cm)</b> | 2.6          | 1.8-3.5      |
| <b>Evans</b>                            | 0.27         | 0.19-0.32    |

**Tabla 1:** Resultados del estudio morfométrico de acceso al cuerno temporal

### **c. Inferencia estadística**

Se ha considerado como variable cualitativa "Categoría AHS" (CAT AHS) (categorías fácil y difícil), basada en las observaciones del operador (Autor de la Tesis) sobre la facilidad/factibilidad del procedimiento en su conjunto. Se ha realizado un estudio t-test de variables cuantitativas y su efecto en la variable CAT AHS: considerando un nivel de significación  $p < 0,05$ . existe correlación entre

**- DISTANCIA ARU y CAT AHS (p=0.0248)**

**- EVANS y CAT AHS (p<0.0001)**

**- PUNTO DE ENTRADA J (cm) y CAT AHS (p=0.0209)**

La distancia ARU (distancia entre acceso en atrio y receso uncal) se correlaciona con CAT AHS de forma que cuanto más corta dicha distancia, es decir, menos profundo el canal de trabajo, más fácil el procedimiento (gráfico 1).

El índice de Evans muestra correlación con CAT AHS y parece lógico que cuanto más alto dicho índice, es decir, más marcada la dilatación ventricular, más fácil la AHS (gráfico 2).

En cuanto al punto de entrada J (distancia vertical del punto de entrada respecto a la sutura lambdaoidea en el mismo plano sagital) muestra correlación estadísticamente significativa con CAT AHS de forma que el punto de entrada ideal debe estar situado medianamente 1.1cm por encima del punto en el que pasa la sutura lambdaoidea en el mismo plano sagital (gráfico 3).

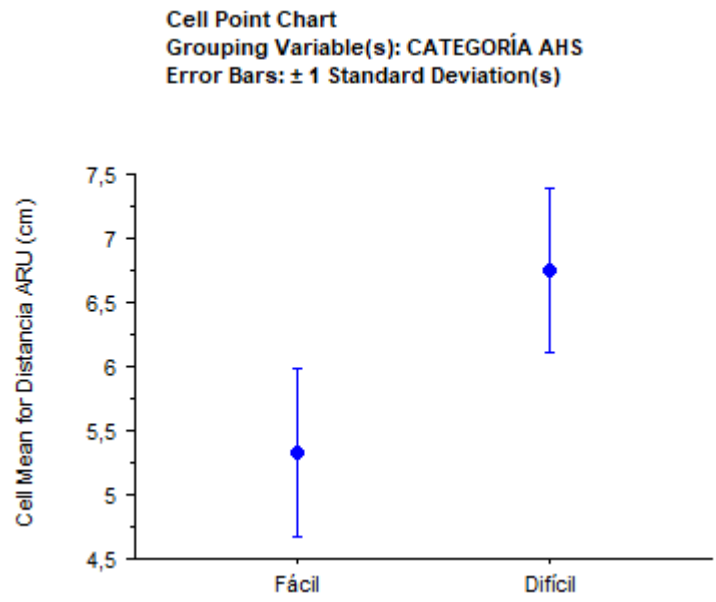
Las demás variables estudiadas: puntos de entrada X, Y; ángulos horizontal, vertical y medial; distancias PRU y CRU; longitud de corticotomía, no han mostrado correlación estadísticamente significativa con la categoría AHS.

Unpaired t-test for Distancia ARU (cm)  
 Grouping Variable: CATEGORÍA AHS  
 Hypothesized Difference = 0

|                | Mean Diff. | DF | t-Value | P-Value |
|----------------|------------|----|---------|---------|
| Fácil, Díficil | -1,425     | 8  | -2,757  | ,0248   |

Group Info for Distancia ARU (cm)  
 Grouping Variable: CATEGORÍA AHS

|         | Count | Mean  | Variance | Std. Dev. | Std. Err |
|---------|-------|-------|----------|-----------|----------|
| Fácil   | 8     | 5,325 | ,431     | ,656      | ,232     |
| Díficil | 2     | 6,750 | ,405     | ,636      | ,450     |



**Gráfico 1:** Correlación estadística entre ARU y CAT AHS

Unpaired t-test for EVANS  
 Grouping Variable: CATEGORÍA AHS  
 Hypothesized Difference = 0

|                | Mean Diff. | DF | t-Value | P-Value |
|----------------|------------|----|---------|---------|
| Fácil, Díficil | ,105       | 8  | 8,854   | <,0001  |

Group Info for EVANS  
 Grouping Variable: CATEGORÍA AHS

|         | Count | Mean | Variance | Std. Dev. | Std. Err |
|---------|-------|------|----------|-----------|----------|
| Fácil   | 8     | ,295 | 2,571E-4 | ,016      | ,006     |
| Díficil | 2     | ,190 | 0,000    | 0,000     | 0,000    |

Cell Point Chart  
 Grouping Variable(s): CATEGORÍA AHS  
 Error Bars: ± 1 Standard Deviation(s)

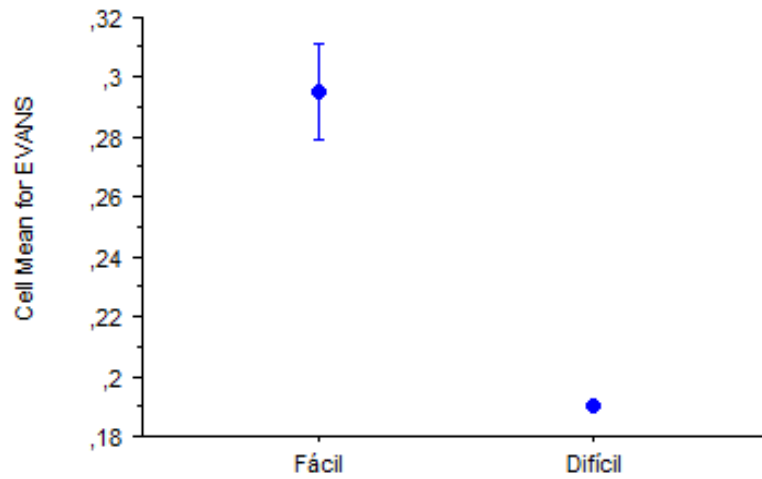


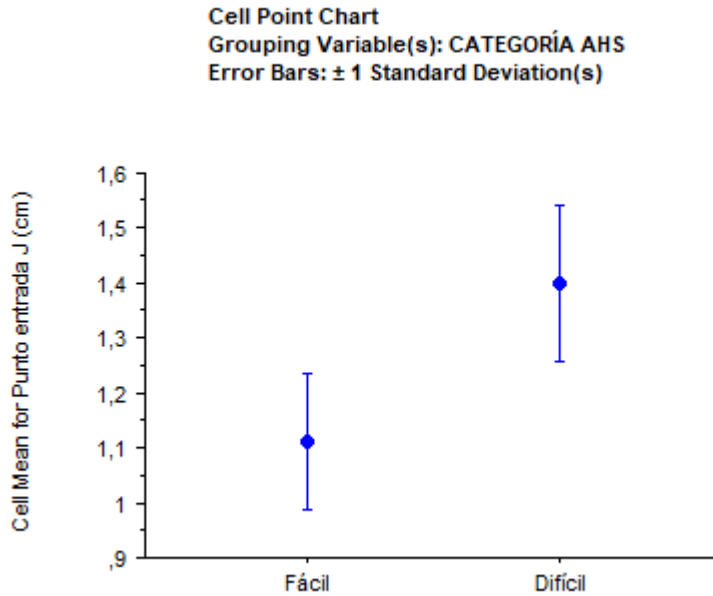
Gráfico 2: Correlación entre Evans y CAT AHS

Unpaired t-test for Punto entrada J (cm)  
 Grouping Variable: CATEGORÍA AHS  
 Hypothesized Difference = 0

|                | Mean Diff. | DF | t-Value | P-Value |
|----------------|------------|----|---------|---------|
| Fácil, Difícil | -,287      | 8  | -2,867  | ,0209   |

Group Info for Punto entrada J (cm)  
 Grouping Variable: CATEGORÍA AHS

|         | Count | Mean  | Variance | Std. Dev. | Std. Err |
|---------|-------|-------|----------|-----------|----------|
| Fácil   | 8     | 1,113 | ,016     | ,125      | ,044     |
| Difícil | 2     | 1,400 | ,020     | ,141      | ,100     |



**Gráfico 3:** Correlación entre punto J y CAT AHS

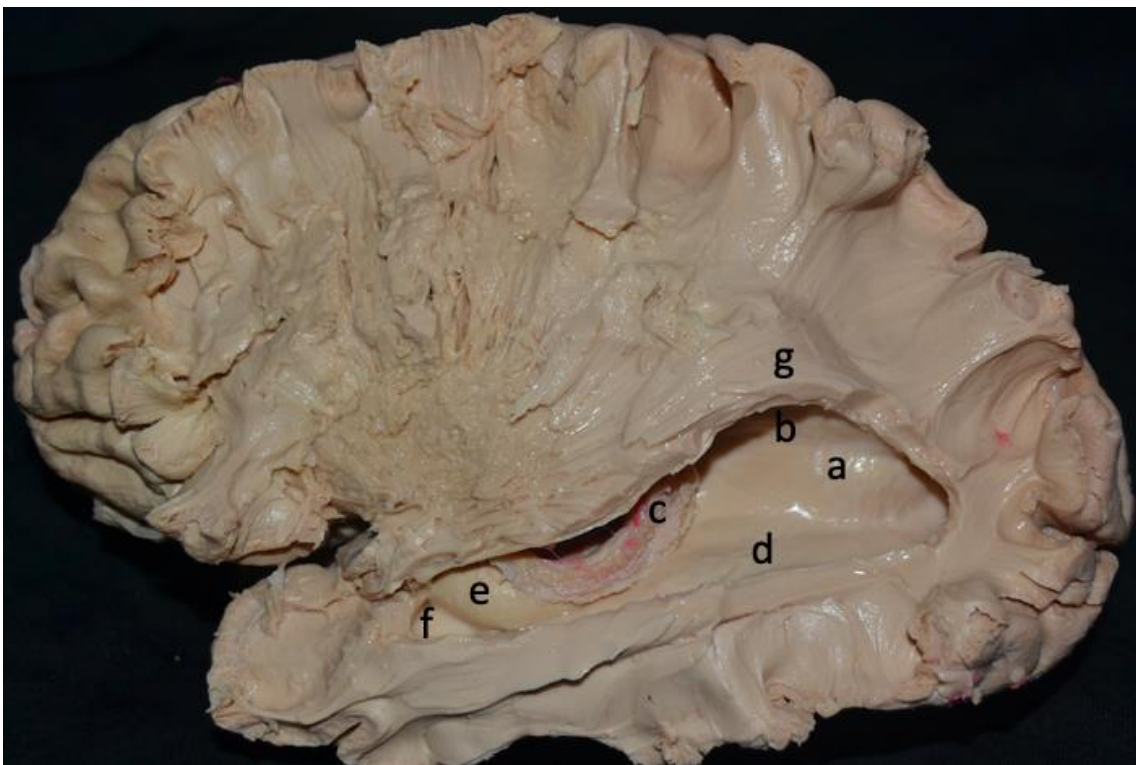
#### **d. Anatomía endoscópica del cuerno temporal y simulación del abordaje**

El abordaje a estudio permite acceso al techo del atrio ventricular. Referenciar el endoscopio mediante neuronavegador ha permitido alcanzar el ventrículo sin dificultad en todos los especímenes. La irrigación constante mediante suero fisiológico permite la distensión de aquellos ventrículos que presentan menor diámetro. Aunque este efecto sea muy reducido en el cadáver formolizado debido a su rígida textura, es mucho más apreciable en el paciente in vivo.

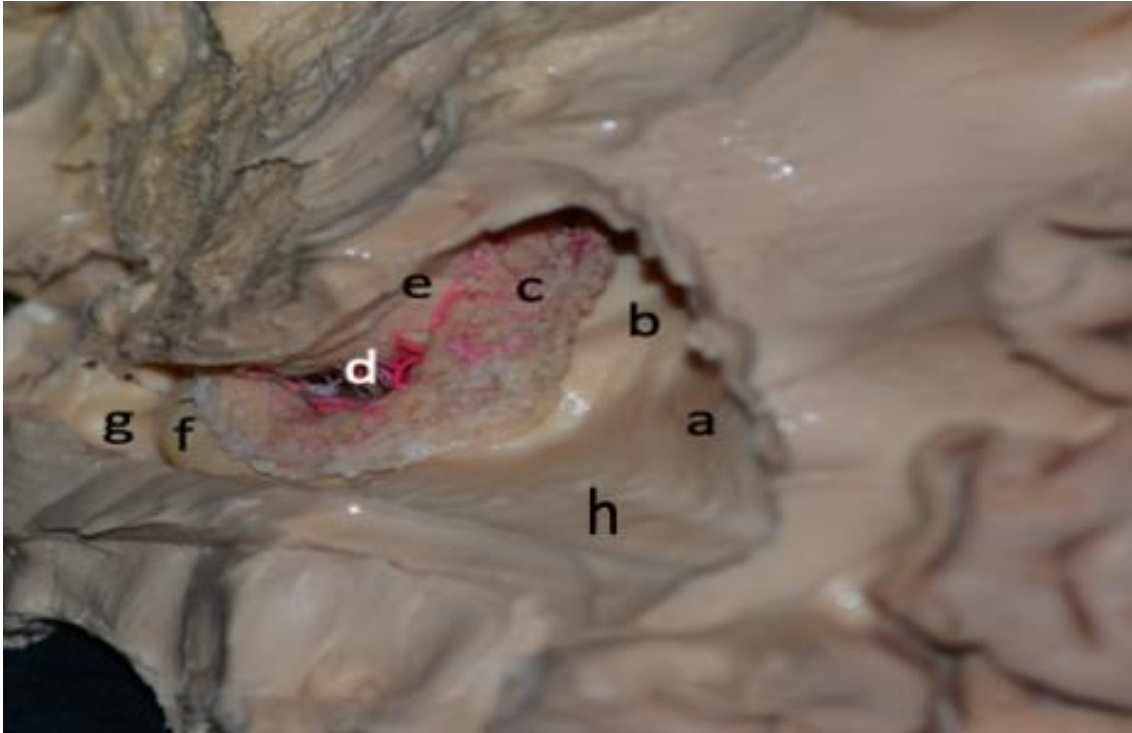
Tanto la óptica de 0° como la de 30° del endoscopio se han mostrado útiles para la simulación quirúrgica; la óptica de 30°, orientada medialmente, permite una mejor visualización de las estructuras temporomesiales, sobre todo en el límite distal del abordaje, el receso uncal (Fig.9).



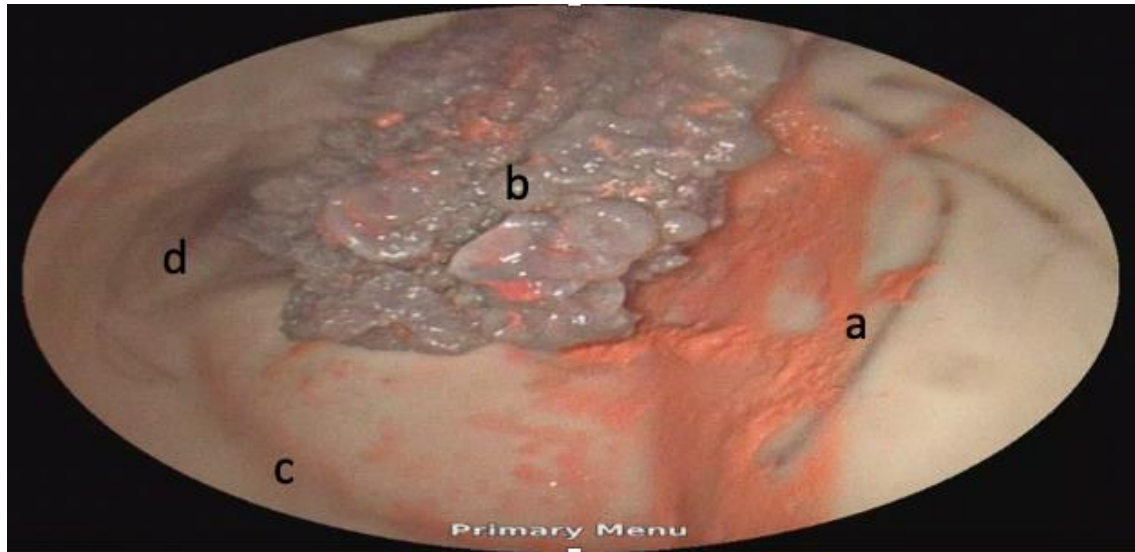
Tras ganar acceso al atrio ventricular se aprecia, en el centro del campo visual la porción del plexo coroideo llamada "glomus" que procede del cuerno frontal y se introduce, formando una "C", hacia el cuerno temporal. Superiormente se aprecia la entrada al cuerno frontal, pero la referencia anatómica más importante es la pared medial del atrio, formada superomedialmente por la impresión del bulbo del cuerpo calloso e inferomedialmente por el calcar avis, que representa la impresión de la fisura calcarina (Fig. 10-11).



**Fig.9:** Preparado Klinger, disección cara lateral, visión sagital. Se ha retirado el stratum sagittale, el tapetum y el epéndimo de la pared lateral del cuerno temporal, occipital y el atrio. Se pueden apreciar la eminencia del calcar avis (**a**) y la del bulbo del cuerpo calloso (**b**); el glomus del plexo coroideo (**c**), la eminencia colateral (**d**), que marca la ruta hacia el receso uncal (**f**); la cabeza del hipocampo (**e**): el cuerpo y la cola están cubiertos parcialmente por el plexo coroideo.



**Fig.10:** Preparado Klinger, visión posteroanterior lateromedial simulando visión quirúrgica. Se ha retirado la pared lateral del cuerno temporal, occipital y el atrio. Se pueden apreciar la eminencia del calcar avis (**a**) y la del bulbo del cuerpo calloso (**b**); el glomus del plexo coroideo (**c**), la fisura coroidea parcialmente abierta (**d**), el pulvinar del tálamo (**e**), la cabeza del hipocampo (**f**), el receso uncal (**g**) y la eminencia colateral (**h**).



**Fig.11:** Cadáver formolizado e inyectado, visión endoscópica tras el acceso al atrio ventricular. Hemisferio izquierdo. Se puede apreciar la visión habitual inicial tras entrar en el ventrículo mediante el abordaje descrito. En el límite medial, marcando la pared medial del atrio, el calcar avis (**a**). Anteromedial se halla el glomus del plexo coroideo (**b**). La eminencia colateral (**c**) que, hacia su terminación en la punta del cuerno temporal, curva medialmente formando el receso uncal (**d**).

En ocasiones es posible observar, superiormente a la impresión del cuerpo calloso, una pequeña prominencia, que representa la rama posterosuperior de la radiación óptica.

Inferolateralmente se aprecia en el suelo del atrio un pequeño relieve llamado trígono colateral. Las referencias anatómicas del cuerpo ventricular son:

-Techo medial: Pulvinar talámico y cola del núcleo caudato (separados por el surco estriotalámico)

-Techo lateral: Tapetum, un haz de fibras asociativas que sale del cuerpo y del esplenio del cuerpo calloso. El tapetum presenta también la importante función de separar la capa empendimaria de la pared lateral del cuerno frontal y del atrio de la radiación óptica

-Suelo medial: Se aprecia una formación nodular que representa el cuerpo y la cola del hipocampo. Es crucial tener en cuenta que normalmente esta estructura está parcialmente cubierta por plexo coroideo y puede ser en ocasiones difícil de reconocer, por lo que es necesario coagular o movilizar el plexo coroideo, exponiendo la fisura coroidea.

-Suelo lateral: En esta región se aprecia una importante referencia anatómica, la eminencia colateral. La eminencia colateral constituye la impresión ventricular del surco colateral, que a su vez es el surco que separa el giro parahipocampal del giro occipitotemporal en la cara inferior del lóbulo temporal. La eminencia colateral procede del trígono colateral y marca el camino hacia la punta del cuerno temporal y la región amigdalar.

El surco hipocampal marca el límite entre el suelo y la pared medial del cuerpo ventricular.

La eminencia colateral se dirige hacia la punta del cuerno temporal, donde gira suavemente hacia medial y constituye el receso uncal, que es el marcador de la transición amígdala-hipocampo (Fig.12).

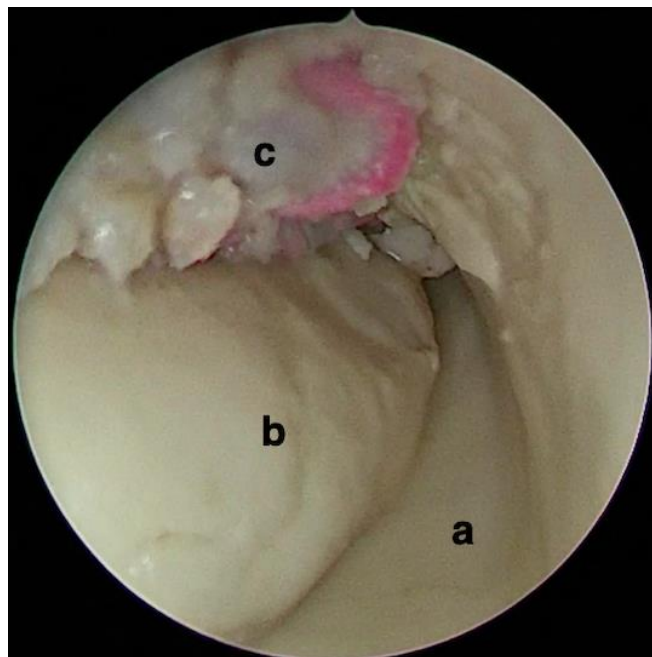
A nivel del suelo del receso uncal es posible seguir la porción anterior de la eminencia colateral, que termina en la impresión amigdalina en la porción anterior del receso uncal. Medialmente se halla la cabeza hipocampal.

Como comentado anteriormente, la AHS es en el caso del abordaje a estudio realmente una "hipocampo-amigdalectomía", ya que la resección inicia por el cuerpo del hipocampo y continúa anteriormente hacia la amígdala; esto no debe sorprender, considerando que se trata de un abordaje que, a diferencia de los abordajes anteriormente descritos en literatura es postero-anterior. La resección ha de ser realizada mediante técnica bimanual: mientras un cirujano utiliza el endoscopio, otro realiza el procedimiento quirúrgico. Pueden utilizarse bien instrumentos de disección, coagulación y aspiración tradicionales en microcirugía, bien un aspirador ultrasónico, lo que, como descrito en otros abordajes para la AHS, simplifica la técnica quirúrgica <sup>32</sup>. El límite lateral de la resección es el que separa el hipocampo del suelo del cuerno temporal del

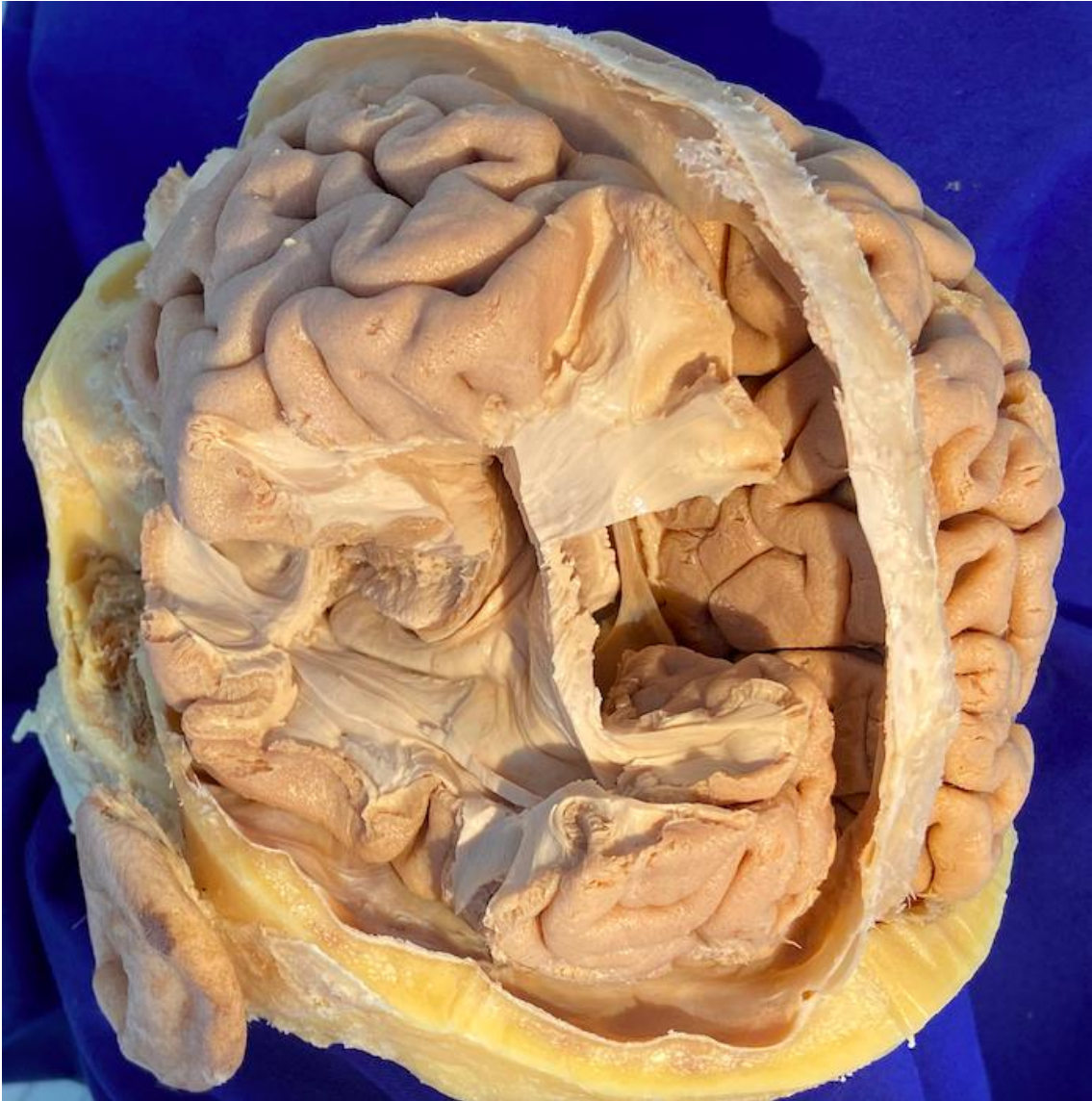
ventrículo lateral, es decir, el surco hipocampal; el límite medial es la pía madre que se para el hipocampo de las cisternas perimesencefálicas y los vasos que en ellas están alojados. En el cadáver formolizado la pía madre se hace muy opaca y extremadamente adherida al parénquima cerebral, una situación que es muy diferente respecto al cerebro in-vivo, en el que hay siempre un claro plano de separación entre la pía madre y la región subpial.

Según se va avanzando en la resección del hipocampo, el corredor quirúrgico postero-anterior hacia el receso uncal se va ensanchando; tras completar la resección de la cabeza hipocampal, el receso uncal queda completamente abierto y queda expuesta tu pared anteromedial en la que está oculta la amígdala.

La figura 13 muestra una panorámica de la ruta hacia el complejo amígdala-hipocampo.



**Fig.12:** Cadáver formolizado e inyectado, visión endoscópica intraventricular. Hemisferio derecho. Se puede apreciar la porción terminal de la eminencia colateral curvando para formar el receso uncal (a). Medialmente a ella, la cabeza del hipocampo (b) y superiormente, el extremo anterior del plexo coroideo (c)



**Fig.13:** Cadáver formolizado e inyectado, visión global de la ruta quirúrgica hacia el receso uncal.  
Hemisferio izquierdo

## VII. DISCUSIÓN

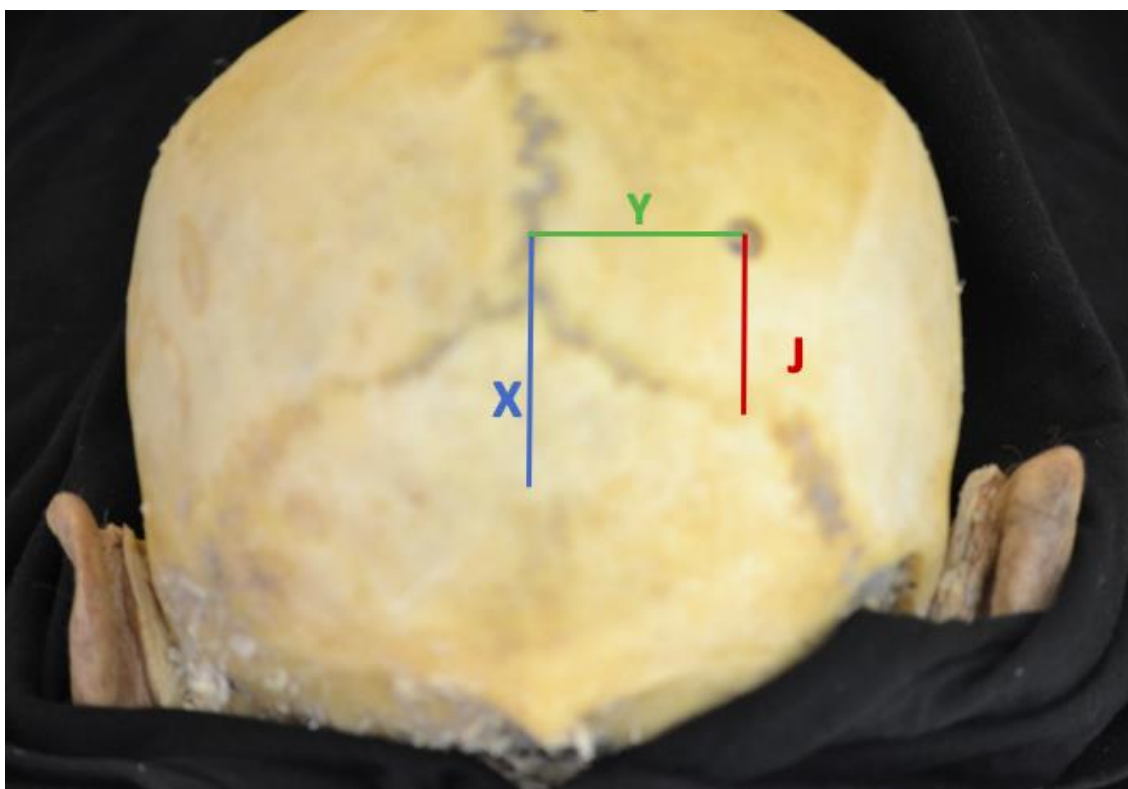
En el 1995, Silbergeld et al.<sup>64</sup> describieron la navegación del cuerno temporal con la utilización de un endoscopio flexible: se trataba de un estudio cadavérico preliminar que comparaba una ruta trans-T2 y otra occipital. Según los Autores, la ruta temporal permitía una correcta visualización de la amígdala y de la cabeza hipocampal, pero un limitado control visual sobre el cuerpo y la cola del hipocampo; la ruta occipital, en cambio, permitía una visualización correcta del cuerno temporal desde el atrio hasta la cabeza hipocampal. Los Autores concluían que, tras unos convenientes avances tecnológicos, este abordaje podría proporcionar una buena estrategia quirúrgica para pacientes con epilepsia refractaria de claro origen mediobasal.

Varios años después, Bahuleyan et Al.<sup>41</sup> describían una AHS puramente endoscópica, mediante la utilización de un endoscopio rígido y utilizando un sistema de resección-aspiración basado en el nitrógeno. Este trabajo presenta sin embargo varias limitaciones: en primer lugar, se describe el punto de Kocher como punto de acceso ventricular. Tal y como hacen notar González Sánchez et al.<sup>60</sup>, el punto de Kocher es un punto precoronal que garantiza acceso al cuerno frontal del ventrículo lateral, pero no es posible a través de esta referencia acceder al cuerno temporal con seguridad. En segundo lugar, las características del abordaje no están bien delineadas, lo que hace que no sea reproducible. En tercer lugar, realizar procedimientos extensos de resección en un espacio profundo y estrecho, trabajando con el solo apoyo del canal de trabajo del endoscopio, limita bastante la maniobrabilidad para el cirujano, exponiendo además al riesgo de sangrados difíciles de controlar.

Recientemente el ya citado trabajo de González Sánchez y colegas<sup>60</sup> ofrece una descripción muy estructurada de la ruta posterior de abordaje al cuerno temporal y de la anatomía temporal, aunque los Autores no contemplan la posibilidad de realizar procedimientos de resección en el cuerno temporal, debido a la incomodidad y a la profundidad del campo. Este trabajo representa sin duda alguna el punto de partida de nuestro planteamiento: el abordaje posterior al cuerno temporal constituye la ruta natural de abordaje endoscópico al complejo amígdala-hipocampo.

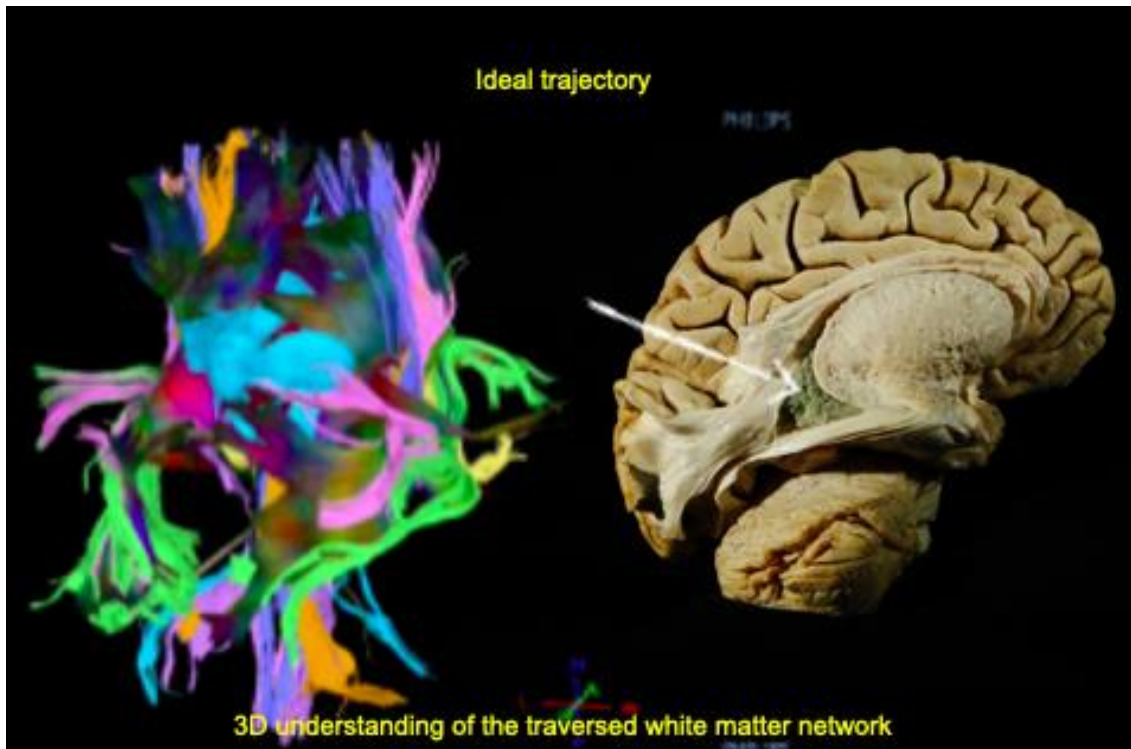
En nuestro estudio las coordenadas del punto de entrada para el abordaje propuesto son: 4 cm superior al inion (punto X), 4 cm lateral a la línea media (punto Y). Dichos puntos de referencia son comparables con los descritos anteriormente por González Sánchez et Al. <sup>60</sup>. Cabe destacar, según los resultados de nuestro trabajo, la importancia de la sutura lambdoidea como referencia anatómica añadida, ya que muestra correlación estadísticamente significativa con la facilidad de la AHS: el punto de entrada ideal debería ubicarse en promedio 1.1cm superior al punto de paso de la sutura lambdoidea en el mismo plano sagital marcado por el punto Y (punto J). El *key point* para el abordaje a estudio es ilustrado en la figura 1.

Desde este punto de trabajo la corteza visual queda posterior y la corteza motora anterior; la ruta de abordaje pasa posteriormente al brazo posterior de la cápsula interna, dirigiéndose a la porción posterosuperior del techo del atrio ventricular y respetando en gran medida la vía óptica (Fig.2).



**Fig.1:** Punto de entrada craneal para el abordaje a estudio





**Fig.2:** Comparativa entre una imagen de tractografía y una disección de fibra blanca, que muestra de manera gráfica como, dirigiéndose hacia el techo del atrio ventricular desde el punto de entrada establecido, la vía óptica y motora son respetadas (*imagen concedida por el Dr. Pablo González López*)

Según los datos obtenidos en nuestro trabajo, las distancias de trabajo son asequibles para una técnica asistida por endoscopia, con una distancia media entre la corteza cerebral y el receso uncal (CRU) de 8.2 cm y entre acceso al atrio y receso uncal (ARU) de 5.6 cm. La distancia ARU, además, se correlaciona de forma estadísticamente significativa con la factibilidad de la AHS de manera que, cuanto más corta sea dicha distancia, es decir, menos profundo el canal de trabajo, más fácil sería el procedimiento. El recorrido intraparenquimatoso del endoscopio es medido por la "profundidad de corticotomía" (o distancia CRU-ARU) y muestra un valor promedio de 2.6 cm con rango 1.8-3.5 cm, de manera que en principio una inserción del endoscopio de más de 4 cm sin entrada en ventrículo ha de hacer sospechar una trayectoria incorrecta.

El ángulo de orientación del endoscopio ha de ser latero-medial con una orientación de unos 10° hacia la línea media (ángulo medial) y supero-inferior, con una orientación de unos 35° hacia la línea órbito-meatal (ángulo vertical).

El estudio estadístico, como sería intuitivo deducir, muestra también una relación significativa entre la talla ventricular y la "facilidad" de la AHS, de manera que pacientes con un mayor índice de Evans serían mejores candidatos a la técnica a estudio. En el ser humano en vivo, sin embargo, la irrigación endoscópica con suero fisiológico podría producir una dilatación de la talla ventricular más marcada que en el espécimen formolizado (cuya textura es poco distensible), facilitando el procedimiento en pacientes con menor talla ventricular. Varios estudios sugieren que la presencia de una talla ventricular estrecha no es contraindicación para la endoscopia intraventricular<sup>65 66 67</sup>.

Un escrupuloso estudio anatómico permite conocer el punto de entrada, la trayectoria y el ángulo ideales para el abordaje; sin embargo la tasa de error en la cateterización del cuerno occipital sin guía de imagen no es indiferente<sup>68</sup>: la neuronavegación constituye un añadido importante para minimizar los riesgos y optimizar la trayectoria de forma óptima para cada espécimen.

Cabe destacar que el trayecto quirúrgico tiene una forma de "V", en la que la porción distal, que corresponde a la región a resear, se encuentra en el vértice de esta V y se dirige hacia medial. Por esta razón el cuerpo del hipocampo obstruye la correcta visualización del receso uncal. Para mejorar la amplitud del campo operatorio es por lo tanto necesario realizar una "hipocampo-amigdalectomía", más bien que una "amígdalo-hipocampectomía": en las técnicas tradicionales microquirúrgicas, el cirujano gana acceso a la punta del lóbulo temporal, extirpa la amígdala y la cabeza del hipocampo y sucesivamente, siguiendo el plano pial, reseca también parte del cuerpo. En el abordaje a estudio, sin embargo, es la resección del cuerpo del hipocampo que nos ganará el acceso al receso uncal, referencia de amígdala y cabeza del hipocampo. En la fase de resección nos ha parecido útil, pero no indispensable, la utilización del aspirador ultrasónico, que minimiza las maniobras de retracción sobre el parénquima y posiblemente el sangrado.

La fisura y el plexo coroideos deben ser manejados con sumo cuidado para evitar hemorragias intraoperatorias; las pequeñas arterias nutricias del hipocampo (procedentes de las arterias hipocampales anterior o posterior) y las venas transversas del hipocampo (tributarias de la vena basal de Rosenthal) pueden ser identificadas y coaguladas mediante coagulación bipolar: la técnica asistida por endoscopio permite al cirujano usar ambas manos para el control de la hemorragia.

El estudio de fibra blanca muestra como la radiación óptica se encuentra, en la porción posterior del lóbulo temporal, "abierto" en abanico: es decir, la fibra blanca cubre una amplia superficie, por lo que el traumatismo hipotético que pudiera producir la entrada del introductor es menos relevante que en la porción anterior del lóbulo temporal. En otras palabras, cuanto más se acerca la radiación óptica a la corteza de la región calcarina, menos compactas y más separadas y horizontales están las fibras visuales en su interior, de tal manera que el porcentaje de fibras dañadas en una supuesta lesión en el loop de Meyer sería idealmente muy superior al de una lesión, de idéntico tamaño, producida en el segmento dorsal de la radiación óptica. En esto se fundamenta una de las teóricas ventajas del abordaje a estudio con respecto a los abordajes clásicos transtemporales o transilviano, que, de una forma u otra, exponen a un riesgo elevado de lesionar el loop de Meyer. La apertura de la punta del cuerno temporal, necesaria para los abordajes clásicos extraventriculares, expone de hecho a la práctica seguridad de que el paciente desarrolle al menos una cuadrantanopsia<sup>69</sup>, una secuela que, aunque no produzca una severa afectación de las actividades básicas de la vida diaria en el paciente<sup>70</sup>, sería evitable.

El abordaje a través del giro temporal medio puede también causar cuadrantanopsias por lesión de la radiación óptica al pasar por la pared lateral del cuerno temporal, pero sobre todo acarrea un riesgo elevado de dañar el área de Wernicke y las zonas con ella relacionadas, que comienza en los giros superior y medio aproximadamente 5-6 detrás del polo temporal<sup>71</sup>.

Por el otro lado, los abordajes clásicos microquirúrgicos a la región del atrio son tradicionalmente más arriesgados y conllevan varias secuelas posibles. El abordaje parietal transcortical al atrio a través del giro parietal superior, o a través de la unión temporoparietal puede producir una hemianopsia por daño de la radiación óptica, pero está asociado con una incidencia menor de déficit visual <sup>72</sup>.

En resumen, cuanto más posterior menos riesgo hay de dañar la radiación óptica, pero un abordaje demasiado posterior corre el riesgo de dañar la corteza calcarina; por ello una correcta planificación quirúrgica, añadida a la utilización de técnicas de apoyo intraoperatorio cuales la neuronavegación, permite dejar posteriormente al punto de corticotomía la corteza visual y anteriormente la corteza motora, y realizar una trayectoria hacia el techo del atrio ventricular que no dañe, o produzca un daño mínimo sobre la radiación óptica, dejando anteriormente el tapetum que reviste el atrio ventricular, pero no la porción posterosuperior de su techo (véase Fig.2).

Todos los abordajes se han realizado tanto con la cabeza posicionada en prono como simulando una posición sentada del "paciente" y no se han apreciado diferencias subjetivas ni en la comodidad del cirujano ni en la visibilidad de las estructuras. En un hipotético abordaje sobre un paciente, la posición prona, habitualmente utilizada en neurocirugía, sería por lo tanto la de elección: de esta manera se evitaría la necesidad de un abordaje sobre paciente sentado o semisentado, que precisa complejas valoraciones pre- e intraoperatorias y está asociado con una tasa más alta de complicaciones cuales hipotensión intraoperatoria y embolismo aéreo venoso <sup>73</sup>.

Por último, este trabajo presenta varias limitaciones.

En primer lugar, hay que considerar las diferencias entre el espécimen en formol y las condiciones reales intraoperatorias en el ser humano vivo, que podrían confundir a la hora de extrapolar los resultados del estudio cadavérico a la práctica en vivo.

1. Como explicado anteriormente, el tejido en formol es poco distensible, lo que puede afectar a la capacidad del suero fisiológico irrigado para dilatar la pared ventricular. Este tipo de preparación hace también bastante friable el parénquima, por lo que al introducir y sacar los instrumentos se produce una siembra de material cerebral que es molesta para el operador y que no existiría en el cerebro fresco.
2. En el ser vivo habría que tener en cuenta el potencial sangrado, que podría bloquear completamente la visión endoscópica; por esta razón nos parece que la técnica asistida por endoscopio, con un canal de trabajo y un cirujano con dos instrumentos en mano, podría ser más efectiva a la hora de controlar un eventual sangrado. La posibilidad de utilizar instrumentos de disección microquirúrgica y coagulación bipolar aumenta la maniobrabilidad y permite un mayor control sobre el sangrado. En cuanto a las supuestas ventajas sobre la lesión de la radiación óptica, serían necesarios estudios en paciente quirúrgico para comparar las diferencias campimétricas postoperatorias entre distintas técnicas y así asegurar la superioridad de una respecto a otra.
3. La utilización del neuronavegador sería fundamental para la planificación y la orientación intraoperatoria en el paciente vivo. Ha de tenerse en cuenta por lo tanto el "*brain shift*"<sup>74 75</sup>, fenómeno que suele producirse en el paciente quirúrgico: se trata de la pérdida de precisión de los instrumentos de neuronavegación a lo largo de la cirugía, debido a los movimientos del parénquima cerebral y a la pérdida de volumen intracraneal por vaciado de LCR y/o pérdida de sustancia cerebral. El *brain shift* ha sido cuantificado de forma muy variable, pero por lo general el desplazamiento varía entre 0.8 y 14mm<sup>75</sup>. Considerando que el *brain shift* parece empeorar con el aumento del tiempo quirúrgico y la cantidad de volumen intracraneal extirpada<sup>74 75</sup>, en el caso del

abordaje a estudio su influencia debería ser mínima o inexistente, ya que la neuronavegación es útil en las fases iniciales de la cirugía (planificación y realización de la entrada craneal y de la trayectoria para alcanzar en atrio ventricular): una vez alcanzado el ventrículo, las referencias anatómicas intraventriculares son las que deben guiar al cirujano en la realización de la AHS.

Otra limitación del estudio es el escaso número de especímenes, aunque a pesar de ello haya sido posible obtener datos estadísticamente significativos.

## VIII. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se describe la amígdalo-hipocampectomía selectiva intraventricular asistida por endoscopio mediante abordaje posterior al cuerno temporal.

1. Los resultados sugieren que se trata de un procedimiento factible y fiable en espécimen cadavérico humano.
2. El abordaje a estudio produce un traumatismo mínimo comparado con otras técnicas, sobre sustancia blanca y otras áreas elocuentes.
3. En el estudio anatómico realizado, el punto de acceso ideal ha mostrado estar ubicado 4.1 cm superior al inion (punto X), 4.3 cm respecto a la línea media (punto Y), 1.1 cm respecto a la sutura lambdoidea pasante por el mismo plano sagital del punto Y (punto J).
4. El ángulo de orientación del endoscopio ha de ser latero-medial con una orientación de unos 10° hacia la línea media (ángulo medial) y supero-inferior, con una orientación de unos 35° hacia la línea órbito-meatal (ángulo vertical).
5. La distancia media entre la corteza cerebral y el receso uncal (CRU) ha sido de 8.2 cm y entre acceso al atrio y receso uncal (ARU) de 5.6 cm. El recorrido intraparenquimatoso del endoscopio, medido por la "profundidad de corticotomía" (o distancia CRU-ARU) ha mostrado un valor promedio de 2.6 cm.
6. Los datos estadísticos sugieren que una corta distancia de trabajo y una talla ventricular aumentada se relacionan con una mayor facilidad del procedimiento.

Es posible que el abordaje a estudio pueda aplicarse también a otras patologías del lóbulo temporal.

La seguridad y la factibilidad del abordaje a estudio deberían ser valoradas mediante estudios prospectivos en vivo, comparando los resultados clínicos con las técnicas microquirúrgicas tradicionales en términos de complicaciones, afectación de áreas elocuentes, posibles secuelas neurológicas y control de las crisis.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Vries JK. An endoscopic technique for third ventriculostomy. *Surg Neurol.* 1978;9(3):165-168.
2. Schroeder HWS. General principles and intraventricular neuroendoscopy: endoscopic techniques. *World Neurosurg.* 2013;79(2 Suppl):S14.e23-28. doi:10.1016/j.wneu.2012.02.031
3. Bahuleyan B, Manjila S, Robinson S, Cohen AR. Minimally invasive endoscopic transventricular hemispherotomy for medically intractable epilepsy: a new approach and cadaveric demonstration. *J Neurosurg Pediatr.* 2010;6(6):536-540. doi:10.3171/2010.9.PEDS10267
4. Chandra PS, Kurwale N, Garg A, Dwivedi R, Malviya SV, Tripathi M. Endoscopy-assisted interhemispheric transcallosal hemispherotomy: preliminary description of a novel technique. *Neurosurgery.* 2015;76(4):485-494; discussion 494-495. doi:10.1227/NEU.0000000000000675
5. Rhoton AL Jr. *Rhoton's Cranial Anatomy and Surgical Approaches.* 1st Ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
6. French JA, Williamson PD, Thadani VM, et al. Characteristics of medial temporal lobe epilepsy: I. Results of history and physical examination. *Ann Neurol.* 1993;34(6):774-780. doi:10.1002/ana.410340604
7. Kwan P, Arzimanoglou A, Berg AT, et al. Definition of drug resistant epilepsy: consensus proposal by the ad hoc Task Force of the ILAE Commission on Therapeutic Strategies. *Epilepsia.* 2010;51(6):1069-1077. doi:10.1111/j.1528-1167.2009.02397.x
8. Flor-Henry P. Psychosis and temporal lobe epilepsy. A controlled investigation. *Epilepsia.* 1969;10(3):363-395. doi:10.1111/j.1528-1157.1969.tb03853.x
9. Wiebe S, Blume WT, Girvin JP, Eliasziw M, Effectiveness and Efficiency of Surgery for Temporal Lobe Epilepsy Study Group. A randomized, controlled trial of surgery for temporal-lobe epilepsy. *N Engl J Med.* 2001;345(5):311-318. doi:10.1056/NEJM200108023450501
10. Engel J, McDermott MP, Wiebe S, et al. Early surgical therapy for drug-resistant temporal lobe epilepsy: a randomized trial. *JAMA.* 2012;307(9):922-930.



doi:10.1001/jama.2012.220

11. Spencer DD, Spencer SS. Surgery for epilepsy. *Neurol Clin.* 1985;3(2):313-330.
12. Devinsky O, Perrine K, Llinas R, Luciano DJ, Dogali M. Anterior temporal language areas in patients with early onset of temporal lobe epilepsy. *Ann Neurol.* 1993;34(5):727-732. doi:10.1002/ana.410340517
13. Krauss GL, Fisher R, Plate C, et al. Cognitive effects of resecting basal temporal language areas. *Epilepsia.* 1996;37(5):476-483. doi:10.1111/j.1528-1157.1996.tb00594.x
14. Lüders H, Lesser RP, Hahn J, et al. Basal temporal language area demonstrated by electrical stimulation. *Neurology.* 1986;36(4):505-510. doi:10.1212/wnl.36.4.505
15. Wen HT, Rhoton AL, de Oliveira E, et al. Microsurgical anatomy of the temporal lobe: part 1: mesial temporal lobe anatomy and its vascular relationships as applied to amygdalohippocampectomy. *Neurosurgery.* 1999;45(3):549-591; discussion 591-592. doi:10.1097/00006123-199909000-00028
16. Yaşargil MG, von Ammon K, Cavazos E, Doczi T, Reeves JD, Roth P. Tumours of the limbic and paralimbic systems. *Acta Neurochir (Wien).* 1992;118(1-2):40-52. doi:10.1007/bf01400725
17. Ono M, Kubik S, Abernathy CD. *Atlas of the Cerebral Sulci.* Stuttgart, Georg Thieme Verlag; 1990.
18. Ono M, Ono M, Rhoton AL, Barry M. Microsurgical anatomy of the region of the tentorial incisura. *J Neurosurg.* 1984;60(2):365-399. doi:10.3171/jns.1984.60.2.0365
19. Gloor P. *The Temporal Lobe and Limbic System.* Oxford University Press; 1997.
20. Duvernoy HM. *The Human Hippocampus: An Atlas of Applied Anatomy.* 1st ed. JF Bergmann Verlag; 1988.
21. Mark LP, Daniels DL, Naidich TP, Borne JA. Limbic system anatomy: an overview. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1993;14(2):349-352.
22. Nagata S, Rhoton AL, Barry M. Microsurgical anatomy of the choroidal fissure. *Surg Neurol.* 1988;30(1):3-59. doi:10.1016/0090-3019(88)90180-2
23. Erdem A, Yaşargil G, Roth P. Microsurgical anatomy of the hippocampal arteries. *J Neurosurg.* 1993;79(2):256-265. doi:10.3171/jns.1993.79.2.0256
24. Dekeyzer S, De Kock I, Nikoubashman O, et al. “Unforgettable” - a pictorial essay

- on anatomy and pathology of the hippocampus. *Insights Imaging*. 2017;8(2):199-212. doi:10.1007/s13244-016-0541-2
25. Rhoton AL. The lateral and third ventricles. *Neurosurgery*. 2002;51(4 Suppl):S207-271.
26. Horsley Victor. *Brain Surgery*. John Bale & Sons; 1887.
27. Jobst BC, Cascino GD. Resective epilepsy surgery for drug-resistant focal epilepsy: a review. *JAMA*. 2015;313(3):285-293. doi:10.1001/jama.2014.17426
28. Iachinski RE, de Meneses MS, Simão CA, da Rocha SFB, de Oliveira Braga F, Kowacs PA. Patient satisfaction with temporal lobectomy/selective amygdalohippocampectomy for temporal lobe epilepsy and its relationship with Engel classification and the side of lobectomy. *Epilepsy Behav EB*. 2014;31:377-380. doi:10.1016/j.yebeh.2013.09.022
29. Niemeyer P. The transventricular amygdalo-hippocampectomy in temporal lobe epilepsy. In: *The Temporal Lobe Epilepsy*. Charles C Thomas; 1958:461-482.
30. Niemeyer P., Bello H. Niemeyer: Amygdalohippocampectomy for temporal lobe... - Google Académico. Accessed December 31, 2019. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Amygdalohippocampectomy+in+temporal+lobe+epilepsy.+Microsurgical+technique&publication+year=1973&author=Niemeyer+P&author=Bello+H.&journal=Excerpta+Medica&volume=293](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Amygdalohippocampectomy+in+temporal+lobe+epilepsy.+Microsurgical+technique&publication+year=1973&author=Niemeyer+P&author=Bello+H.&journal=Excerpta+Medica&volume=293)
31. Wieser HG, Yaşargil MG. Selective amygdalohippocampectomy as a surgical treatment of mesiobasal limbic epilepsy. *Surg Neurol*. 1982;17(6):445-457. doi:10.1016/s0090-3019(82)80016-5
32. Yaşargil MG, Krayenbühl N, Roth P, Hsu SPC, Yaşargil DCH. The selective amygdalohippocampectomy for intractable temporal limbic seizures. *J Neurosurg*. 2010;112(1):168-185. doi:10.3171/2008.12.JNS081112
33. Olivier A. Temporal resections in the surgical treatment of epilepsy. *Epilepsy Res Suppl*. 1992;5:175-188.
34. Hori T, Tabuchi S, Kurosaki M, Kondo S, Takenobu A, Watanabe T. Subtemporal amygdalohippocampectomy for treating medically intractable temporal lobe epilepsy. *Neurosurgery*. 1993;33(1):50-56; discussion 56-57.
35. Park TS, Bourgeois BF, Silbergeld DL, Dodson WE. Subtemporal

transparahippocampal amygdalohippocampectomy for surgical treatment of mesial temporal lobe epilepsy. Technical note. *J Neurosurg.* 1996;85(6):1172-1176. doi:10.3171/jns.1996.85.6.1172

36. Shimizu H, Suzuki I, Ishijima B. Zygomatic approach for resection of mesial temporal epileptic focus. *Neurosurgery.* 1989;25(5):798-801. doi:10.1097/00006123-198911000-00017

37. 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(5):667-671. doi:10.1227/00006123-198411000-00005

38. Türe U, Harput MV, Kaya AH, et al. The paramedian supracerebellar-transtentorial approach to the entire length of the mediobasal temporal region: an anatomical and clinical study. Laboratory investigation. *J Neurosurg.* 2012;116(4):773-791. doi:10.3171/2011.12.JNS11791

39. Chen HI, Bohman L-E, Loevner LA, Lucas TH. Transorbital endoscopic amygdalohippocampectomy: a feasibility investigation. *J Neurosurg.* 2014;120(6):1428-1436. doi:10.3171/2014.2.JNS131060

40. Chen HI, Bohman L-E, Emery L, et al. Lateral Transorbital Endoscopic Access to the Hippocampus, Amygdala, and Entorhinal Cortex: Initial Clinical Experience. *ORL J Oto-Rhino-Laryngol Its Relat Spec.* 2015;77(6):321-332. doi:10.1159/000438762

41. Bahuleyan B, Fisher W, Robinson S, Cohen AR. Endoscopic transventricular selective amygdalohippocampectomy: cadaveric demonstration of a new operative approach. *World Neurosurg.* 2013;80(1-2):178-182. doi:10.1016/j.wneu.2012.10.005

42. Helmstaedter C, Elger CE, Hufnagel A, Zentner J, Schramm J. Different effects of left anterior temporal lobectomy, selective amygdalohippocampectomy, and temporal cortical lesionectomy on verbal learning, memory, and recognition. *J Epilepsy.* 1996;9(1):39-45. doi:10.1016/0896-6974(95)00070-4

43. Kuang Y, Yang T, Gu J, Kong B, Cheng L. Comparison of therapeutic effects between selective amygdalohippocampectomy and anterior temporal lobectomy for the treatment of temporal lobe epilepsy: a meta-analysis. *Br J Neurosurg.* 2014;28(3):374-377. doi:10.3109/02688697.2013.841854

44. Helmstaedter C, Grunwald Th, Lehnertz K, Gleißner U, Elger CE. Differential

- Involvement of Left Temporolateral and Temporomesial Structures in Verbal Declarative Learning and Memory: Evidence from Temporal Lobe Epilepsy. *Brain Cogn.* 1997;35(1):110-131. doi:10.1006/brcg.1997.0930
45. Pauli E, Pickel S, Schulemann H, Buchfelder M, Stefan H. Neuropsychologic findings depending on the type of the resection in temporal lobe epilepsy. *Adv Neurol.* 1999;81:371-377.
46. Engel J. Update on surgical treatment of the epilepsies. Summary of the Second International Palm Desert Conference on the Surgical Treatment of the Epilepsies (1992). *Neurology.* 1993;43(8):1612-1617. doi:10.1212/wnl.43.8.1612
47. Engel J, International League Against Epilepsy (ILAE). A proposed diagnostic scheme for people with epileptic seizures and with epilepsy: report of the ILAE Task Force on Classification and Terminology. *Epilepsia.* 2001;42(6):796-803. doi:10.1046/j.1528-1157.2001.10401.x
48. Dorfer C, Czech T, Aull-Watschinger S, et al. Mesial temporal lobe epilepsy: long-term seizure outcome of patients primarily treated with transsylvian selective amygdalohippocampectomy. *J Neurosurg.* 2018;129(1):174-181. doi:10.3171/2017.4.JNS162699
49. Clusmann H, Schramm J, Kral T, et al. Prognostic factors and outcome after different types of resection for temporal lobe epilepsy. *J Neurosurg.* 2002;97(5):1131-1141. doi:10.3171/jns.2002.97.5.1131
50. Yaşargil MG, Wieser HG, Valavanis A, von Ammon K, Roth P. Surgery and results of selective amygdala-hippocampectomy in one hundred patients with nonlesional limbic epilepsy. *Neurosurg Clin N Am.* 1993;4(2):243-261.
51. Lutz MT, Clusmann H, Elger CE, Schramm J, Helmstaedter C. Neuropsychological outcome after selective amygdalohippocampectomy with transsylvian versus transcortical approach: a randomized prospective clinical trial of surgery for temporal lobe epilepsy. *Epilepsia.* 2004;45(7):809-816. doi:10.1111/j.0013-9580.2004.54003.x
52. Lüders H, Lesser RP, Hahn J, et al. Basal temporal language area demonstrated by electrical stimulation. *Neurology.* 1986;36(4):505-510. doi:10.1212/wnl.36.4.505
53. Klingler J, Klingler J, Klingler JP. Erleichterung der makroskopischen

Präparation des Gehirn durch den Gefrierprozess. Published online January 1, 1935. Accessed December 31, 2019. <https://www.scienceopen.com/document?vid=c4f66b86-0eca-4b3f-932c-17cfd3068cff>

54. Klingler J, Gloor P. The connections of the amygdala and of the anterior temporal cortex in the human brain. *J Comp Neurol.* 1960;115:333-369. doi:10.1002/cne.901150305

55. Ludwig E, Klinger J. *Atlas Cerebri Humani.* S.Karger; 1956.

56. Türe U, Yaşargil MG, Friedman AH, Al-Mefty O. Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain. *Neurosurgery.* 2000;47(2):417-426; discussion 426-427. doi:10.1097/00006123-200008000-00028

57. Evans WA. AN ENCEPHALOGRAPHIC RATIO FOR ESTIMATING VENTRICULAR ENLARGEMENT AND CEREBRAL ATROPHY. *Arch Neurol Psychiatry.* 1942;47(6):931-937. doi:10.1001/archneurpsyc.1942.02290060069004

58. Sanan A, Abdel Aziz KM, Janjua RM, van Loveren HR, Keller JT. Colored silicone injection for use in neurosurgical dissections: anatomic technical note. *Neurosurgery.* 1999;45(5):1267-1271; discussion 1271-1274. doi:10.1097/00006123-199911000-00058

59. Alvernia JE, Pradilla G, Mertens P, Lanzino G, Tamargo RJ. Latex injection of cadaver heads: technical note. *Neurosurgery.* 2010;67(2 Suppl Operative):362-367. doi:10.1227/NEU.0b013e3181f8c247

60. Sánchez JJG, Rincon-Torroella J, Prats-Galino A, et al. New endoscopic route to the temporal horn of the lateral ventricle: surgical simulation and morphometric assessment. *J Neurosurg.* 2014;121(3):751-759. doi:10.3171/2014.5.JNS132309

61. Peltier J, Travers N, Destrieux C, Velut S. Optic radiations: a microsurgical anatomical study. *J Neurosurg.* 2006;105(2):294-300. doi:10.3171/jns.2006.105.2.294

62. Meyer A. The connections of the occipital lobes and the present status of the cerebral visual affections. *Trans Assoc Am Physicians.* 1907;22:7-16.

63. Vandewalle G, Beuls E, Vanormelingen L, Vandersteen M. Accessory intraventricular prominence of the occipital horn of the lateral ventricle. *J Neurosurg.* 2003;99(1):151-155. doi:10.3171/jns.2003.99.1.0151

64. Silbergeld DL, Vollmer DG, Tantuwaya VS, Eichler ME. Endoscopic

transventricular hippocampectomy. *J Epilepsy*. 1995;8(1):68-73. doi:10.1016/0896-6974(94)00012-O

65. Cappabianca P, Cinalli G, Gangemi M, et al. Application of neuroendoscopy to intraventricular lesions. *Neurosurgery*. 2008;62 Suppl 2:575-597; discussion 597-598. doi:10.1227/01.neu.0000316262.74843.dd

66. Gaab MR, Schroeder HW. Neuroendoscopic approach to intraventricular lesions. *J Neurosurg*. 1998;88(3):496-505. doi:10.3171/jns.1998.88.3.0496

67. Nagm A, Ogiwara T, Goto T, Chiba A, Hongo K. Neuroendoscopy via an Extremely Narrow Foramen of Monro: A Case Report. *NMC Case Rep J*. 2017;4(1):37-42. doi:10.2176/nmccrj.cr.2016-0157

68. Shimizu S, Tanaka R, Iida H, Fujii K. Manual occipital ventricular puncture for cerebrospinal fluid shunt surgery: can aiming be standardized? *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2004;44(7):353-357; discussion 358. doi:10.2176/nmc.44.353

69. Mengesha T, Abu-Ata M, Haas KF, et al. Visual field defects after selective amygdalohippocampectomy and standard temporal lobectomy. *J Neuro-Ophthalmol Off J North Am Neuro-Ophthalmol Soc*. 2009;29(3):208-213. doi:10.1097/WNO.0b013e3181b41262

70. Ebeling U, Reulen HJ. Neurosurgical topography of the optic radiation in the temporal lobe. *Acta Neurochir (Wien)*. 1988;92(1-4):29-36. doi:10.1007/bf01401969

71. Penfield W, Flanigin H. Surgical therapy of temporal lobe seizures. *AMA Arch Neurol Psychiatry*. 1950;64(4):491-500. doi:10.1001/archneurpsyc.1950.02310280003001

72. Fornari M, Savoiaro M, Morello G, Solero CL. Meningiomas of the lateral ventricles. Neuroradiological and surgical considerations in 18 cases. *J Neurosurg*. 1981;54(1):64-74. doi:10.3171/jns.1981.54.1.0064

73. Mavarez-Martinez A, Israelyan LA, Soghomonyan S, et al. The Effects of Patient Positioning on the Outcome During Posterior Cranial Fossa and Pineal Region Surgery. *Front Surg*. 2020;7. doi:10.3389/fsurg.2020.00009

74. Gerard IJ, Kersten-Oertel M, Petrecca K, Sirhan D, Hall JA, Collins DL. Brain shift in neuronavigation of brain tumors: A review. *Med Image Anal*. 2017;35:403-420. doi:10.1016/j.media.2016.08.007

75. Reinges MHT, Nguyen H-H, Krings T, Hütter B-O, Rohde V, Gilsbach JM. Course of brain shift during microsurgical resection of supratentorial cerebral lesions: limits of conventional neuronavigation. *Acta Neurochir (Wien)*. 2004;146(4):369-377; discussion 377. doi:10.1007/s00701-003-0204-1