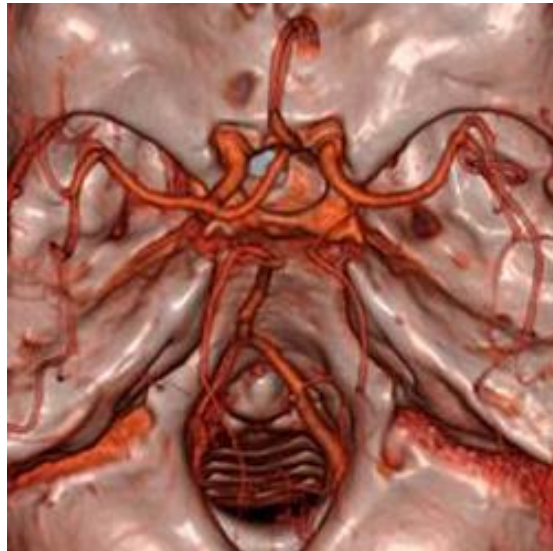


**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA E HISTOLOGÍA**  
**HUMANAS**

**TESIS DOCTORAL**



**AVANCES EN LA VISUALIZACIÓN DE ELEMENTOS**  
**VÁSCULO NERVIOSOS DE LA BASE DEL CRÁNEO**  
**MEDIANTE TÉCNICAS DE NEUROIMAGEN DE ÚLTIMA**  
**GENERACIÓN**

**NELSON DAGOBERTO MENOCA FUNEZ**

**SALAMANCA 2012**





VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA

**D. Juan Antonio Juanes Méndez**, Doctor en Medicina y Cirugía, Profesor titular del Departamento de Anatomía e Histología Humanas, de la Universidad de Salamanca y **D. Juan Carlos Paniagua Escudero**, Doctor en Medicina y Cirugía, Profesor asociado del Departamento de Física, Ingeniería y Radiología Médica de la Universidad de Salamanca

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado **“AVANCES EN LA VISUALIZACIÓN DE ELEMENTOS VÁSCULO NERVIOSOS DE LA BASE DEL CRÁNEO MEDIANTE TÉCNICAS DE NEUROIMAGEN DE ÚLTIMA GENERACIÓN”** ha sido realizado por **D. Nelson Dagoberto Menocal Funez**, bajo nuestra dirección, reuniendo, a nuestro juicio, los requisitos y méritos suficientes para que el autor del mismo pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Salamanca.

Y para que así conste, firmo la presente certificación en Salamanca a, veinte de febrero de 2012.

F<sup>do</sup>: Prof. Dr. Juan Antonio Juanes Méndez      F<sup>do</sup>: Dr. Juan Carlos Paniagua Escudero



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos aquellos que de alguna manera hicieron posible este trabajo, fruto del esfuerzo y la cooperación de muchos.

Agradezco, muy especialmente a los directores de este trabajo, al Dr., Profesor D. Juan Antonio Juanes Méndez y al Dr. Juan Carlos Paniagua Escudero por su entusiasmo, orientación y aliento permanentes, sin cuya ayuda no hubiera podido realizar este estudio.

Al Departamento de Anatomía e Histología Humanas de la Facultad de Medicina de Salamanca donde se ha efectuado este estudio, por las facilidades prestadas, junto con el Hospital Universitario de Salamanca.

A Aurora, que siempre estuvo apoyándome desde el primer momento, dándome motivación y consejos para llegar a feliz término.

A los adjuntos de la sección de neurorradiología, y muy especialmente al Dr. José Manuel Villanueva Rincón, al personal técnico y de enfermería del servicio de radiodiagnóstico del Hospital Universitario de Salamanca, por sus consejos y colaboración brindada.

Al servicio de radiodiagnóstico del Hospital Universitario Joan XXIII de Tarragona, al Dr. Tomas Luis Sempere Dura, por la aportación de algunas imágenes.

Al profesor Alberto Prats de la Universidad de Barcelona, por su contribución con el software Amira.

A Q-Diagnóstica (servicio de radiodiagnóstico del Hospital Santísima Trinidad de Salamanca), por la aportación de material bibliográfico y de imagen.

Doy gracias a mis padres, hermanos y a toda mi familia por confiar siempre en mí, aún en la distancia.

Gracias finalmente a la aportación de aquellos que de una u otra forma me apoyaron con su estímulo y afecto, y a los que confiaron en que este trabajo llegaría un día a buen fin.

# ÍNDICE

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Agradecimientos.....  | 3  |
| 2. | Prólogo.....  | 9  |
| 3. | Introducción.....   | 13 |
|    | <b>3.1</b> Embriología del cráneo.....  | 13 |
|    | 3.1.1 Embriología de la base del cráneo.....  | 14 |
|    | 3.1.2 Migración celular de la cresta neural.....  | 15 |
|    | 3.1.3 Diferenciación y desarrollo de la base del cráneo.....  | 17 |
|    | 3.1.4 Diferenciación de las estructuras precursoras<br>de la base del cráneo.....   | 19 |
|    | 3.1.5 Cartílagos y cápsulas .....   | 19 |
|    | 3.1.6 Estudio de los centros de osificación .....   | 21 |
|    | <b>3.2</b> Anatomía de la base del cráneo .....   | 22 |
|    | 3.2.1 Visión endocraneal.....   | 22 |
|    | 3.2.2 Visión exocraneal .....   | 25 |
|    | 3.2.3 Componentes vásculo-nerviosos que atraviesan la base del<br>cráneo.....   | 30 |
|    | 3.2.3-A Nervios craneales.....  | 30 |
|    | 3.2.3-B Arterias y venas.....   | 38 |
|    | <b>3.3</b> Técnicas de diagnóstico por imagen para el estudio de la base del<br>cráneo y estructuras que la atraviesan..... | 40 |
|    | 3.3.1 Tomografía computarizada.....   | 41 |
|    | 3.3.2 Angio-TC.....   | 44 |
|    | 3.3.3 Resonancia Magnética.....   | 45 |
|    | 3.3.4 Angio-RM.....   | 47 |
|    | 3.3.5 Angiografía.....  | 49 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>3.4 Aspectos patológicos de la base del cráneo.....</b> | <b>51</b>  |
| <b>4. Planteamiento del trabajo.....</b>                   | <b>61</b>  |
| <b>5. Material y métodos.....</b>                          | <b>73</b>  |
| <b>6. Resultados.....</b>                                  | <b>87</b>  |
| <b>6.1 Estructuras de la fosa cerebral anterior.....</b>   | <b>91</b>  |
| <b>6.2 Estructuras de la fosa cerebral media.....</b>      | <b>115</b> |
| <b>6.3 Estructuras de la fosa cerebral posterior.....</b>  | <b>164</b> |
| <b>6.4 Patología frecuente de la base del cráneo.....</b>  | <b>200</b> |
| 6.4.1 Tumores paranasales.....                             | 200        |
| 6.4.2 Tumores del área selar.....                          | 202        |
| 6.4.3 Meningiomas.....                                     | 204        |
| 6.4.4 Neurinomas.....                                      | 206        |
| 6.4.5 Tumores óseos.....                                   | 208        |
| 6.4.6 Fracturas de la base del cráneo .....                | 211        |
| 6.4.7 Malformación de Arnold-Chiari tipo I.....            | 213        |
| 6.4.8 Angiofibroma nasofaríngeo juvenil.....               | 214        |
| 6.4.9 Cruces neurovasculares cerebrales.....               | 215        |
| 6.4.10 Quistes aracnoideos.....                            | 216        |
| 6.4.11 Paragangliomas.....                                 | 217        |



|                      |     |
|----------------------|-----|
| 7. Discusión.....    | 223 |
| 8. Conclusiones..... | 239 |
| 9. Bibliografía..... | 243 |



## PRÓLOGO

En las últimas décadas existe un claro desarrollo de las distintas modalidades y técnicas de diagnóstico por imagen, que ha contribuido a un mejor estudio de la anatomía normal y de los procesos patológicos que afectan a la base del cráneo. En la actualidad contamos con tecnología de alta precisión, para el estudio de los pequeños detalles anatómicos y de las estructuras vasculo-nerviosas que atraviesan la base del cráneo tales como: Tomografía Computarizada Multidetector (TCMD), Angiografía mediante TCMD, Resonancia Magnética (RM), Angio-RM, angiógrafos digitales y todos los parámetros de informática, reconstrucciones volumétricas y en tres dimensiones (3D) que se pueden realizar con estas técnicas.

En el diagnóstico por imagen es de vital importancia el conocimiento de la anatomía normal, ya que de esto depende una correcta comprensión de los hallazgos y la toma de decisión más adecuada en el campo clínico. Así pues, hay que hacer hincapié en la importancia del conocimiento de la anatomía normal para la interpretación radiológica. Sólo con una clara apreciación de lo normal, es posible identificar lo patológico.

El trabajo que presentamos para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Salamanca, tiene por objetivo el estudio detallado de la morfología de la base del cráneo y los elementos vasculo-nerviosos que la cruzan, empleando para ello las técnicas de neuroimagen de última generación.

El importante papel que hoy asumen en el campo de la exploración diagnóstica, las diferentes técnicas radiológicas, en nuestro caso las técnicas de neuroimagen, la gran aplicación y demanda que actualmente se hace de las mismas en la práctica médica, obliga también a que se hable de las

valoraciones y las posibilidades que estos métodos ofrecen en el terreno de las ciencias morfológicas, y en concreto en el campo de la Anatomía Humana.

Actualmente, al hacer uso constante y prácticamente de forma obligatoria de este tipo de técnicas, el nivel de exigencia de la calidad de nuestro trabajo también se va incrementando, por lo que no nos queda otro camino que manejar adecuadamente estas nuevas aplicaciones y asumir nuestro rol protagonista en el diagnóstico por imagen.

Los actuales avances técnicos y los nuevos métodos de adquisición y procesamiento a través de las técnicas de neuroimagen, nos han permitido obtener una gran información sobre la morfología de la base del cráneo y sus elementos vásculo-nerviosos, posibilitando la correlación anátomo-radiológica. El futuro de estas técnicas de imagen es ilimitado, y seguro que en los próximos años se mejorarán o se ampliarán sus aplicaciones, por lo que se adivinan, notables avances en el diagnóstico a través de estas técnicas.

# ***INTRODUCCIÓN***



### **3. INTRODUCCIÓN**

El conocimiento de la anatomía normal de la base del cráneo es fundamental para la identificación y el diagnóstico por imagen de las diferentes estructuras, variantes anatómicas y patologías que afectan a esta zona. Así, nuestro trabajo se centra en el estudio morfológico de la anatomía normal en cada una de las fosas cerebrales de la base craneal, las estructuras vásculo-nerviosas que la atraviesan en cada una de estas zonas, mediante el estudio, con técnicas de neuroimagen como: la Tomografía Computarizada Multidetector, la Angio-TC, la Resonancia Magnética, Angio-RM y Estudio vascular mediante angiografía digital. Aunque describir de forma exhaustiva todas las estructuras vásculo-nerviosas y sus variantes sobrepasaría el objetivo de nuestro trabajo, describiremos las más visibles y las que con más frecuencia son afectadas por diferentes patologías. Iniciaremos nuestro trabajo de tesis doctoral, realizando una breve descripción de los aspectos embriológicos y anatómicos más relevantes para una mayor comprensión de nuestro estudio.

#### **3.1 EMBRIOLOGÍA DEL CRÁNEO**

El cráneo se puede dividir en dos partes: el neurocráneo, que forma una caja protectora alrededor del encéfalo, y el viscerocráneo o esplanocráneo, que forma el esqueleto de la cara. El neurocráneo también se divide en dos partes: la parte membranosa, constituida por huesos planos, que rodea el encéfalo formando una bóveda, y la parte cartilaginosa o condrocráneo, que forma los huesos de la base del cráneo.

El neurocráneo cartilaginosa o condrocráneo está formado al principio por distintos cartílagos separados. Los que se disponen delante del límite rostral de la notocorda, que termina a nivel de la hipófisis en el centro de la silla turca,

derivan de las células de la cresta neural. Estos cartílagos forman el condrocraqueo precordial. Aquellos que se encuentran detrás de este límite se originan a partir de los esclerotomas occipitales formado por mesodermo paraxial y constituye el condrocraqueo cordal. La base del cráneo se forma cuando esos cartílagos se fusionan y se convierten en hueso por osificación endocondral (RICCIARDELLI, 1995; GRUBER, 2002; GILBERT, 2003; SANTAGATI y RIJLI, 2003; GRAHAM y cols, 2004; RIDGWAY y WEINER, 2004; SADLER, 2004; CATALA, 2005; HILL, 2008; HUGHES, 2010; SADLER, 2010).

### **3.1.1 EMBRIOLOGÍA DE LA BASE DEL CRÁNEO**

Tomando el contexto de todo el desarrollo embrionario de la cabeza y el cuello, la base del cráneo se desarrolla a través de una intrincada interacción de proliferación celular, migración, reabsorción y crecimiento. Los componentes esqueléticos de la base craneal, derivan de las células de la cresta neural y el mesodermo paraaxial, el cual se condensa durante la cuarta semana de crecimiento intrauterino y en última instancia, dan formación a cartílagos y estructuras óseas de la base del cráneo. El mesénquima no aparece antes del día 18, mientras, las células de la cresta neural invaden la región.

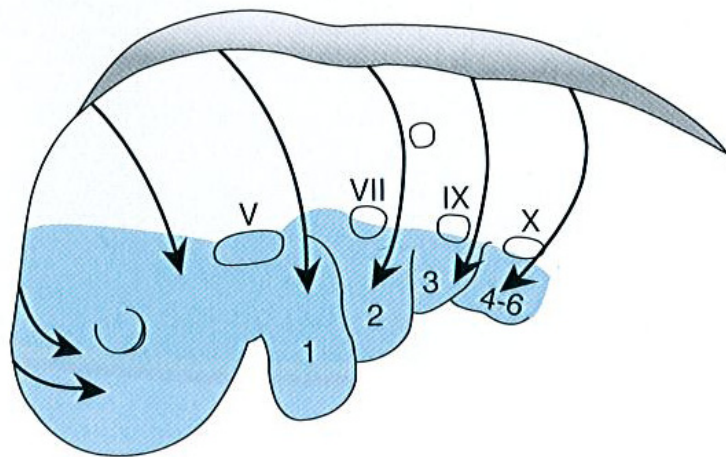
La interacción mutua de la superficie del ectodermo, neuroectodermo y mesénquima, permite el desarrollo craneofacial en esta etapa temprana (DREWS y cols, 1993; RICCIARDELLI, 1995; BAKER y BRONNER-FRASER, 1997; MANLEY, 1997; KJAER, 1999; NEMSEK y cols, 2000; SPERBER, 2001; GRUBER, 2002; MEIKE, 2002; KALCHEIM y BEN-YAIR, 2005; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; ROELFSEMA, 2007; HILL, 2008; ALEX y cols, 2009; HUGHES, 2010; RAY y cols, 2011).



### 3.1.2 MIGRACIÓN CELULAR DE LA CRESTA NEURAL

La formación del neurocráneo es presagiada por la migración del mesodermo paraaxial y por las células de la cresta neural, desde el tubo neural hasta el área entre el cerebro y el cerebelo. La migración de estas células es compleja, con procesos multivariables que son iniciados y controlados en tiempo y espacio por numerosos factores (BAKER y BRONNER-FRASER, 1997; HALL, 1998; GRUBER, 2002; HILL, 2005; HUGHES, 2010).

Muchos estudios (EDWAR y RICCIARDELLI, 1995; BAKER y BRONNER-FRASER, 1997; LARSEN, 1997; HALL, 1998; KJAER, 1999; SPERBER, 2001; CURTIN y cols, 2003; HUGH, 2003; LARSEN, 2003; SOM y CURTIN, 2004; HILL, 2008; HUGHES, 2010; SADLER, 2010) han demostrado que la mayor parte de la bóveda craneal, incluida la base del cráneo, se derivan de los somitas occipitales del mesodermo paraaxial. Las células de la cresta neural migran para formar porciones de la base del cráneo y estructuras viscerales (fig. 1).



**Fig. 1.** Rutas migratorias de las células de la cresta neural desde las regiones del prosencéfalo, el mesencéfalo y el rombencéfalo hasta su situación final (áreas sombreadas). También se ilustran las regiones del engrosamiento ectodérmico (placodas) que ayudarán a las células de la cresta neural en la formación de los ganglios sensitivos V, VII, IX y X (Esquema tomado de T.W. Sadler; Langman Embriología Médica. 11ª edición, 2010).

La iniciación y direccionalidad de la migración de las células de la cresta neural es altamente dependiente de los factores medioambientales locales. Los patrones de migración específica no son irreversiblemente predeterminados, pero las células mantienen un comportamiento de migración pluripotencial.

Los factores medioambientales en la forma de sustrato extracelular y los factores difusibles con el medio circundante, están determinando primariamente estas características migracionales.

La interacción del neuroepitelio con la matriz extracelular circundante involucra una serie de eventos complejos donde interaccionan célula- célula y célula- sustrato. En el momento que ocurre la migración neuroepitelial, una ruptura inicial de la adhesión célula-célula toma lugar.

Esta adhesión célula-célula es, en parte, mediada por la adhesión de numerosas moléculas celulares expresadas sobre la superficie de la membrana celular. Estas migraciones celulares del tubo neural han sido demostradas con la pérdida de la expresión de la adhesión de moléculas celulares. Este patrón de baja regulación de las proteínas de adhesión de moléculas celulares de la membrana de las células de la cresta neural, se relacionan con la migración activa.

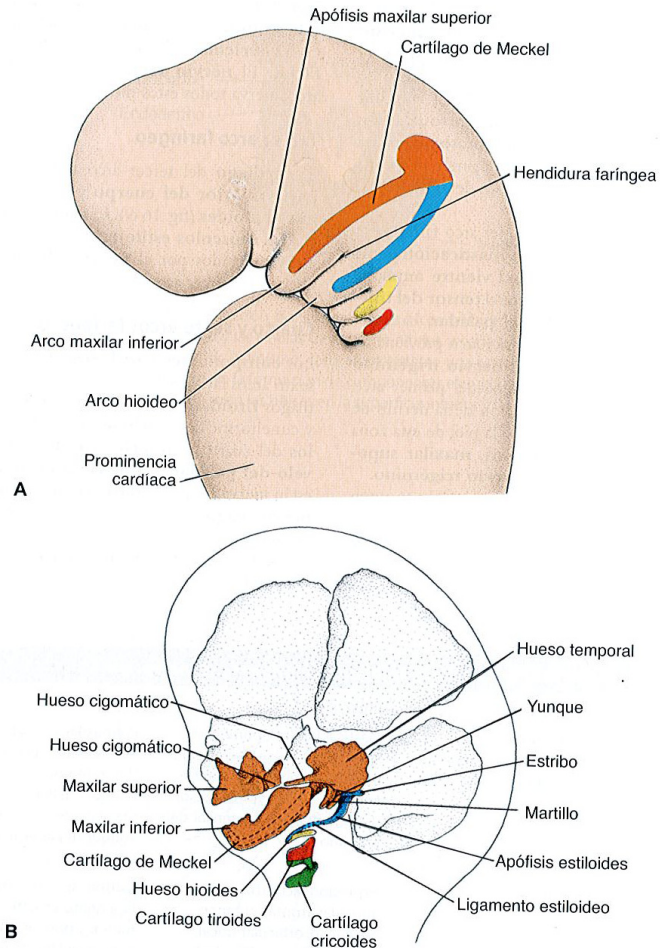
La aparición y concentración de dos sustratos extracelulares, fibronectina y laminina, están relacionadas con la migración de las células de la cresta neural, en tiempo y espacio. Se ha visto que la fibronectina es importante en el agregado, propagación y movilidad celular.

La migración celular de la cresta neural ocurre con los espacios extracelulares primariamente, y no por la invasión de tejidos embrionarios. Los glicosaminoglicanos y el ácido hialurónico están presentes en estos espacios. El rol del ácido hialurónico es, a través del mantenimiento y el incremento de

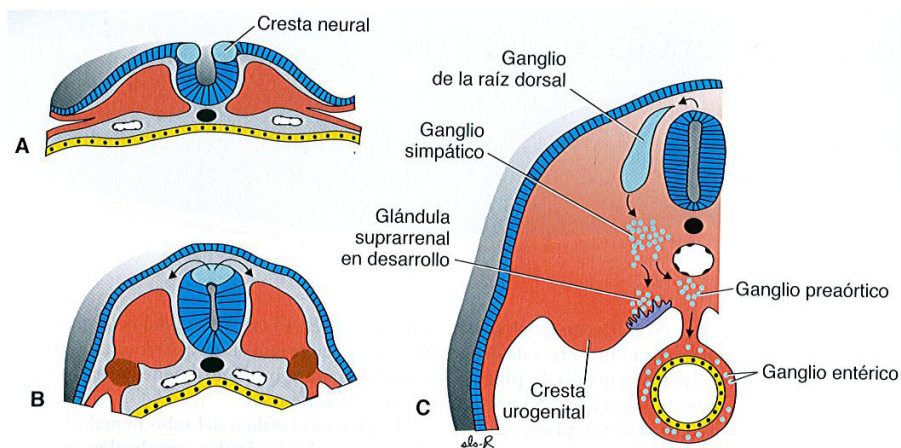
espacios entre las fibras colágenas, las cuales podrían aumentar potencialmente la facilidad de la migración.

### **3.1.3 DIFERENCIACIÓN Y DESARROLLO DE LA BASE DEL CRÁNEO**

La migración de las células de la cresta neural craneal comienza aproximadamente en la cuarta semana de desarrollo (figs. 2 y 3). A través de un proceso de migración, estas células forman una serie de condensaciones colectivas conocidas como desmocráneo. Estas condensaciones representan la evidencia más temprana de formación de cráneo. Estos eventos están precedidos por el desarrollo inicial del cerebro y otras estructuras neurales. La condrogénesis podría ocurrir sólo con interacciones apropiadas entre el neuromesénquima con el neuroepitelio. Esto enfatiza la importancia del medio ambiente circundante sobre la migración de las células de la cresta neural. Las condensaciones de las células de la cresta neural del condrocáneo se diferenciarán directamente en la membrana ósea o en el hueso endocondral, por la vía de formación inicial del cartílago. Las condensaciones van a formar los múltiples centros de condricación comenzando aproximadamente en la séptima semana de desarrollo. Estos centros individuales eventualmente se fusionan para formar el condrobasicáneo entre el cerebro y el cerebelo en desarrollo. En este punto, el nervio y la vesícula óptica han comenzado a formarse; el diencefalo es reconocible y ha comenzado la formación del sistema ótico y de las cavidades nasales (SPERBER, 1989; LARSEN, 1997; SPERBER, 2001; MEIKE, 2002; GRAHAN y cols, 2004; HALCHEIM y BEN-YAIR, 2005; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; HILL, 2008; PEDROSA, 2008; HUGHES, 2010; SADLER, 2010).



**Fig. 2. A.** Vista lateral de la región de la cabeza y el cuello de un embrión de 4 semanas, en la que se aprecia los cartílagos de los arcos faríngeos que participan en la formación de los huesos de la cabeza y el cuello. **B.** Diversos componentes en una fase más avanzada del desarrollo. Algunos de los componentes se osifican, otros desaparecen o se convierten en ligamentos.



**Fig.3. A-C.** Secciones transversales de embriones sucesivamente mayores en las que se observa la formación del surco neural, del tubo neural y de la cresta neural (Esquemas tomados de T.W. Sadler; Langman Embriología Médica. 11ª edición (2010).

### **3.1.4 DIFERENCIACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PRECURSORAS DE LA BASE DEL CRÁNEO.**

La primera manifestación de la formación del cráneo en el embrión es la condensación del mesénquima alrededor del notocordio, por debajo del cerebro posterior (ENCHA-RAZABI y ESCUDIER, 1995; GRUBER, 2002; LARSEN, 2003; SANTAGATI, 2003; GRAHAN y cols, 2004; SADLER, 2004; GROSSMAN y YOUSEN, 2007; ROELFSEMA, 2007).

Desde esta región, la condensación se extiende por debajo de las partes rostrales del cerebro. Forma, de esta manera, una especie de piso para el cerebro en desarrollo y pronto se convierte en el cartílago para constituir el comienzo del condrocráneo. El condrocráneo representa la parte más antigua de la caja craneana desde el punto de vista filogenético.

La notocorda tiene un papel importante en la formación de la base del cráneo. La condricación del mesénquima que rodea a esta estructura forma el cartílago paracordal o lámina basal. Esta lámina se extiende desde la silla turca hasta los somitas occipitales que forman cuatro esclerotomos bastante característicos. El más cefálico de estos esclerotomos desaparece, pero persisten los otros tres y forman un cartílago no segmentado que se fusiona con la lámina basal.

Para hacer más sencillo e ilustrativo el proceso de comprensión del tema, se explicarán a continuación cada uno de los cartílagos y cápsulas que intervienen en el proceso de formación de la base del cráneo y posteriormente se explicará su desarrollo y fusión.

### **3.1.5. CARTÍLAGOS Y CÁPSULAS**

La base del cráneo se forma a partir del mesodermo interpuesto entre el techo de la faringe y el piso de las vesículas encefálicas. Debe recordarse que el mesodermo es aportado, tanto por la pared dorsal de la vaina mesodérmica

que envuelve la faringe (mesodermo branquial) como por los somitas occipitales y la extremidad cefálica de la notocorda (RICCIARDELLI, 1995; KJAER, 1999; SPERBER, 2001; GRAHAM y cols, 2004; SADLER, 2004; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; HILL, 2008; ZHANG y cols, 2011). Estos tres elementos combinados generan las siguientes estructuras cartilagosas.

- 1. Cartílagos occipitales:** resultan de la unión de los esclerotomos de los somitas occipitales segundo, tercero y cuarto. El primer par de somitas no interviene debido a que desaparece muy prematuramente.
- 2. Cartílagos paracordales:** se localizan a ambos lados de la extremidad cefálica de la notocorda.
- 3. Cartílagos polares o hipofisarios:** flanquean al esbozo de la adenohipófisis o bolsa de Rathke.
- 4. Cartílagos precordales o trabéculas:** se encuentran ubicados en posición cefálica respecto de los polares.
- 5. Cápsulas auditivas:** estos cartílagos se localizan por fuera de los paracordales y envuelven a las vesículas auditivas u otocistos.
- 6. Alas temporales:** se hallan ubicados por fuera de los cartílagos hipofisarios.
- 7. Cápsulas orbitales:** estos cartílagos se asocian a los esbozos de los ojos, se hallan también ubicados por fuera de los cartílagos hipofisarios, pero en una posición más cefálica respecto a las alas temporales.
- 8. Cápsulas nasales:** estos cartílagos, que se relacionan con las fosas nasales en desarrollo, se localizan cerca de la extremidad cefálica de las trabéculas. Se convertirán, mediante procesos de osificación endocraneal, en los huesos de la base del cráneo.

### 3.1.6. ESTUDIOS DE LOS CENTROS DE OSCIFICACIÓN

Se han hecho investigaciones (NEMZEK, 2000; DEGANI y cols, 2002; JEFFERY y SPOOR, 2002; JEFFERY y SPOOR, 2004; ROELFSEMA y cols, 2007; HERLIN y cols, 2011; ZHANG y cols, 2011) de la formación de la base craneal fetal en humanos, en donde incluye el desarrollo de los centros de osificación con cráneos de embriones. Se han identificado 110 centros de osificación. La primera evidencia de osificación endocraneal se encontró hacia la semana ocho en los huesos frontal, parietal, occipital, temporal, zigomático, vómer, palatino, y hueso nasal. La condricificación continúa con el desarrollo fetal y con el nacimiento. Los remanentes no osificados del condrocraáneo son las suturas esfeno occipital y esfeno petrosa, como también el ápice del hueso petroso, y occipital.

La osificación intrauterina y el desarrollo postparto concluyen con la fusión de la sincondrosis esfeno occipital (12-16 años). El esfenoides, temporal y occipital, presentan osificación endocondral e intramembranosa.

Kjaer (1990; 1999) identificó la secuencia de osificación media sagital de la base del cráneo; basado en radiografías y estudios histoquímicos de tejidos, ha identificado la secuencia de osificación, la cual se inicia en el foramen magnum, posteriormente el hueso occipital, basi-esfenoides, pre-esfenoides, y finalmente la osificación del etmoides. El mismo autor identificó la osificación de los componentes laterales de la base del cráneo, prediciendo la secuencia de osificación. Él identificó que la osificación temprana ocurre en las regiones escamosas o laterales, seguidas por la osificación de la región parasagital.

### 3.2. ANATOMÍA DE LA BASE DEL CRÁNEO

La base del cráneo es una parte anatómica muy compleja debido a los huesos que la componen. Presentan una serie de orificios por los que pasan estructuras nerviosas y vasculares de gran importancia. Es imprescindible conocer la anatomía radiológica para poder evaluar correctamente la patología que puede afectar a las diferentes estructuras (LAINE y cols. 1990; VALENZUELA Y EBENSPERGUER, 2002; KETAN y AL-MEFTY, 2004; GLENN, 2005; GRIFFITHS y cols, 2005; CEYLAN, 2009; HARNBERGER y cols, 2009; OISHI y cols, 2011).

Se pueden distinguir dos caras: exocraneal y endocraneal.

**3.2.1. EN LA VISIÓN ENDOCRANEAL** se pueden distinguir tres regiones anatómicas, denominadas fosas cerebrales: fosa anterior, fosa media y fosa posterior, que forman el suelo de la cavidad craneal (TESTUD y LATARJET, 1998; HUGH y cols. 2003; MOORE y DALLEY, 2007; MILKER-ZABEL y cols, 2008; HARNBERGER y cols, 2009). (figs. 4 y 5).

**La fosa anterior** está constituida por el hueso frontal por delante, el hueso etmoides en el centro y el cuerpo y las alas menores del esfenoides por detrás. La mayor parte de la fosa craneal anterior la constituyen las porciones orbitarias y rugosas del hueso frontal, que soportan los lóbulos frontales del cerebro y forman los techos de las órbitas. Esta cara presenta impresiones sinuosas de las circunvoluciones orbitarias de los lóbulos frontales. En esta porción de la base del cráneo se encuentra el orificio ciego del hueso frontal, que carece de importancia después del nacimiento, pero sirve de paso a vasos sanguíneos durante el desarrollo. La crista galli es una cresta media del hueso situada detrás del orificio ciego que se proyecta hacia arriba desde el etmoides. A cada lado de la crista galli se encuentra la lámina cribosa del etmoides por donde pasan los nervios olfatorios y arteria etmoidal anterior. El borde posterior del ala menor del esfenoides, es el límite de las fosas craneales



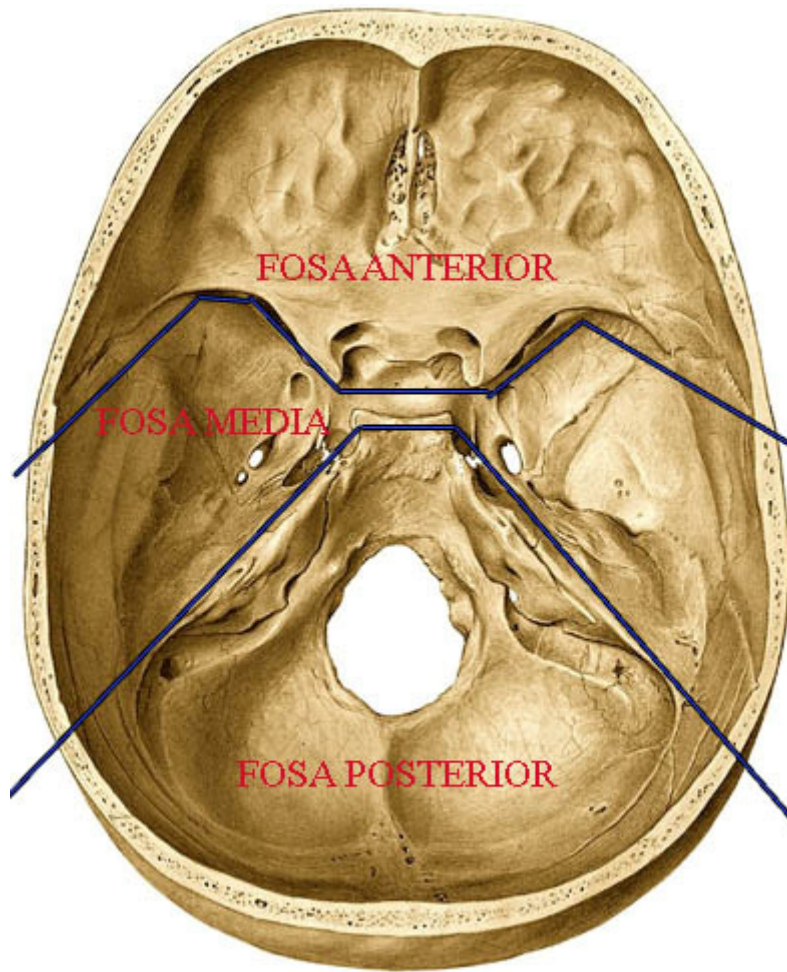
anterior y media, donde se encuentra el conducto óptico, por donde pasan el nervio óptico, la arteria oftálmica y plexo simpático (TESTUD y LATARJET, 1998; LEBOWITZ y cols, 2001; JONES y cols, 2002; RHOTON, 2002; HUGH y cols. 2003; ARIKAN y cols, 2005; MOORE y DALLEY, 2007; CAPPABIANCA y cols, 2008; HARNSBERGER y cols, 2009; BO y cols, 2010).

**La fosa media** está constituida por las alas mayores del esfenoides y por los dos peñascos temporales. Presenta en la línea media, la silla turca, limitada por delante por las apófisis clinoides anteriores y por los agujeros ópticos, y por detrás, por las clinoides posteriores a las que siguen la lámina cuadrilátera del esfenoides. Lateralmente, las fosas esfenotemporales tienen una forma triangular de vértice interno, que está formado por la punta del peñasco temporal con el agujero rasgado anterior, que contiene la arteria carótida interna y el plexo simpático carotídeo. En esta zona aparecen los agujeros del ala mayor del esfenoides: el agujero redondo mayor que es atravesado por el nervio maxilar (V2), el agujero oval que da paso al nervio mandibular (V3), el agujero redondo menor o espinoso que contiene a la arteria y vena meníngea media, ramo meníngeo del nervio mandibular. En la parte más anterior, entre las alas mayores y menores del esfenoides, está la fisura orbitaria superior que contiene el nervio motor ocular común (III), nervio troclear (IV), nervio motor ocular externo (VI), nervio oftálmico (V<sub>1</sub>) y vena oftálmica superior. En las apófisis pterigoides, en situación inferomedial al agujero redondo mayor, se localiza el canal vidiano por donde pasan el nervio vidiano, la arteria y vena de vidiano (LAINE y cols. 1990; TESTUD y LATARJET, 1998; RHOTON, 2002; VALENZUELA y EBENSPERGUER, 2002; HUGH y cols. 2003; SON y CURTIN, 2004; VINKO, 2005; HATIPOGLU y cols, 2007; SCHÜNKE y cols, 2007; BORGES, 2009; DEL CURA y cols, 2009; HARNSBERGER y cols, 2009; BO y cols, 2010; DOUGLAS-AKINWANDE y HATTAB, 2010).

**La fosa posterior**, es la más grande y profunda de las tres. Está constituida en su mayor parte, por el hueso occipital, pero el dorso de la silla turca marca el límite anterior en el centro, y las porciones retromastoideas de los huesos temporales contribuyen a las “paredes” anterolaterales. Desde allí la silla turca se observa una gran pendiente en el centro de la parte anterior de la fosa craneal, el clivus, que llega hasta el orificio magno por donde pasan el bulbo raquídeo/médula espinal, arterias vertebrales, meninges, nervio accesorio (XI): raíces espinales y arterias y venas espinales. Detrás de este gran orificio, la fosa craneal posterior se divide, en parte, por la cresta occipital interna en dos grandes impresiones cóncavas, las fosas cerebelosas. La cresta occipital interna termina en la protuberancia occipital interna que se forma en la confluencia de los senos venosos de la duramadre.

A los lados del agujero occipital están los cuatro agujeros condíleos, los dos anteriores (precondíleos) y los dos posteriores (retrocondíleos). En la región lateral y en la vertiente posterior de cada peñasco temporal esta el conducto auditivo interno por donde pasan el nervio vestibulococlear (VIII), nervio facial (VII) y la arteria laberíntica (auditiva interna).

Entre la parte petrosa del temporal y el occipital se encuentra el agujero rasgado posterior o agujero yugular por donde pasan el nervio glossofaríngeo (IX), nervio vago (X), nervio accesorio (XI), vena yugular interna (golfo) y arteria meníngea posterior. El conducto hipogloso para el nervio hipogloso (XII) está encima del borde anterolateral del orificio magno (TESTUD y LATARJET, 1998; CAMPERO y cols, 2004; WEIR y cols, 2005; MOORE y DALLEY 2007; DAVAGNANAM y CHAVDA, 2008; TOPSAKAL y cols, 2008; ALEX y cols, 2009; LINN y cols 2009).



**Fig. 4.** Vista endocraneal de las tres fosas cerebrales (Tomado de SCHÜNKE y cols. PROMETHEUS Tomo 3, 2007).

**3.2.2. LA VISIÓN EXOCRANEAL** o cara externa de la base del cráneo puede dividirse en tres zonas, una anterior, una media y una posterior. La zona anterior está formada por el paladar duro y arco alveolar del maxilar superior. La zona media se extiende desde las coanas o apertura posterior de las fosas nasales hasta el borde anterior del agujero magno. La zona posterior se extiende desde el agujero magno hasta la línea nugal superior. La cara externa de la base del cráneo contiene el arco alveolar de los maxilares, las apófisis palatinas de los maxilares y los huesos palatinos, esfenoides, vómer, temporales y occipital. El paladar duro se forma por las apófisis palatinas de los maxilares por delante y las láminas horizontales de los huesos palatinos por

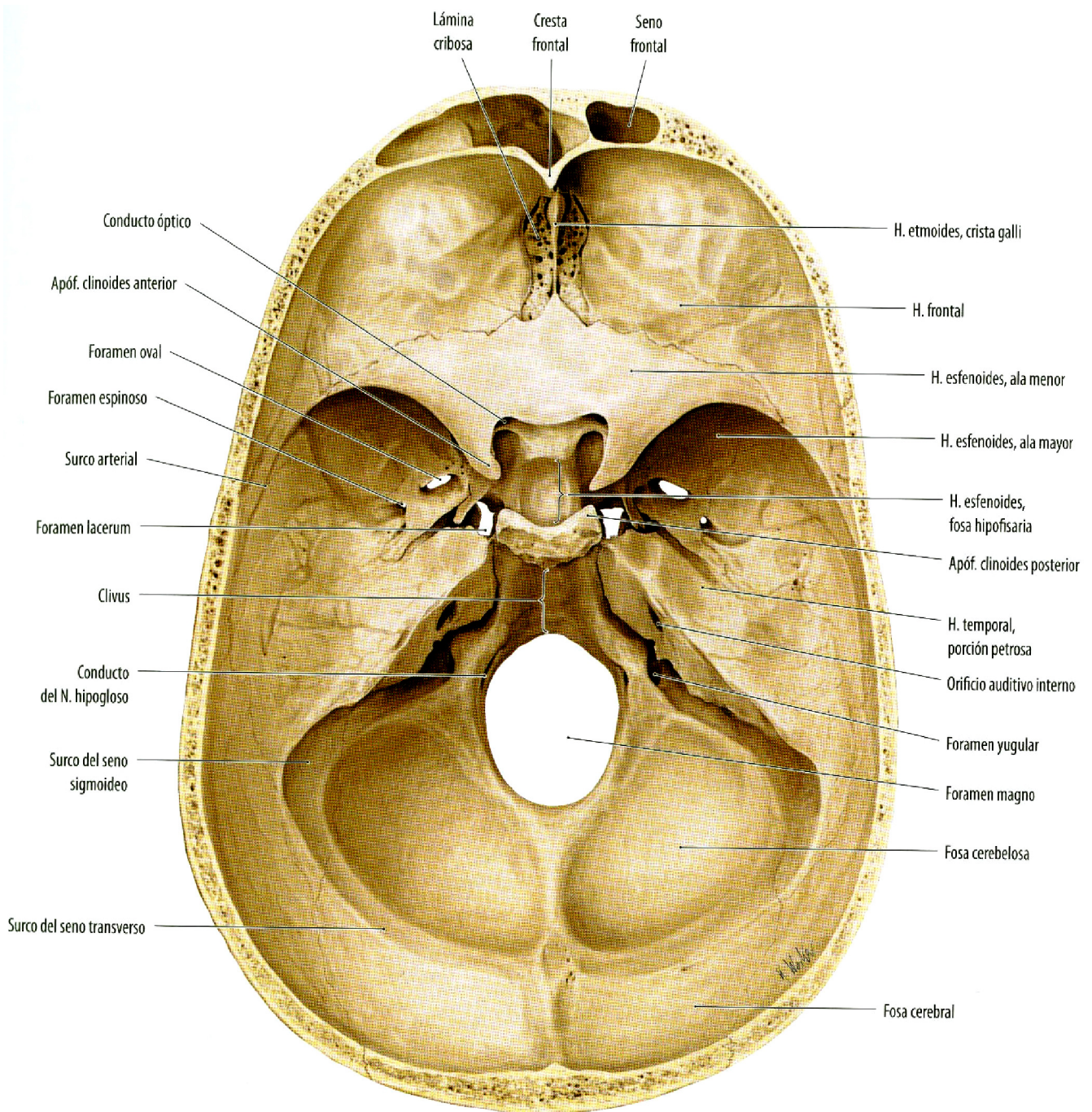
detrás. El borde posterior libre del paladar duro se proyecta hacia atrás en el plano medio, dando la espina nasal posterior. Detrás de los dientes incisivos centrales se encuentra una depresión, la fosa incisiva, atravesada por los nervios nasopalatinos de la nariz, que penetran por un número variable de conductos y orificios incisivos. Posterolateralmente aparecen los orificios palatinos mayor y menor por donde pasan los nervios palatino mayor y menores y la arteria palatina mayor y arterias platinas menores. Por encima del borde posterior del paladar se encuentran dos grandes orificios, las coanas (orificios nasales posteriores), que están separadas entre sí por el vómer, un hueso impar, plano y fino que contribuye mucho al tabique nasal óseo.

El hueso esfenoides se enclava entre los huesos frontal, temporal y occipital, y se identifica desde esta vista externa el cuerpo, las alas mayores, las menores y las apófisis pterigoides. Las alas mayores y menores se extienden lateralmente desde el cuerpo. Entre el hueso cigomático (malar) y las alas mayores del esfenoides se visualiza la fisura orbitaria inferior que da paso a la vena y arteria infraorbitaria y al nervio infraorbitario. El surco para la porción cartilaginosa de la trompa faringotimpánica (auditiva) se encuentra medial a la espina del esfenoides. Las depresiones del hueso temporal o fosas mandibulares acomodan los cóndilos de la mandíbula cuando se cierra la boca.

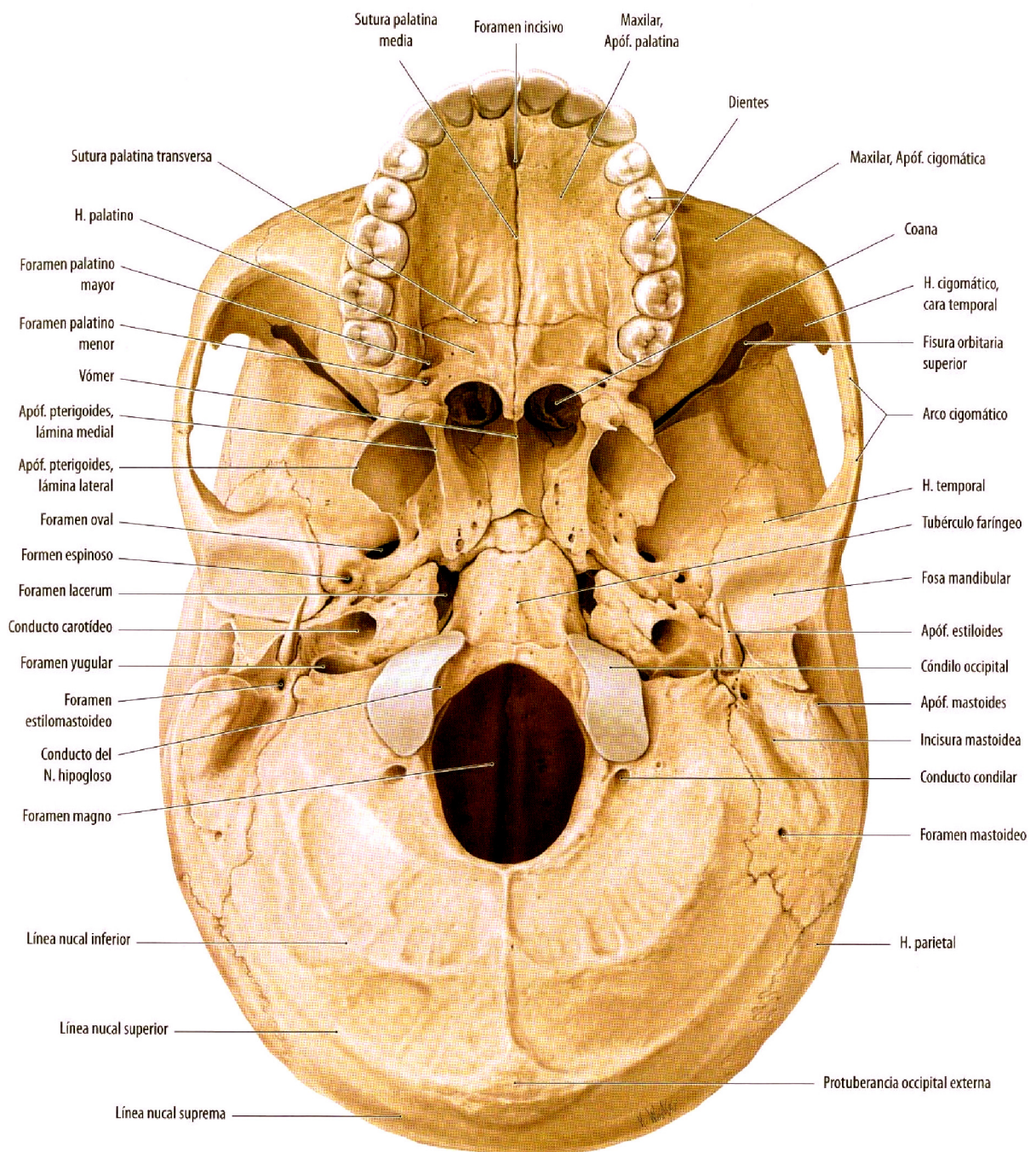
La base del cráneo está integrada por detrás por el hueso occipital, que se articula con el esfenoides por delante. Las cuatro porciones del hueso occipital se disponen en torno al agujero magno, el rasgo más notable de la base del cráneo, siendo atravesado por las estructuras: médula espinal y sus meninges, las arterias vertebrales, las arterias espinales anterior y posterior y el nervio accesorio (NC XI). A los lados del hueso occipital aparecen dos grandes protuberancias, los cóndilos occipitales, mediante los cuales la cabeza se apoya en la primera vértebra cervical o atlas. En el hueso occipital, desde esta visión

exocraneal, también se identifica el conducto condíleo que da paso a la vena emisaria condílea.

El gran orificio comprendido entre el hueso occipital y la porción petrosa del hueso temporal es el orificio yugular, por el que la vena yugular interna y algunos nervios craneales (IX, X y XI) emergen del cráneo. En un plano superolateral al orificio yugular se encuentra el conducto auditivo interno para los nervios craneales VII y VIII. La entrada al conducto carotídeo de la arteria carótida interna se sitúa justo delante del orificio yugular. El orificio estilomastoideo por donde pasa el nervio facial (VII) y la arteria estilomastoidea, queda detrás de la base de la apófisis estiloides (fig. 6). (TESTUD y LATARJET, 1998; GRUBER, 2002; PETER y SOM, 2004; NETTER y BRASS, 2005; ROUVIÉRE, 2005; WEIR y cols, 2005; MOORE y DALLEY, 2007; SCHÜNKE y cols, 2007; PEDROSA, 2008).



**Fig. 5.** Superficie interna de la base del cráneo con sus principales detalles anatómicos. (Tomado de SCHÜNKE y cols. PROMETHEUS Tomo 3, 2007).



**Fig. 6** Vista panorámica del exocráneo con sus principales detalles anatómicos (SCHÜNKE y cols. PROMETHEUS Tomo 3, 2007).

### **3.2.3. COMPONENTES VÁSCULO-NERVIOSOS QUE ATRAVIESAN LA BASE DEL CRÁNEO**

#### **3.2.3-A. NERVIOS CRANEALES**

Los nervios craneales proporcionan inervación sensitivomotora a la cabeza y el cuello, incluyendo el control de la sensibilidad general y especial, el control muscular voluntario e involuntario. Como emergen del cráneo, se les denominan nervios craneales por oposición a los nervios espinales, que emergen de la columna vertebral.

Los nervios craneales funcionan como nervios espinales modificados. Como grupo, tienen tanto componentes sensitivos como motores; sin embargo, los nervios individuales pueden ser puramente sensitivos, puramente motores o mixtos (WILSON – PAUWELS, 2003).

Existen doce pares de nervios craneales, los dos primeros, el nervio olfatorio (I) y el nervio óptico (II) no son nervios periféricos en sentido estricto, sino divertículos avanzados del cerebro, es decir, vías de conducción del sistema nervioso central envueltas en meninges y que contienen células que se encuentran exclusivamente en el sistema nervioso central: oligodendrocitos y microglía (SCHÜNKE y cols 2006).

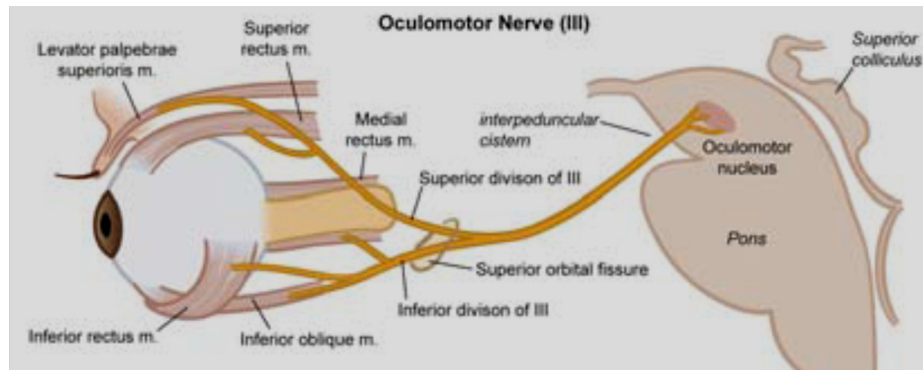
Los nervios craneales III a XII son verdaderos nervios periféricos porque forman sinapsis fuera del sistema nervioso central. Estos diez pares de nervios craneales tienen entradas y salidas superficiales hacia y desde el tronco cerebral. Todos tienen también sus núcleos en el tronco cerebral, excepto el nervio accesorio (XI) que presenta una porción de su núcleo en las porciones medulares cervicales superior y media. Este núcleo se conoce como núcleo espinal del nervio accesorio (WILSON – PAUWELS y cols, 2003; SCHÜNKE y cols 2006; AYDIN y cols, 2009; SHETH y cols, 2009; BINDER y cols 2010).



**NERVIO OLFATORIO (I):** Se compone de fascículos que prolongan las células sensoriales olfativas de la mucosa nasal y que penetran en los bulbos olfatorios. El conjunto del aparato olfatorio (bulbo y tracto olfatorios) reposa sobre la lámina cribosa del etmoides, ubicándose por debajo de la cara inferior de los lóbulos frontales cerebrales, y esta enfundado por las meninges de forma parcial, total, o bien puede simplemente estar inmerso en el espacio subaracnoideo. Esta variabilidad morfoestructural explica la difusión por contigüidad de un proceso infeccioso nasal al espacio subaracnoideo.

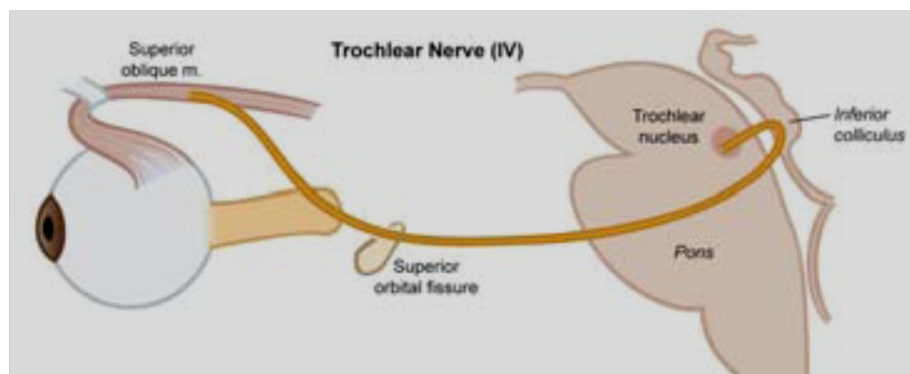
**NERVIO ÓPTICO (II):** Prolongación del encéfalo, es un fascículo de fibras nerviosas que se originan en la retina, abandonan el globo ocular a través de la esclerótica, y se sitúan en el centro del espacio intracónico. En su trayecto hacia la cavidad craneal transcurre por el canal óptico, donde se relaciona con la pared interna del seno esfenoidal y con la arteria oftálmica. A nivel intracraneal, ambos nervios ópticos constituyen el quiasma óptico, el cual se relaciona anteriormente con el tubérculo sellar, por detrás con el tallo pituitario, y por arriba con el espacio perforado anterior. La cisterna suprasellar o quiasmática envuelve todo el conjunto. A partir del quiasma óptico las fibras nerviosas se denominan cintillas ópticas, y se dirigen a los cuerpos geniculados.

**NERVIO MOTOR OCULAR COMÚN (III):** Tiene su origen aparente en la fosa interpeduncular, a nivel del surco oculomotor del borde interno del pedúnculo cerebral. Sigue su trayecto cisternal hacia afuera, arriba y adelante, pasando entre la arteria cerebral posterior y la arteria cerebelosa superior, y atraviesa la duramadre, lateralmente a la silla turca. Recorre el techo y la pared externa del seno cavernoso, introduciéndose en la cavidad orbitaria a través de la hendidura esfenoidal (fig. 7). (GONZÁLEZ y cols, 2001; WILSON-PAUWELS y cols, 2003; AYDIN H. y cols, 2009; DEL CURA J.L. y cols, 2009).



**Fig. 7.** Representación esquemática que muestra el recorrido del nervio motor ocular común (III PAR CRANEAL).

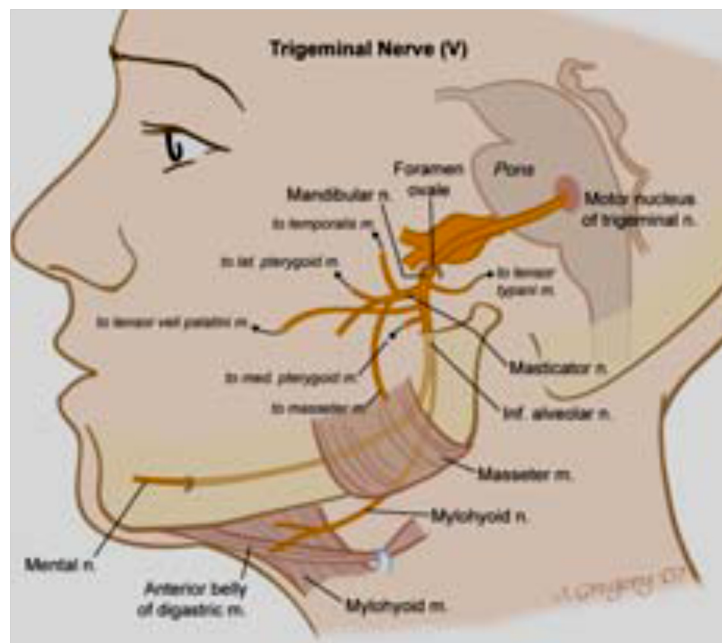
**NERVIO TROCLEAR O PATÉTICO (IV):** Tiene dos características que lo diferencian del resto de los nervios craneales: es el único que emerge por la cara posterior del tronco encefálico y la otra, que después de dejar el tronco cerebral, se decusa con el nervio contralateral. Tras su salida en la parte inferior de la lámina cuadrigémina, el nervio troclear introducido en la cisura cerebelomesencefálica lleva inicialmente una dirección inicialmente lateral y, bordeando el pedúnculo cerebral, cambia a una dirección oblicua hacia delante, hasta su entrada en el seno cavernoso. Penetra la duramadre a nivel del borde libre del tentorio, y sigue su trayecto por la pared lateral del seno cavernoso por debajo del nervio ocular común y por encima del nervio oftálmico (V1), para alcanzar la órbita a través de la hendidura esfenoidal, pasando lateralmente al anillo de Zinn (fig. 8).



**Fig. 8.** Representación esquemática que muestra el recorrido del nervio troclear. (IV PAR CRANEAL) (Esquemas tomados de Policeni B.A: XXII curso internacional de correlación radio-patológica 2011).

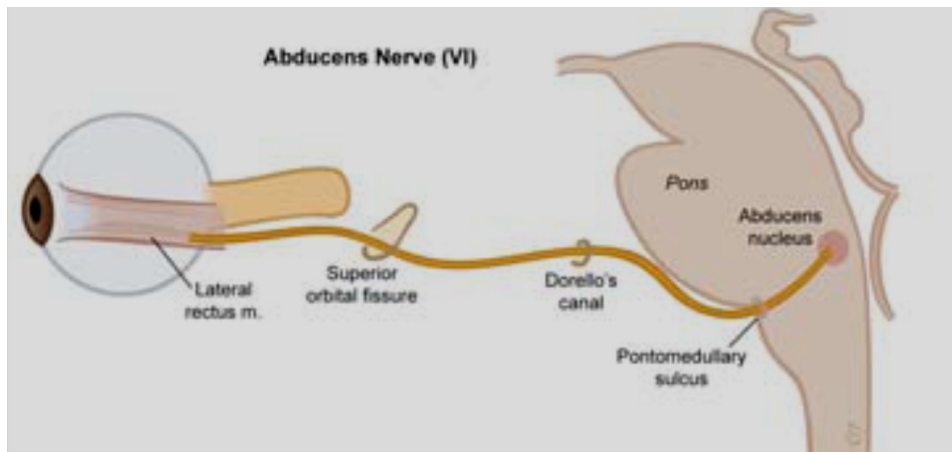
**NERVIO TRIGÉMINO (V):** Es el más voluminoso de los pares craneales. Tiene su origen aparente a nivel anterolateral del tronco cerebral, sigue un recorrido cisternal hacia delante y afuera en dirección al borde superior del peñasco. Allí converge en el ganglio de Gasser, emplazado en la fosita de su mismo nombre, en la cara superior del peñasco temporal, por delante de la fosita arcuata, y alojado en un desdoblamiento de la duramadre, denominado cavum de Meckel.

Los nervios emergentes del ganglio de Gasser, el oftálmico (V1), el maxilar (V2), y el mandibular (V3), abandonan la cavidad craneal por la hendidura esfenoidea, el agujero redondo mayor, y el agujero oval, respectivamente (fig. 9) (GLENN, 2005; SHCÜNKE y cols, 2006; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; HATIPOGLU y cols, 2007; HARNSBERGER y cols, 2009).



**Fig. 9.** Esquema sagital del recorrido del nervio trigémino (V PAR CRANEAL), se visualiza el cavum de Meckel, donde se divide en sus diferentes ramas (Esquema tomado de Policeni B.A: XXII curso internacional de correlación radio-patológica 2011).

**NERVIO MOTOR OCULAR EXTERNO (VI):** Emerge del surco bulboprotuberancial, a ambos lados del agujero ciego, por encima de la pirámide bulbar. Desde su origen aparente se dirige hacia delante, arriba y afuera; penetra en el interior del seno cavernoso y lo recorre desde atrás hacia delante en compañía de la arteria carótida interna. Luego el nervio penetra en la órbita por la hendidura esfenoidal, atravesando el anillo de Zinn (fig. 10).

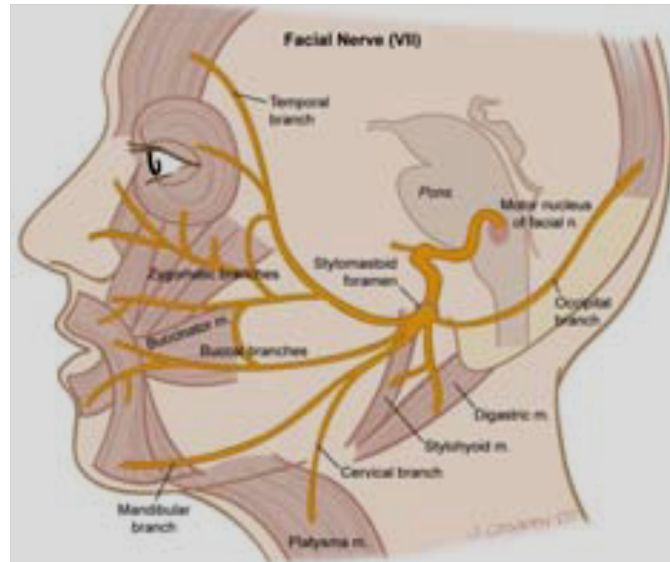


**Fig. 10.** Representación esquemática del nervio motor ocular externo (VI PAR) desde su salida bulboprotuberancial hasta su porción orbitaria (Esquema tomado de Policeni B.A: XXII curso internacional de correlación radio-patológica 2011).

**NERVIO FACIAL, NERVIO INTERMEDIARIO DE WRISBERG Y NERVIO VESTÍBULOCOCLEAR (VII y VIII):** Los nervios facial e intermediario de Wrisberg emergen del surco bulbo protuberancial, por fuera del VI par y por delante del VIII. Desde el surco protuberancial, las dos ramas del facial se dirigen hacia arriba, adelante y afuera, atravesando el agujero pontocerebeloso en compañía del VIII par, con el que se introduce en el conducto auditivo interno, acompañado por la arteria auditiva interna.

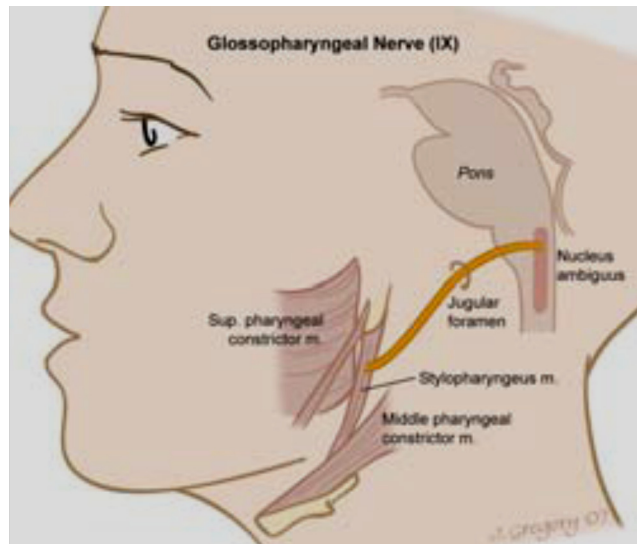
El origen aparente del nervio vestibulococlear o estatoacústico en el surco bulboprotuberancial, por fuera de los nervios facial e intermediario de Wrisberg. Atraviesa el ángulo pontocerebeloso dirigiéndose al conducto auditivo interno, donde se relaciona fundamentalmente con el nervio facial, el

nervio de Wrisberg y la arteria auditiva interna (fig. 11). (THOMPSON y SMOKER, 1994; RYAN y cols, 2007; LAINE y cols, 2009; LINN y cols, 2009).



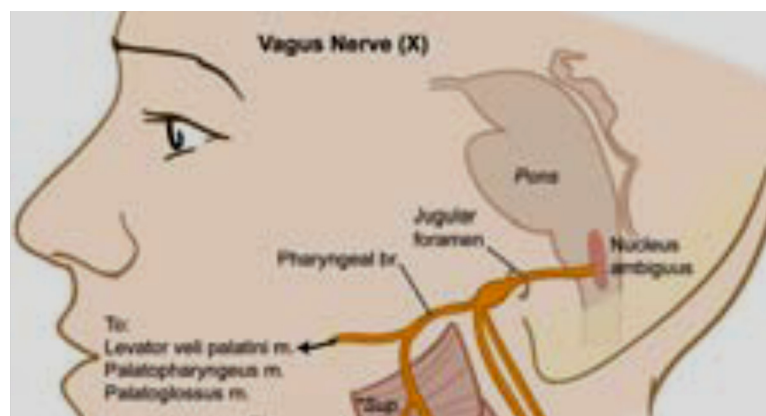
**Fig. 11.** Esquema sagital mostrando el recorrido del nervio facial (VII PAR) (Tomado de Policeni B.A: XXII curso internacional de correlación radio-patológica 2011).

**NERVIO GLOsofaríngeo, NERVIO NEUMOGÁSTRICO O VAGO, NERVIO ESPINAL O ACCESORIO Y NERVIO HIPOGLOSO (IX, X, XI y XII): EL NERVIO GLOsofaríngeo** emerge con una serie de raíces del surco colateral posterior o ventrolateral del bulbo raquídeo, entre la oliva y el pedúnculo cerebeloso inferior, por encima del neumogástrico y del espinal. Avanza lateralmente y abandona el cráneo por el agujero rasgado posterior, por detrás del neumogástrico y del espinal, de los cuales está separado por el ligamento yugular. Luego desciende por el compartimento retroestiloideo del espacio maxilofaríngeo hasta la base de la lengua, donde termina (fig. 12).



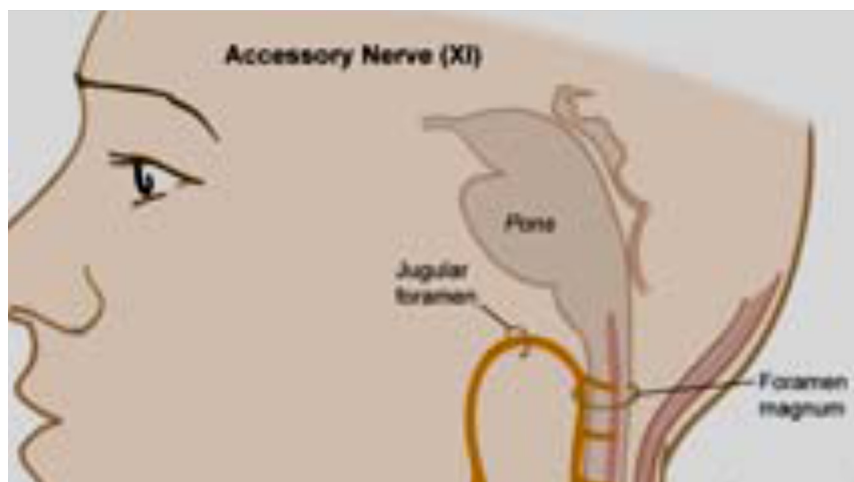
**Fig. 12** Imagen sagital del recorrido del nervio glossofaríngeo (IX PAR CRANEAL) desde el bulbo raquídeo hasta la base de la lengua.

**EL NERVIO VAGO** también emerge como una serie de raíces del surco colateral posterior o ventrolateral del bulbo, por debajo del nervio glossofaríngeo y por encima del nervio espinal. Luego se dirige lateralmente y sale del cráneo por el agujero rasgado posterior, situándose por detrás del glossofaríngeo y por delante del espinal. Luego desciende por el compartimento retroestiloideo del espacio maxilofaríngeo (fig. 13).



**Fig. 13.** Nervio vago en su recorrido desde el bulbo raquídeo, pasando por el agujero rasgado posterior.

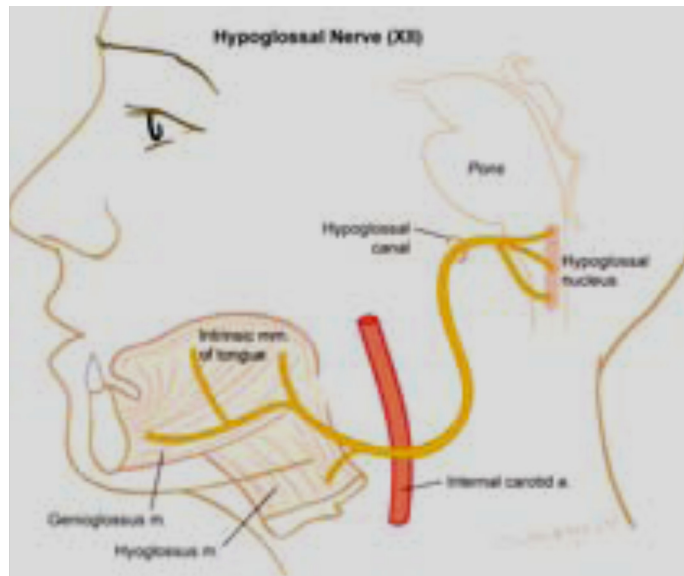
Las raíces bulbares del **NERVIO ESPINAL O ACCESORIO**, al igual que el IX y el X pares craneales, emergen del surco colateral posterior o ventrolateral del bulbo raquídeo, por debajo del neumogástrico, en tanto que las raíces medulares lo hacen del surco colateral posterior de la médula. Las raíces inferiores penetran en el cráneo a través del agujero occipital. El XI par craneal, una vez formado, sale del cráneo por el agujero rasgado posterior, junto con los nervios glosofaríngeo y vago (fig. 14) (GROSSMAN y YOUSEM, 2007; DAVAGNANAM y CHAVDA, 2008; BINDER y cols, 2010).



**Fig. 14.** Representación esquemática del nervio espinal o accesorio, mostrando las raíces inferiores que penetran a través del agujero occipital y una vez formado sale por el agujero rasgado posterior (Esquemas tomados de Policeni B.A: XXII curso internacional de correlación radio-patológica 2011).

**EL NERVIO HIPOGLOSO:** emerge por diez u once filetes nerviosos del surco preolivar del bulbo raquídeo entre la pirámide y la oliva. Sale del cráneo a través del agujero condileo anterior y desciende por el compartimento retroestiloideo del espacio maxilofaríngeo, describiendo en su trayecto una curva de concavidad ánterosuperior, hasta llegar al borde lateral de la lengua (fig. 15). (WILSON – PAUWELS y cols, 2003; GLENN, 2005; SCHÜNKE y cols, 2006; RYAN y cols, 2007; DAVAGNANAM y CHAVDA, 2008; AYDIN H. y cols,

2009; HARNSBERGER H. R. y cols, 2009; LINN y cols, 2009; SHETH S. B. y cols, 2009; BINDER y cols 2010).



**Fig. 15.** Nervio hipoglosal mostrando su recorrido desde el bulbo raquídeo hasta el borde lateral de la lengua (Tomada de Policeni B.A: XXII curso internacional de correlación radio-patológica 2011).

### 3.2.3- B. ARTERIAS Y VENAS

La vascularización del cerebro, se realiza a través de dos sistemas vasculares, uno anterior, el sistema carotídeo y otro posterior, el sistema vertebral. Ambos llegan desde el cuello y atraviesan la base del cráneo, una vez dentro del mismo, ambos sistemas se anastomosan, formando el polígono de Willis, situado en la base del cerebro, por delante del tronco cerebral y por detrás del quiasma óptico (ISODA H. y cols 1998; OKAHARA y cols, 2004; SAKAMOTO y cols, 2006; SCHÜNKE y cols, 2006; SARIKAYA y cols, 2007; DAWKINS y cols, 2008; KLINBEBIEL y cols, 2008; LUYANDO y cols, 2008; OLEAGA, 2008; DEL CURA J.L. y cols, 2009; DIMMICK y FAULDER, 2009; HARNSBERGER H. R. y cols, 2009; MA y cols, 2010).



El sistema carotídeo está formado por las dos arterias carótidas internas, que nacen de la bifurcación de la carótida primitiva. La primera porción de la carótida interna, segmento cervical, asciende por el cuello hasta llegar a la base del cráneo donde ingresa al mismo a través del agujero carotídeo del hueso temporal, donde comienza su trayecto intrapetroso.

Al salir del hueso petroso ingresa dentro del seno cavernoso, porción intracavernosa, del cual emerge perforando el techo del mismo, apareciendo por debajo de la apófisis clinoides anterior y del nervio óptico. De este segmento se desprende la arteria oftálmica, que acompañando al nervio óptico proporciona irrigación para la órbita y el globo ocular.

Después de un trayecto corto, la carótida interna se dividirá en cuatro ramas que irrigaran las estructuras encefálicas: arteria cerebral anterior, arteria cerebral media, arteria comunicante posterior y arteria coroidea anterior.

El sistema vertebrobasilar, está formado por las arterias vertebrales. Cada arteria vertebral se introduce en la columna vertebral a la altura de la sexta vértebra cervical, pasando por dentro de los agujeros costotransversarios de las vertebrales cervicales, abandona la columna por la cara superior del agujero transversal del atlas para ingresar al cráneo después de atravesar la membrana occipitoatloidea, y de esta manera se ubica en la cara anterolateral del tronco cerebral. Ambas arterias vertebrales se anastomosan en la cara ventral del bulbo raquídeo, para formar un tronco común, la arteria basilar, que se continúa hasta el borde superior de la protuberancia, para bifurcarse en dos arterias principales, las arterias cerebrales posteriores.

Es importante señalar que la arteria carótida externa aporta varias ramas que al final atravesarán la base del cráneo, la arteria meníngea media es una de ellas, que a la vez es una rama de la arteria maxilar, y se proyectará de forma ascendente desde esta, para posteriormente atravesar junto a la vena

menígea media el agujero espinoso situado en las alas mayores del esfenoideas.

De la masa encefálica emergen delgadas venas que forman plexos venosos a nivel de la piamadre y drenan en las venas cerebrales. Estas a su vez, atraviesan el espacio subaracnoideo y desembocan en los senos venosos de la duramadre. Un sistema de senos venosos van a drenar finalmente en la vena yugular interna, que emerge de la base del cráneo a través de la porción posterior del agujero rasgado posterior.

### **3.3. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN PARA EL ESTUDIO DE LA BASE DEL CRÁNEO Y ESTRUCTURAS QUE LA ATRAVIESAN.**

Para poder realizar un estudio adecuado de la base del cráneo y de las estructuras que la atraviesan, mediante imágenes, es necesario tener un conocimiento de las técnicas diagnósticas empleadas y valorar las que mejor se adecuen a las necesidades de lo que se pretenda realizar. Esto no sólo incluye las técnicas de desarrollo más reciente, como las proyecciones multiplanares y en 3D, la Angio-RM, el Angio-TC con volúmenes y posteriores reconstrucciones, los equipos en 3D y con escáner incorporado de los estudios vasculares, sino también las técnicas “tradicionales” como la Resonancia Magnética y la Tomografía Computarizada (HUGH y cols. 2003; GLENN, 2005; FATTERPEKAR y DOSHI, 2006; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; KLINBEBIEL y cols, 2008; MORHARD y cols, 2008; DIMMICK y FAULDER, 2009).

Describiremos las técnicas de imagen más empleadas y de última generación, en el estudio de la anatomía de la base del cráneo, y las estructuras vásculo-nerviosas que la atraviesan; estamos seguros que al finalizar este trabajo las técnicas de estudios empleadas ya estarán siendo sustituidas por otras de última generación, porque estamos convencidos que la

tecnología en este ramo de la medicina crece a pasos agigantados, y es muy difícil que en unos pocos años no existan otras técnicas de imagen más avanzadas.

### **3.3.1. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA**

La tomografía computarizada es una de las técnicas de imagen con mayor evolución tecnológica en los últimos tiempos. Al principio se utilizaron cortes axiales de TC, y posteriormente se introdujo, en 1998, la TC helicoidal multicorte o multidetector, que permiten nuevas modalidades diagnósticas.

La TC se basa en los mismos principios de atenuación diferencial del haz de rayos X, con la única diferencia que utiliza un haz de rayos X muy colimado. Los fotones que pasan a través del paciente son captados por detectores de TC, que muestran un índice de intensidad diferencial en una escala de grises dependiendo del grado de absorción a lo largo del estrecho haz de rayos. El haz de rayos X del aparato de TC gira en muchos ángulos diferentes para poder obtener patrones de absorción diferencial mediante varios rayos con una sola pasada por el cuerpo del paciente. Por medio de un análisis matemático conocido como reconstrucción de proyección, se puede obtener un valor de absorción para cada punto (pixel) de un corte tomográfico.

En los equipos de TC actuales el haz de rayos X tiene forma de abanico en el plano axial y la detección de la intensidad del haz que atraviesa al paciente se efectúa mediante hileras que contienen cientos de elementos detectores. En general puede haber unos 900 elementos detectores en cada hilera y el número de medidas en ángulos diferentes en una rotación de 360° puede estar comprendido entre 800 y 1.500.

La tecnología tomográfica ha evolucionado a lo largo de varias generaciones, la introducción de la TC helicoidal o espiral representó un salto cualitativo muy importante, ya que la adquisición o medida de los valores de la

intensidad de rayos X emergente, se realiza combinando la rotación continua del tubo emisor de rayos X con un desplazamiento lineal de la mesa del paciente a través del túnel de la carcasa (gantry). Esto permite adquirir los datos de medida de un volumen de interés relativamente amplio durante una sola suspensión respiratoria y ha permitido, entre otros, un mayor desarrollo de la angiografía TC.

La introducción de los equipos multicorte o multidetector produjo un nuevo paso en el desarrollo tecnológico de estos equipos que proporcionó las condiciones para nuevas aplicaciones clínicas. Mientras en un escáner de TC helicoidal de corte único se usaba solo una hilera de detectores en los equipos multicorte se fueron añadiendo hileras adyacentes (4, 8, 16, 64, etc.), todas ellas susceptibles de la adquisición y medida simultánea de las correspondientes grandes cantidades de perfiles de transmisión de los rayos X. Los elementos detectores están hechos de materiales centelleadores muy eficientes y su tamaño se ha ido reduciendo progresivamente, de modo que los valores mínimos de colimación de cada una de estas secciones (medidos en el centro del túnel de la carcasa) son en la actualidad del orden de 0,5-0,6mm.

Además, la velocidad de rotación del tubo ha ido aumentando, con lo que el tiempo empleado para cada vuelta es inferior a 1 segundo: de hecho, en la mayoría de los equipos actuales el tiempo de rotación completa es del orden de 0,3-0,4 segundos. También se han perfeccionado los tubos de rayos X, que pueden consumir hasta 100Kw de potencia.

En consecuencia, con los equipos más modernos de TC multicorte es posible explorar prácticamente todo el cuerpo en una única suspensión respiratoria, con espesores de corte submilimétrico; esto se reduce de forma significativa si lo que queremos es explorar un área determinada, como en nuestro caso, la base del cráneo.

Con los equipos multidetectores actuales se generan cantidades ingentes de imágenes transaxiales de cada paciente, que se evalúan generalmente en estaciones de trabajo que permiten visualizar el volumen estudiado. Como la técnica multicorte permite trabajar con vóxeles casi isotrópicos, se pueden obtener, además, imágenes reformateadas de gran calidad diagnóstica.

De manera general, el tipo de reconstrucción usado es variable, y se escoge dependiendo del caso concreto. Las opciones actuales de post-procesado de las imágenes transaxiales son las siguientes: reconstrucciones bidimensionales (representaciones multiplanares y curvas), reconstrucciones tridimensionales (representación de superficie sombreada, proyección de máxima intensidad, proyección de mínima intensidad, representaciones volumétricas y endoscopia virtual), la endoscopia virtual es una técnica tridimensional que simula una visión endoscópica que en nuestro caso puede ser útil para la navegación intravascular.

Para resaltar un tejido determinado se pueden utilizar algoritmos de reconstrucción (ósea, de partes blandas), así por ejemplo para diagnosticar lesiones en la base del cráneo, identificación de fracturas, traumatismos del hueso temporal y la misma anatomía de la base del cráneo, se utilizan algoritmo de reconstrucción ósea con reconstrucciones multiplanares, tridimensionales (3D) y aplicación de contraste intravenoso si es necesario.

No obstante, esta técnica tiene como principal inconveniente la emisión de radiaciones ionizantes, situación que podemos minimizar realizando un ajuste adecuado de los parámetros de la exploración: volumen estudiado acorde con la zona de interés clínica, voltaje del tubo, la intensidad de corriente del tubo, el tiempo de rotación, el factor de paso o pitch y una correcta configuración de colimación del haz (FRUCHS y cols, 2000; CABRERO, 2002; ARIKAN y cols, 2005; FATTERPEKAR y DOSHI, 2006; LÖWENHEIM y cols, 2006;

GROSSMAN Y YOUSEM, 2007; FORTUÑO y cols, 2008; DEL CURA y cols. 2009; HARNBERGER H. R. y cols 2009; BINDER y cols, 2010; OSBORN y cols, 2011, RAY y cols, 2011).

La tomografía computarizada multidetector es una prueba radiológica de gran importancia en el estudio de la base del cráneo y destaca aún más cuando se quiere estudiar el componente óseo.

**3.3.2. LA ANGIO-TC** es otra técnica no invasiva que se emplea para el estudio de la anatomía vascular y en nuestro caso, de mucha ayuda en el estudio de los troncos supraaórticos y de la circulación intracerebral. Nos aporta hallazgos significativos en el estudio normal de los vasos, y procesos patológicos como diferentes grados de estenosis, detección de aneurismas, obstrucciones vasculares y patología vascular asociada a traumatismos abiertos y cerrados, entre otros, de forma que las angiografías con catéter se están reservando para la realización de procedimientos terapéuticos.

En los equipos de TC multidetector los datos se adquieren de forma continua, mientras la mesa se desplaza, el gantry va rotando. La calidad de estos estudios depende de una selección adecuada de los parámetros de imagen y la sincronización entre el momento de inyección del contraste y la adquisición de los datos. Para que coincida el máximo realce arterial con el periodo de adquisición debemos conocer el tiempo de realce vascular, es decir, que tiempo se tarda en conseguir el máximo realce arterial desde la introducción del contraste en el sistema venoso.

El contraste empleado en los estudios de angio-TC es el yodado no iónico, inyectado en forma de bolo en dosis de 100 ml con una velocidad de inyección de 4ml/s, seguido de una inyección de 40 ml de suero salino. La inyección de suero salino disminuye los artefactos lineales debidos a refuerzo del haz.

Es imprescindible el postproceso de los estudios de angio-TC en las estaciones o consolas de trabajo. Estas deben tener la suficiente capacidad para manejar el gran volumen de información obtenido. Las distintas modalidades de imagen son complementarias entre sí y todas deben usarse para la interpretación completa del estudio.

Los principales inconvenientes son los de la TC, derivadas del uso de radiaciones ionizantes y contrastes yodados. Las limitaciones propias de la angio-TC son: el pobre realce vascular en pacientes obesos o si se producen desajustes entre los tiempos de inyección de contraste y de adquisición de la hélice; que el postproceso requiere mucho tiempo y atención, así como experiencia en la interpretación de los hallazgos; y que la presencia de calcificación en la pared del vaso puede dificultar la valoración de la luz vascular; además está contraindicado en los pacientes con alergias y/o insuficiencia renal. (ELIJOVICH y cols, 2006; SAKAMOTO y cols, 2006; VILLABLANCA y cols, 2006; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; SARIKAYA y cols, 2007; SCHELLINGER y cols, 2007; SILVENNOINEN y cols, 2007; VILLABLANCA y cols, 2007; FORTUÑO y cols, 2008; KLINGEBIEL y cols, 2008; LUYANDO y cols, 2008; MORHARD y cols, 2008; DEL CURA y cols. 2009; DIMMICK y FAULDER; 2009).

### **3.3.3 RESONANCIA MAGNÉTICA**

La RM depende de una compleja interacción de la respuesta de los tejidos a la aplicación de unos campos magnéticos. Es un método tomográfico multiplanar para la obtención de imágenes que presenta muchas ventajas: no usa radiaciones ionizantes, es inocuo, no invasivo, presenta buena resolución de contraste, buena resolución espacial, estudios vasculares sin medios de contraste o con medios más seguros y medios de contraste órgano-específicos. Se basa en las propiedades magnéticas de los núcleos de ciertos elementos,

como el hidrógeno, y permite el estudio morfológico y funcional de múltiples estructuras y sistemas.

Para localizar espacialmente la señal de la RM es necesario aplicar gradientes de campo magnético. Los gradientes son variaciones lineales del campo magnético a lo largo de cualquiera de los tres ejes, o combinación de estos. Se aplican mediante unas bobinas específicas que suman un campo magnético al propio del imán en cualquier dirección del espacio. Los gradientes se aplican durante cortos periodos de tiempo, denominados pulsos de gradiente, junto con los pulsos de excitación de radiofrecuencia.

Existen unas series de pulso de radiofrecuencia y gradientes que se aplican, bajo control de un ordenador, para obtener una imagen, son las secuencias de imagen. Cada secuencia, en principio, proporciona un determinado contraste en la imagen.

La mejor técnica de imagen para el estudio de los nervios craneales es la RM, no obstante debemos tener en cuenta que la señal de ruido puede verse afectada por los movimientos respiratorios, la deglución y los movimientos de tos. Si una lesión está localizada en el área del hueso, como es la base del cráneo, la realización de una TC utilizando la ventana ósea es muy recomendable, ya que la RM puede infravalorar los hallazgos en el tejido óseo.

Existen secuencias especiales para el estudio de los nervios craneales, entre las que destacan las siguientes: T1WI (T1-weighted, que significa, ponderado en T1), en planos axiales, coronales y sagitales, que destaca por su definición anatómica; T2WI en plano axial y/o coronal FSE (Fast Spin Eco) con saturación grasa que ayuda a caracterizar una posible lesión, permeabilidad de los espacios del líquido cefalorraquídeo (LCR), presencia de edema, entre otros; T1 WI axial y coronal con saturación grasa tras la administración de gadolinio, que mejora la caracterización de una lesión, infiltración de enfermedades



tumorales , su vascularización y detección de focos tumorales; secuencia FIESTA (Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition), que es muy importante en la visualización del curso cisternal de los nervios craneales, valoración de compresión neurovascular; 3-D FSE T2 órbitas, para el estudio del globo ocular. (WILLIAMS y cols, 2003; WILSON-PAUWELS y cols, 2003; LÖWENHEIM y cols, 2006; HATIPOGLU y cols, 2007; DAVAGNANAM y CHAVDA, 2008; AYDIN y cols, 2009; SHETH y cols, 2009; AYDIN y cols, 2010; BINDER y cols, 2010; AYDIN y cols, 2011; OSBORN y cols, 2011).

**3.3.4. La ANGIO-RM,** se ha convertido en una técnica rutinaria para el análisis del sistema vascular cerebral. Presenta una sensibilidad y especificidad de un 90% para demostrar estenosis en la mayoría de los territorios vasculares y está sustituyendo a la angiografía digital como método diagnóstico. Las principales ventajas de la angio-RM es su inocuidad, dado que obtiene imágenes del sistema vascular de forma no invasiva, no emplea radiaciones ionizantes y no utiliza contraste yodado.

Existen diferentes métodos de evaluación del sistema vascular mediante RM; las primeras técnicas que se desarrollaron fueron las técnicas tiempo de vuelo (Time of Flight: TOF) y contraste de fase (Phase contrast: PC), en las que el contraste entre los vasos y el tejido por el que discurren se consigue mediante la aplicación de pulsos de excitación que anulan la señal del tejido estático y muestran la señal de los espines en movimiento en el interior de los vasos. Posteriormente, con el desarrollo de técnicas de adquisición más rápidas, se incorporaron las secuencias angiográficas con gadolinio, que se realiza en el momento en que el gadolinio alcanza el árbol vascular, logrando en este momento acentuar el contraste entre los vasos y el tejido circundante.

Existe otra secuencia: sangre negra, con la que la señal de la sangre en movimiento se suprime y la luz del vaso aparece hipointensa cuando el flujo

está presente. La pared del vaso aparecerá con mayor intensidad de señal que la luz por lo que esta técnica es excelente para evaluar la pared vascular.

Finalmente, es importante reconstruir las imágenes en un formato adecuado que demuestre de forma clara la anatomía vascular y los hallazgos encontrados en el estudio que den respuesta a las cuestiones planteadas.

El desarrollo de las técnicas de adquisición en paralelo, junto con la utilización de equipos de alto campo, 3 Teslas o superiores, y bobinas multicanal han permitido desarrollar secuencias con gran resolución espacial y temporal que obtienen imágenes vasculares cada vez más fiables.

También se está investigando el desarrollo de nuevos contrastes intravasculares que permanecen en el árbol vascular durante minutos u horas después de su inyección, facilitando así la adquisición de las imágenes sin la limitación del tiempo que presenta el uso de los contrastes intersticiales, como el gadolinio. Otra de las líneas de investigación en las que se está avanzando apunta hacia la obtención de contrastes moleculares con marcadores que se depositan en tejidos o lesiones específicas dentro del vaso (trombo, placa de ateroma, etc.) (BRADLEY, 1986; LAINE y cols, 1990; ISODA y cols, 1998; CABRERO, 2002; OKAHARA y cols, 2004; ÖZSARLAK y cols, 2004; VILLABLANCA y cols, 2006; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; HATIPOGLU y cols, 2007; SCHELLINGER y cols, 2007; SILVENNOINEN y cols, 2007; DAVAGNANAN y CHAVDA, 2008; FORTUÑO y cols, 2008; LUYANDO y cols, 2008; OLEAGA, 2008; DEL CURA y cols. 2009; DIMMICK y FAULDER, 2009; LINN y cols. 2009; SHETH y cols. 2009; BINDER y cols. 2010; AYDIN y cols. 2011).

### **3.3.5. ANGIOGRAFÍA**

Desarrollada en 1927 por Egas Moniz, consiste en realizar una serie de radiografías después de la administración de un medio de contraste opaco a los rayos X.

Como cualquier procedimiento invasivo, elegir y llevar a cabo un acceso apropiado es un factor clave para la realización de los procedimientos percutáneos. El abordaje es el primer paso de cualquier procedimiento intervencionista, sea diagnóstico o terapéutico. Sin embargo, se ha de tener especial cuidado en los aspectos que lo preceden, como son: preparación del paciente, asepsia, anestesia y disponibilidad de todos los materiales necesarios para la intervención. Cada abordaje requiere un conocimiento preciso de la anatomía del vaso a puncionar: tamaño, calibre, trayecto y relaciones anatómicas.

Lo habitual es realizar un abordaje percutáneo, que se lleva a cabo puncionando el vaso sanguíneo. Se localiza el vaso mediante referencias anatómicas y palpación suave, y se dirige la aguja hacia el mismo, atravesando la piel y el tejido celular subcutáneo. Puede atravesarse únicamente la pared proximal del vaso (técnica de pared única) o atravesar ambas paredes, proximal y distal (técnica de Seldinger) y posteriormente obtener un buen reflujo de sangre. Al evidenciar retorno de sangre, se inserta la guía y se avanza hacia la luz del vaso. Una vez se tiene dentro del vaso una porción de guía que garantice la conservación del abordaje y la estabilidad para continuar, se retira la aguja y se deja la guía preparada para que pase coaxialmente, acompañados de maniobras de giro, se dirige hacia la zona en estudio, se inyecta el contraste y obtenemos las imágenes radiológicas en varias proyecciones: antero-posterior, lateral u oblicua.

En general, la arteria femoral es el abordaje más utilizado en los procedimientos vasculares. Se considera la ruta de acceso vascular más simple y segura, debido a que se trata de un vaso de buen calibre, superficial, generalmente libre de enfermedad y que se puede comprimir contra la cabeza femoral para hacer hemostasia.

Para estudiar el territorio de los troncos supraaórticos, es decir, de ambas arterias carótidas y arterias subclavias, se utiliza un catéter (pigtail) cuyo extremo distal se posiciona a nivel de la aorta ascendente, en la raíz aórtica. El extremo proximal del catéter se conecta a la bomba de perfusión del contraste utilizado en cada serie un volumen de 20 a 40 ml/seg. Se realizan las series radiográficas en varias proyecciones para así desdoblar el origen de los troncos en el cayado aórtico, evitando de esta forma la superposición de los mismos.

Con las técnicas modernas, la arteriografía es más segura, sin embargo, el estudio supone la introducción de catéteres en las arterias y la utilización de contrastes, que pueden producir complicaciones derivadas de su uso. El hematoma en el lugar de punción y de inserción del catéter, puede ser doloroso, pero suele resolverse en pocos días. En algún caso puede requerir reparación quirúrgica y/o transfusión. Las complicaciones derivadas del abordaje pueden ser: pseudoaneurismas, fístulas arteriovenosas, disección arterial u oclusión vascular. El catéter y/o la guía pueden causar daño a la arteria y dar lugar a complicaciones como embolismo distal, disecciones o trombosis.

Pueden existir reacciones al contraste que suelen ser más frecuentes en diabéticos, pacientes con enfermedad renal, asma o historia previa de alergia al mismo. La infección local/sepsis es excepcional cuando se aplican las medidas de asepsia habituales en una sala de radiología intervencionista.

Los avances técnicos están permitiendo digitalizar las imágenes, por lo que la cantidad de contraste a inyectar es mínima y la cantidad de radiaciones que recibe el paciente se reduce de manera muy importante. Mucho más recientemente, se han desarrollado imágenes rotacionales en 3D de los vasos visualizados que ayudan, de forma importante, a mejorar el rendimiento diagnóstico e intervencionista y la superposición vascular ya no es un problema significativo.

Con estos equipos de angiografía, no sólo se hacen pruebas diagnósticas, sino que el neurorradiólogo puede llevar a cabo intervenciones mucho más fiables y resolver procesos como aneurismas cerebrales, estenosis de carótidas, entre otros (CARREIRA y cols, 2002; ÖZSARLAK y cols, 2004; SAKAMOTO y cols, 2006; VILLABLANCA y cols, 2006; KAUFMANN y cols, 2007; SILVENNOINEN y cols, 2007; KLINGEBIEL y cols, 2008).

### **3.4. ASPECTOS PATOLÓGICOS DE LA BASE DEL CRÁNEO**

La base del cráneo, al igual que otras áreas de nuestro organismo, es afectada por diferentes procesos patológicos, algunos benignos y otros con gran potencial maligno, por esta razón, insistimos en la necesidad de conocer minuciosamente la anatomía normal, tanto de la base del cráneo, como de los elementos que la cruzan. Cualquier alteración de esa anatomía puede ser sinónimo de patología. En este apartado describiremos los procesos patológicos que afectan, con más frecuencia, a la base del cráneo. Profundizar en sus detalles rebasaría el objetivo de nuestro estudio.

**Meningiomas.** Son neoplasias benignas no encapsuladas que se originan en las células aracnoideas meningoteliales de la duramadre mostrando un patrón de crecimiento lento. Ocasionalmente crecen predominantemente en

extensión (meningioma en placa) que puede provocar invasión ósea o hiperostosis. Suponen alrededor del 13-20% de los tumores intracraneales, aproximadamente 6/100,000 población. El 50% de los meningiomas se desarrollan en la duramadre que recubre la base del cráneo, existiendo topografías muy características: Meningioma del surco olfatorio, del ala del esfenoides, las paredes del seno cavernoso, del tuberculum sellae, del clivus y petroclival, del ángulo pontocerebeloso o cara posterior del peñasco y Meningioma del agujero magno. En los estudios de imagen se aprecia una masa extraaxial, lisa, bien circunscrita con unión dural de base amplia. En la TC sin contraste se aprecian algo más densa que el parénquima cerebral en aproximadamente un 70-75% e isodensa en un 25% y pueden presentar calcificaciones hasta en un 25%. Después de la administración de contraste en un 90% realzan de forma homogénea e intensamente. El hueso adyacente al tumor puede engrosarse, dando lugar a la denominada hiperostosis. En la RM en secuencias potenciadas en T1, generalmente son isointensos o discretamente hipointensos con el cerebro, en secuencias FLAIR, puede observarse edema peritumoral hiperintenso y “cola dural” y marcadamente hiperintensos con gadolinio (JINKINS y NURI SENER, 1991; GONZÁLEZ y cols, 2001; MORALES y cols, 2005; ISHIGAKI y cols, 2007; LOUIS y cols, 2007; ZHANG y cols, 2007; KIM y cols, 2010; KULKARNI y cols, 2011; OSBORN y cols. 2011; YU y cols, 2011).

**Angiofibroma juvenil nasofaríngeo.** Es un tumor benigno, originado en la cavidad nasal posterior adyacente al agujero esfenopalatino, que se da principalmente en jóvenes adolescentes. Casi siempre afecta a la fosa pterigopalatina remodelando las apófisis pterigoides, así como los senos maxilares en su porción posterior. Desde la fosa pterigopalatina puede alcanzar la fosa infratemporal o se extiende hacia la órbita, a través de la fisura orbitaria

inferior. Se nutre usualmente por la arteria maxilar interna que a su vez es una rama de la carótida externa. Es una lesión muy vascularizada y por la tanto después de la administración de contraste, realza de forma significativa (BEHAM y cols, 2000; JANAKI y cols, 2007; MARGALIT y cols, 2009; LARA y cols, 2010; STOKES y CASTLE, 2010; OSBORN y cols. 2011)

**Paraganglioma yugular y timpánico.** También se denomina quemodectoma o paragangliomas. Los yugulares se originan en los corpúsculos glómicos, localizados en la capa externa alrededor del glomus de la vena yugular interna, a nivel del agujero rasgado posterior. Se trata de tumores benignos, de lento crecimiento, muy vascularizados, pero con comportamiento local agresivo e invasivo, ya que ocupa rápidamente el oído medio y la fosa posterior.

El Paraganglioma timpánico es una lesión de pequeño tamaño que se origina a lo largo del nervio de Jacobson y se localiza en el mesotímpano. Provoca un acúfeno pulsátil y una hipoacusia de transmisión al interferir con la cadena oscicular, pueden protruir hacia el oído externo, a través del tímpano, en forma de una tumoración azulada muy sangrante.

Las técnicas de imagen seccionales (RM y TCMD) son imprescindibles en el estudio del Paraganglioma. Aportan datos sobre la naturaleza hipervascular tumoral, los márgenes lesionales, la infiltración de estructuras adyacentes, la multifocalidad tumoral y la presencia de metástasis. La RM es la técnica de elección en el análisis de los paragangliomas por su mayor capacidad de resolución de contraste entre tejidos, además, con las nuevas técnicas de angio-RM dinámicas se puede confirmar una captación temprana de contraste lesional, favoreciendo la aproximación diagnóstica. La TC es necesaria en los paragangliomas timpánicos y en los que afectan a la base del cráneo por su

eficacia en la evaluación de las lesiones del oído medio y de la infiltración de las estructuras óseas basicraneales (VAN DEN BERG y cols, 2004; DUET y cols, 2006; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; SOTO y VALDES, 2007; BAKAR y cols, 2008; NEVES y cols, 2008; DEL CURA y cols. 2009; PANIAGUA y cols, 2009; PÉREZ y cols, 2009; OSBORN y cols. 2011).

**Neurinomas (Schwannomas).** Son tumores que nacen de las células de Schwann de los nervios craneales.

Los nervios craneales recorren un trayecto por el espacio subaracnoideo, desde su salida aparente del encéfalo, hasta la base del cráneo, para salir del espacio intracraneal por un orificio óseo y dural. En la mayor parte de este trayecto subaracnoideo las fibras nerviosas del nervio van recubiertas de oligodendrogía, pero cerca de su salida del cráneo cambia esta cobertura por células de Schwann. Los neurinomas suponen alrededor del 5% de los tumores intracraneales, pero son la lesión más frecuente del ángulo pontocerebeloso y la más frecuente de fosa cerebral posterior del adulto. La mayor parte de los neurinomas crecen del VIII par (neurinomas del acústico), concretamente de la rama vestibular superior. Con menor frecuencia asientan en el glossofaríngeo o trigémino. Son histológicamente benignos y de lento crecimiento. Pueden ser múltiples o bilaterales en la neurofibromatosis.

En los neurinomas que asientan en el VIII par craneal, la TC puede evidenciar un ensanchamiento del conducto auditivo interno por el crecimiento tumoral. Cuando el tumor ocupa el ángulo pontocerebeloso es claramente visible después de administrar contraste yodado endovenoso. La técnica de elección para estos tumores es la RM, ya que ofrece una sensibilidad próxima al 100%, aun en los de localización puramente intracanalicular. Los neurinomas suelen ser isointensos o discretamente hipointensos en secuencias potenciadas en T1 y se realzan de manera homogénea tras la administración de contraste



paramagnético (VALENZUELA y EBENSPERGUER, 2002; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; DEL CURA y cols, 2009; ISHIKURA y cols, 2010; YILMAS y cols, 2010; OSBORN y cols. 2011).

**Tumores del área selar.** La mayor parte de tumores de esta zona son adenomas hipofisarios, histológicamente benignos pero que pueden crecer de forma invasiva. Por su tamaño y crecimiento se clasifican en adenomas de crecimiento intraselar (microadenomas y macroadenomas) y extraselar (con invasión de seno cavernoso si crecen a los lados; supraselar intracraneal con compresión quiasmática, hipotalámica o del III ventrículo, si lo hacen hacia arriba; del seno esfenoidal, si crecen hacia abajo). El adenoma hipofisario invasivo erosiona el suelo selar y se extiende a los senos cavernosos. Esta lesión se puede evaluar principalmente con RM, que permite observar una masa que realza en secuencia potenciada en T1 después de administrar gadolinio.

Por su producción hormonal, se clasifican en secretantes o no secretantes. Otros tumores de la zona son de tipo embrionario, especialmente los craneofaringiomas, que se origina de restos embrionarios de la bolsa de Rathke, suele aparecer por encima de la glándula pituitaria, pero dando un carácter expansivo puede ocasionar erosiones en la base del cráneo; otros tumores que pueden afectar esta zona son los tumores epidermoides y dermoides. Los tumores del área selar suponen alrededor del 10% de los tumores intracraneales (BUCHFELDER, 2002; PENAR y cols, 2002; SARLIS y cols, 2003; OMAR y JUSTO, 2005; OSBORN y cols. 2011).

**Tumores óseos.** En la base craneal pueden crecer cualquier tipo de tumores óseos primitivos y metastásicos. Por su trascendencia destacan los cordomas (tumores de origen notocordal que crecen de forma invasiva en línea media o paramedialmente) y los osteocondromas (de preferente crecimiento paramedial, en relación con las suturas de crecimiento).

La displasia fibrosa es una lesión ósea no tumoral, congénita caracterizada por lesiones expansibles con una mezcla de tejido fibroso y tejido óseo, y que afecta típicamente al esfenoides. Los patrones de imagen se relacionan con el contenido relativo de tejido fibroso y óseo, por ejemplo, en el estudio con TC se observa una lesión ósea expansible con un espacio diploico ensanchado, cambios escleróticos, quísticos o mixtos.

Esta entidad puede confundirse con la enfermedad de Paget, que también puede afectar la base del cráneo y que se caracteriza por ser una enfermedad esquelética metabólica crónica con expansión ósea con destrucción y esclerosis variable. Típicamente provoca defectos con bordes irregulares bien circunscritos y/o marcado engrosamiento +/- esclerosis.

La patología del oído tanto tumoral, como inflamatoria también puede afectar la base del cráneo, dependiendo de su localización, de su tamaño y agresividad (VALENZUELA y EBENSPERGUER, 2002; GROSSMAN y YOUSEM, 2007; OSBORN y cols. 2011).

**Tumores de órbita.** Constituyen un grupo heterogéneo de tumores de muy diferente origen, aunque los más típicos de la zona son el carcinoma de glándula lacrimal y el glioma de nervio óptico, por extensión podrían afectar a estructuras de la base del cráneo (BRUSH y cols, 2006; MACHADO-NETO y cols, 2006; PARIMA y cols, 2008; HASSANE y cols, 2010)

**Tumores paranasales.** Se trata habitualmente de tumores malignos originados en los senos paranasales, de crecimiento local muy agresivo, que pueden llegar a invadir el espacio intracraneal, tras erosionar el hueso e infiltrar la duramadre (QUITRAL y RAHAL 2005; GROSSMAN y YOUSEM, 2007).

### **Patología Traumática.**

Las fracturas de la base del cráneo pueden ocurrir en el 3 al 24% de los pacientes con traumatismos craneoencefálicos. La base es más débil en ciertas

localizaciones anatómicas, como el seno esfenoidal, el foramen magno, el ápex petroso temporal, las partes internas de las alas del esfenoides y la escama del temporal; otras zonas son la lámina cribosa y el techo de las órbitas.

Las fracturas del peñasco del temporal se producen normalmente por un traumatismo de alta energía, se encuentra en el 45% de las fracturas de la base del cráneo, y pueden afectar tanto al oído medio como al interno. El examen de elección para el estudio de estas lesiones es la TC multicorte con algoritmo óseo y sin uso de contraste. Esta exploración permitirá obtener imágenes axiales y posteriores reconstrucciones multiplanares. En las imágenes debe evaluarse el tipo de fractura, el recorrido entero del nervio facial, la cadena oscicular, la opacificación de celdillas mastoideas y la presencia de aire en lugares no habituales, sobre todo en las vecindades del peñasco, por ejemplo, en la articulación temporomandibular.

Las fracturas de la base del cráneo, además de la misma implicación clínica de la propia fractura, es de vital importancia constatar que el desplazamiento de los extremos fracturados, no provoquen afectación de las estructuras neurovasculares que atraviesan la base del cráneo. (HERBELLA y cols. 2001; ROJAS y MONSALVE, 2006; BAHULEYAN y cols. 2007; KARASUA y cols, 2008; CHATER y cols, 2010; SHANE y cols. 2010; NAKAHARA y cols, 2011).



***PLANTEAMIENTO DEL  
TRABAJO***



#### **4. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO**

La base del cráneo es una plataforma en la parte inferior del cráneo que proporciona apoyo, protección al cerebro y sirve de entrada y salida de las principales estructuras vasculares y nerviosas. Representa la parte del esqueleto situada entre la cavidad endocraneal y las estructuras que forman la cara, las órbitas, los senos paranasales y la nasofaringe (NEMZEK y cols, 2000; SCHÜNKE y cols, 2007; BORGES, 2008; BO y cols, 2010).

La base del cráneo presenta una anatomía compleja debido a los huesos que la componen, que a su vez contiene una serie de orificios por los que pasan estructuras nerviosas y vasculares de gran importancia. Es imprescindible conocer la anatomía radiológica de la base del cráneo para poder evaluar y diferenciar correctamente los hallazgos normales y la patología que puede afectar a las diferentes estructuras (LAINE, 1990; LUSTRIN, 1994; RICART, 1999; PASTOR y cols, 2001; GRUBER, 2002; SOM y CURTIN, 2004; SCHÜNKE y cols, 2007; BORGES, 2009; DEL CURA y cols. 2009; HARNSBERGER, 2009; OISHI y cols, 2011).

Existe una notable interrelación entre las estructuras endocraneales con las adyacentes, como son fosas y senos paranasales, órbitas, nasofaringe y oído, todas ellas frecuentemente sépticas y solamente la base del cráneo es la responsable de servir como barrera a la diseminación de probables procesos patológicos hacia la cavidad endocraneal, de ahí, la importancia de que la base del cráneo se encuentre anatómicamente íntegra.

A pesar de cumplir esa función de barrera y protección, contiene como ya hemos mencionado, múltiples orificios que pueden servir como canales de diseminación tanto de procesos infecciosos-inflamatorios como tumorales. El

correcto conocimiento de esos pequeños detalles anatómicos que pueden ser alterados por un incipiente proceso patológico, es la base de un adecuado diagnóstico clínico-radiológico (EBRIGHT y cols, 2001; JIMÉNEZ y cols, 2004; CASSELMAN, 2005; CAVALLO y cols, 2007; DUBRULLE y cols, 2007; EMBONG y cols, 2007; CEYLAN y cols, 2009; KWAK y SHATZKES, 2009; BO y cols, 2010; OISHI y cols, 2011).

Estos procesos patológicos originan en ocasiones, síndromes clínicos que nos hacen sospechar una afectación específica, como es el caso de la afectación de los pares craneales que son diagnosticados clínicamente por su recorrido típico. El síndrome del seno cavernoso, conjuga diplopia o ptosis por afectación de uno o varios pares craneales oculomotores con dolor o hipoestesia en región frontal y exoftalmos, sin afectación visual. Los tumores de fosa posterior pueden comprimir el cerebelo y clínicamente orientarnos a un síndrome hemisférico cerebeloso (HANS y cols, 2005; KOUYIALIS y cols, 2007; TOPSAKAL y cols, 2008; SAMII y cols, 2009).

También es muy sugerente, la afectación de la hipófisis cuando se presenta una hipo o hiperproducción hormonal como amenorrea, galactorrea, acromegalia, así como defectos bilaterales de la visión por compresión del quiasma óptico. Así mismo, se puede identificar exoftalmos unilateral por patología retroorbitaria, fístulas de líquido cefalorraquídeo secundario a erosión de las estructuras de la base del cráneo por un proceso tumoral o traumático (DARZY y SHALET, 2005; HANS y cols, 2005; SEMPLE y cols, 2007; CEYLAN y cols, 2009; DOUGLAS-AKINWANDE y HATTAB, 2010).

Además podemos sospechar patología en el ángulo pontocerebeloso secundario a patología vascular como los paragangliomas, así como sintomatología de hipoacusia, acúfenos y vértigos (fase otológica), secundario a



neurinoma del acústico, para afectar más tarde a los pares craneales vecinos con hipoestesia, dolor facial, disfagia y muy raramente parálisis facial (fase neurológica) (VAN DEN BERG, 2005; LÖWENHEIM y cols, 2006; BONNEVILLE y cols 2007; DAVAGNANAM y CHAVDA, 2008; TOPSAKAL y cols, 2008; LINN y cols, 2009).

Además de las estructuras nerviosas, el conocimiento de la vascularización cerebral, en nuestro caso, previo, en el momento o después de cruzar la base del cráneo es de prioridad en el estudio de neuroimagen, porque una afectación en una de estas zonas, afecta gran parte del encéfalo y la morbimortalidad es muy significativa.

La gran mayoría de los síndromes mencionados anteriormente pueden pasar desapercibidos, tanto para el paciente como para el clínico o dar solamente síntomas leves que se pueden asociar a entidades banales, por lo tanto, debemos estar familiarizados en los pequeños cambios tanto clínicos como radiológicos que se producen en los estadios iniciales de estos procesos.

Gran parte de la patología que afecta a la base del cráneo es la tumoral primaria o metastásica. Durante las últimas décadas ha habido importantes avances en el tratamiento de estas lesiones, como resultado, en muchas situaciones que se consideraban inoperables (dada la complejidad anatómica de estructuras adyacentes), la extirpación quirúrgica puede actualmente ser considerada la primera modalidad terapéutica (GOODRICH, 2000; RADNER y cols, 2001; KETAN y AL-MEFTY, 2004; CASSELMAN, 2005; UNGER y cols, 2005; CAVALLO y cols, 2007; DUBRULLE y cols, 2007; PIRRIS y cols, 2007; SEMPLE y cols, 2007; JOHNSON y cols, 2008; MILKER-ZABEL y cols, 2008; TOPSAKAL y cols, 2008; CEYLAN y cols, 2009; SAMII y cols, 2009; GONZÁLEZ y cols, 2011; OISHI y cols, 2011).

Son muchos los factores que han contribuido a este cambio, entre ellos podemos mencionar: el desarrollo de la neuroimagen y la neuroradiología intervencionista, la introducción de técnicas microquirúrgicas y de mínimo acceso, los nuevos abordajes a la base craneal que minimizan la retracción cerebral y aumentan el ángulo de visión del cirujano, la aplicación del concepto del grupo multidisciplinario con la cooperación de neurorradiólogos, neurocirujanos, otorrinolaringólogos, cirujanos plásticos, el desarrollo de neuroanestesia e introducción de neuromonitoreo transoperatorio, desarrollo del neurointensivismo con la consiguiente mejoría en los cuidados post operatorios de estos pacientes (CHANDLER y cols, 2005; LÖWENHEIM y cols, 2006; CAVALLO y cols, 2007; DUBRULLE y cols, 2007; TOPSAKAL y cols, 2008; CEYLAN y cols, 2009; MOYER y cols, 2009; SAMII y cols, 2009; OISHI y cols, 2011).

Con respecto a la importancia que hoy asume la neuroradiología, objetivo de nuestro estudio, resulta indudable que a finales del siglo pasado se produjo un desarrollo exponencial en el perfeccionamiento y utilización en las técnicas de neuroimagen. Aún con este exitoso recorrido, podría decirse que la imagen médica se encuentra en sus estadios “iniciales” y que las técnicas conocidas hasta el momento, y otras actualmente en desarrollo, son muy prometedoras.

La complementariedad existente entre la información que ofrecen las distintas técnicas de neuroimagen respecto al estado físico-fisiológico del órgano u organismo en estudio, está haciendo que la evolución natural en el equipamiento de diagnóstico se dirija hacia el desarrollo de instrumentos multimodalidad; es decir, sistemas que permitan combinar al menos dos técnicas de imagen complementarias en el mismo aparato. Generalmente, una de ellas proporciona información anatómica de gran precisión y la otra

información metabólica (funcional), de manera que su fusión permite obtener un conocimiento más profundo y comprensivo de los procesos estudiados. (PAULINO y cols, 2005; HOJGAARD y SPECHT, 2007; BRADY y cols, 2008; LECCHI y cols, 2008; MARIANI y cols 2010; LIU y cols, 2011;).

El objetivo fundamental del avance en el desarrollo de las técnicas radiológicas es prolongar la vida de los pacientes y disminuir la morbilidad, a través de una evaluación diagnóstica más eficaz y una selección más apropiada de las estrategias terapéuticas. Sin duda son herramientas complementarias muy valiosas a utilizar en conjunto con los aspectos anatómicos, la historia clínica y el examen físico (BORRAS 2006; PIRRIS y cols, 2007).

A medida que se desarrollan nuevas técnicas y su demanda es cada día mayor, estas tecnologías adquieren mayor complejidad. La realización adecuada de los procedimientos de diagnóstico por imagen, exige que el personal involucrado esté adecuadamente formado y entrenado. El médico clínico, el especialista en radiología, el radiooncólogo, el especialista en medicina nuclear, el físico médico, el anatomista, los técnicos y el personal de enfermería son miembros de ese equipo multidisciplinario que conforma el personal de salud de los servicios de radiología.

En nuestro caso, el avance tecnológico en las diferentes técnicas de neurodiagnóstico empleadas en este trabajo, como son la tomografía computarizada multidetector, la resonancia magnética con sus diferentes secuencias y sus posibles aplicaciones, que aún hay muchas por descubrir, los estudios vasculares de imagen por sustracción digital, todas ellas capaces de realizar adquisiciones rápidas, con la menor cantidad de radiaciones y una gama de opciones de informática para realizar reconstrucciones volumétricas y multiplanares, prometen un futuro esperanzador en el diagnóstico de

diferentes entidades, que aún son difíciles de diagnosticar y muchas veces se tiene que recurrir a técnicas más invasivas.

Sin embargo hasta el día de hoy, a pesar que la tendencia en neuroimagen se inclina hacia los estudios no invasivos, la arteriografía sigue siendo fundamental en el diagnóstico y tratamiento de los procesos vasculares cerebrales, no obstante desde hace varios años se usan las técnicas de sustracción digital (DSA), que precisan menor cantidad de contraste intravenoso, menor tiempo de exploración y por consiguiente menor cantidad de radiaciones ionizantes, así como la incorporación reciente de imágenes en 3D y la superposición de imágenes vasculares y de tomografía computarizada en el mismo estudio por la incorporación en el mismo aparato de un TCMD; todos estos avances han provocado una disminución considerable en las complicaciones secundarias al procedimiento invasivo (OKAHARA y cols, 2004; SAKAMOTO y cols, 2006; DAWKINS y cols, 2007; KAUFMANN y cols, 2007; KLINGEBIEL y cols, 2008).

Aún con estas limitaciones, el estudio de la vascularización mediante angio-TC y la angio-RM, ésta con ausencia de radiaciones ionizantes y que puede utilizar la diferencia de contraste entre los vasos y el tejido por el que discurren, anulando la señal del tejido estático y mostrando la señal de los espines en movimiento en el interior de los vasos, o tras la administración de gadolinio, aportan datos de gran fiabilidad, que en muchos casos sustituyen a los procedimientos invasivos, como la arteriografía (ISODA y cols, 1998; OKAHARA y cols, 2004; ÖZSARLAK y cols, 2004; ELIJOVICH y cols, 2006; SARIKAYA y cols, 2007; SILVENNOINEN y cols, 2007; VILLABLANCA y cols, 2007; KLINGEBIEL y cols, 2008; LUYANDO y cols, 2008; MORHARD y cols, 2008; OLEAGA, 2008; DIMMICK y FAULDER, 2009; MA y cols, 2010).

Así pues, el empleo de estas técnicas radiológicas y las que están en desarrollo, en nuestro caso las utilizadas en el estudio de la base del cráneo, tienen como gran objetivo, diagnosticar las diferentes entidades que pueden desencadenar la alteración de la salud, con el menor riesgo de radiaciones ionizantes, de la forma menos invasiva y en un estadio muy temprano del proceso, con el fin de tomar la conducta más oportuna y adecuada.

Por tanto, ante estas consideraciones previas, planteamos este trabajo de Tesis Doctoral con el título: " **AVANCES EN LA VISUALIZACIÓN DE ELEMENTOS VÁSCULO-NERVIOSOS DE LA BASE DEL CRÁNEO MEDIANTE TÉCNICAS DE NEUROIMAGEN DE ÚLTIMA GENERACIÓN** ", que nos permita optar al Grado de Doctor por la Universidad de Salamanca. El estudio planteado como Tesis Doctoral, tiene por objeto realizar un análisis exhaustivo de las estructuras que forman la base del cráneo y los elementos vásculo-nerviosos que la atraviesan, así como la patología más frecuente, mediante el empleo de técnicas de neuroimagen de última generación.

Tras realizar una exhaustiva revisión de la bibliografía médica (Medline, Index Medicus, Pub Med, Radiology, Radiographics, Gold Miner AARS, SpringerLink, Scopus, Science Direct, EMBASE, entre otras), sobre el tema propuesto como Tesis Doctoral, desde el punto de vista anatomorradiológico, hemos encontrado escasa bibliografía que estudie mediante estas técnicas la base del cráneo en su totalidad (fosa anterior, media y posterior con sus diferentes estructuras vásculo-nerviosas), dado que la mayoría de los estudios realizados se centran en alguna porción en particular, y sobre todo en su descripción patológica, principalmente tumoral, infecciosa y traumática que afectan esta área, por lo tanto, nuestro propósito es profundizar en el

conocimiento anatomorradiológico, tanto normal como patológico de las estructuras que forman las tres fosas cerebrales de la base del cráneo.

Además de la morfología, realizaremos un estudio morfométrico de los diferentes agujeros de la base del cráneo, que por su gran escasez en la bibliografía actual (encontramos solamente un artículo publicado en castellano, RICART, 1999) tiene su importancia, debido a la creciente incorporación de técnicas de microcirugía, en las que es preciso su adecuado conocimiento.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, planteamos los siguientes objetivos:

- 1.** Analizar la morfología de la base del cráneo, fundamentalmente mediante imágenes de Tomografía Computarizada Multidetector, Angio-TC, Resonancia Magnética, Angio-RM y Angiografía por sustracción digital que nos ofrezcan una visión más amplia y actualizada.
- 2.** Realizar un estudio morfométrico de los diferentes agujeros de la base del cráneo y estructuras neurovasculares que la cruzan, mediante técnicas de neuroimagen de última generación.
- 3.** Determinar la utilidad de las técnicas radiológicas de última generación en el reconocimiento de las estructuras normales y patológicas de la base del cráneo.
- 4.** Describir e ilustrar la patología más relevante que afecta a la base del cráneo, mediante diferentes técnicas de neuroimagen.

La interpretación de los resultados obtenidos en nuestro estudio se realizará mediante la descripción de las estructuras normales que forman las

distintas fosas cerebrales. Ilustraremos las estructuras vasculares y nerviosas previo, en el momento y después de cruzar la base del cráneo y su relación con las estructuras adyacentes.

Ilustraremos nuestro trabajo con abundantes imágenes de TCMD, angio-TC, RM, angio-RM y angiografía por sustracción digital, con reconstrucciones volumétricas y 3D, con cortes finos (0,5-3 mm) empleando el algoritmo de reconstrucción ósea, de cerebro, vascular y de partes blandas en la mayoría de los casos.

Finalmente presentaremos mediante las diferentes técnicas radiológicas utilizadas, la patología más frecuente que afecta a la base del cráneo, consciente que representar toda la entidad patológica, sería rebasar el objetivo de este trabajo.

De esta forma, pretendemos aportar un estudio anatomorradiológico más exhaustivo, completo, reciente y actualizado de las diferentes estructuras que forman la base del cráneo, que permita unificar criterios y por consiguiente poner a disposición una iconografía amplia de esta área neurológica.





# ***MATERIAL Y MÉTODOS***



## 5. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se realizó un análisis retrospectivo de 87 pacientes llegados al Hospital Universitario de Salamanca (40 varones y 47 mujeres) derivados de los servicios de urgencias, medicina interna, psiquiatría, neurología, neurocirugía, otorrinolaringología y cirugía maxilofacial, con una edad de 55 +/- 20 años, en el periodo comprendido desde enero de 2010 hasta octubre del 2011.

El motivo por el cual se realizaron los estudios de neuroimagen fue la valoración de cefalea, trastornos de la memoria, patología del oído, síntomas de accidentes cerebro vasculares, alteraciones en la visión, convulsiones, patología hipofisaria, y traumatismos craneoencefálicos.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para la selección de las imágenes consistían en una correcta visualización de las estructuras, tanto óseas como de partes blandas, así como la patología tumoral, infecciosa y traumática que afectara a la base del cráneo.

El TCMD utilizado para la realización de los estudios fue un Aquilion TSX-101<sup>a</sup> de 32 detectores (Toshiba Medical Systems) del Hospital Universitario de Salamanca (fig. 16) siguiendo el siguiente protocolo: para el estudio de cabeza se adquieren dos escanogramas (fig. 17), uno en proyección ánteroposterior y otro en posición lateral, posteriormente se seleccionó un grosor e intervalo de corte de 1,5 mm para la base del cráneo y de 5 mm para el encéfalo, seguidamente se adquirieron las imágenes helicoidales con reconstrucciones volumétricas del área de interés.

Así mismo, se seleccionaron los protocolos específicos de peñascos, órbitas, cuando el objetivo de estudio son estas áreas. Las adquisiciones en

esta zona se obtuvieron con el paciente en decúbito supino, cabeza hacia el gantry, brazos a lo largo del cuerpo y con un grosor de corte muy fino (1mm), colimación de corte de 1 mm, KV de 140 y tiempo de rotación de 1,0 seg. ya que los detalles anatómicos a estudiar, en algunos casos, fueron milimétricos.

Los estudios realizados inicialmente se obtuvieron sin la administración de contraste intravenoso, se valoraron las imágenes obtenidas y en los casos necesarios se procedió a la inyección del mismo si se sospechó patología subyacente.

Para la realización del estudio vascular mediante angio-TC usamos dos técnicas, de forma manual: se aplicaron 100 cc de contraste iodado intravenoso, seguido de 40 cc de solución fisiológica, mediante bomba de inyección programada, a 4 cc por segundo, con un tiempo de espera de 20 segundos. La otra técnica fue mediante la colocación de un ROI (region of interest) en el cayado aórtico, con la misma dosis y flujo de contraste intravenoso que la técnica anterior, iniciando automáticamente los cortes cuando se alcanzaron 180 unidades Hounsfield (UH) en el lugar donde fue localizado el ROI (cayado aórtico).

Los contrastes que utilizamos en nuestro estudio fueron contrastes yodados, solución inyectable, como el OPTIRAY ULTRAJECT 320 mg/ml (principio activo: Ioversol con otros componentes para la regulación del pH), OMNIPAQUE 300 que contiene 647 mg de Iohexol por ml (equivalente a 300 mg de yodo por ml) y XENETIX 300 (principio activo Iobitridol), que 1 ml de solución inyectable contiene 658,1 mg de Iobitridol que corresponden a 300 mg de yodo.

Previo a la realización del estudio le entregamos un consentimiento informado al paciente explicando en que consistía la exploración y sus posibles reacciones adversas. Preguntamos sobre sus antecedentes alérgicos a los compuestos yodados, patología tiroidea, insuficiencia renal y/o hepática, asma bronquial durante los últimos 8 días, previos a la exploración, insuficiencia cardíaca grave, feocromocitoma, miastenia gravis, posible embarazo, ya que todas estas entidades podrían contraindicar la exploración y se valoraría riesgo-beneficio. Además nos cercioramos que el paciente estuviera como mínimo 4-6 horas en ayuno y no tuviera objetos metálicos internos o externos que pudieran provocar artefactos en los estudios seleccionados.

El contraste intravenoso (CIV) se aplicó en una vena del miembro superior (vena mediana cubital) con una bomba de inyección automática (fig. 18) con un protocolo habitual de 100 ml y 30 ml de suero salino, a una velocidad de 2ml/seg. y un tiempo de retraso de 60 segundos desde la entrada del CIV en el torrente sanguíneo al inicio de los cortes axiales del estudio.

Después de terminar el estudio dejamos al paciente en observación de 30 minutos a 1 hora para vigilar cualquier posible reacción adversa al contraste, explicando al paciente su posible sintomatología, por ejemplo: reacciones de hipersensibilidad, náuseas, vómitos, sabor metálico, boca seca, mareos, síncope, trastornos visuales, desorientación, cambios en el ritmo cardíaco, angina de pecho, reacciones locales en el lugar de la inyección, como enrojecimiento, entumecimiento, inflamación y picor. Sin embargo podría presentar trastornos más delicados como son, alteraciones del sistema nervioso central, trastornos respiratorios, trastornos psiquiátricos, renales y urinarios, shock anafiláctico, entre otros, aunque cabe señalar que la frecuencia de estos últimos son extremadamente infrecuentes.

El análisis de las imágenes con reconstrucciones volumétricas, en los diferentes planos del espacio y en 3D las realizamos en una estación de trabajo Vítrea<sup>R</sup> (Toshiba Medical Systems) (fig. 19), utilizando diferentes protocolos según el interés de la estructura a estudiar, reconstrucción ósea para el hueso, de partes blandas para los estudios vasculo-nerviosos, MIP (Maximum intensity projection), MPR (Multi-planar reformat) CT-angiografía para el estudio vascular. En esta misma estación de trabajo realizamos el análisis morfométrico de los agujeros de la base del cráneo ya que ésta cuenta con las herramientas necesarias para realizar las mediciones pertinentes (fig. 20).

Como ayuda al análisis morfométrico, empleamos el desarrollo informático Amira<sup>®</sup>, el cual permite múltiples funcionalidades como el análisis de datos de imágenes, reconstrucción geométrica o modelado y la visualización avanzada 3D. Los distintos módulos permiten la segmentación de objetos y posterior creación de modelos poligonales. Además, permite generar verdaderas mallas volumétricas, que a su vez realizan la simulación de los distintos volúmenes.

Esta herramienta informática nos permitió cargar cualquier conjunto de datos de imagen médica desde RM, TC, soportando distintos formatos de imagen digital, incluyendo el formato estándar para imágenes radiológicas DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) (fig.21).

Los estudios de resonancia magnética y angio-RM se realizaron con un aparato marca General Electric, Signa Horizon de 1,5 Teslas (fig. 22) con los protocolos siguientes: para el protocolo estándar de cabeza realizamos una secuencia sagital potenciada en T1 Spin Eco (SE), T2 axial Fast Spin Eco (FSE), FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery) coronal potenciada en T2 FSE, que es una secuencia T2 con supresión de la señal líquido, estudio de difusión con

B1000/DWI y mapa ADC (Apparent Diffusion Coefficient) si existe patología, y eco de gradiente T2\* si se sospecha antecedentes de sangrado; para el estudio de epilepsia usamos el protocolo estándar de cabeza más una incidencia coronal T2 FSE, perpendicular al lóbulo temporal; para la valoración de hipófisis realizamos una incidencia sagital y coronal T1 FSE, coronal T2 FSE y sagital y coronal T1 FSE, tras la administración de CIV. El conducto auditivo interno (CAIs) lo analizamos mediante secuencia potenciada en T2 FSE de cráneo, coronal T1 SE y FIESTA (Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition) axial 3D de fosa posterior, esta última empleada para estudiar los nervios craneales.

En los protocolos mencionados anteriormente se usó contraste intravenoso, en los casos que se requirió caracterizar algún tipo de patología; para ello empleamos los siguientes medios de contraste:

- GADOVIST, cada ml de solución inyectable contiene 604,72 mg de Gadobutrol, equivalente a 1 mmol de Gadobutrol. La dosis recomendada y empleada en nuestro caso fue de 0,1 mmol por kilogramo de peso corporal.
- OPTIMARK, cada ml contiene 330,9 mg de Gadoversetamida, lo que equivale a 500 micromol. Se administra en forma de inyección intravenosa periférica en bolo a una dosis de 0,2 ml/kg (0,1 mmol/kg de peso corporal).
- DOTAREM, cada ml de solución inyectable contiene 279,32 mg de ácido Gadotérico (en forma de sal de meglumina), equivalente a 0,5 mmol. Se administró a una dosis de 0,1 mmol/kg de peso corporal (0,2 ml/kg de peso corporal).

Las contraindicaciones y las reacciones adversas a estos contrastes de RM son infrecuentes y en este estudio no observamos ninguna de ellas. En nuestro hospital el más utilizado es el Gadovist.

Los estudios de Angio-RM los realizamos mediante secuencias vasculares 2D TOF (Time of Flight) para la visualización de las estructuras venosas, para este fin, también usamos estudio con contraste de fase (Phase Contrast: PC); 3D TOF sin y con contraste intravenoso para el estudio arterial. Cuando el objetivo fue analizar vasos de más pequeño calibre y distales, usamos contraste intravenoso. Las imágenes se interpretaron y reconstruyeron en la estación de trabajo.

Los estudios vasculares mediante angiografía digital se realizaron en el servicio de radiología vascular e intervencionista, con un angiógrafo digital Allura 3D (Phillips Medical Systems), de última generación, que contiene un TC incorporado (fig. 23). Es un producto específico de alto rendimiento que amplía las funciones de los equipos radiográficos compatibles con las prestaciones de la obtención de imágenes tridimensionales mediante rayos X. Las imágenes se adquieren en el equipo radiográfico mediante exploración rotacional y se exportan para su análisis posterior. Para nuestro estudio, se utilizó principalmente para las prestaciones en volumen tridimensional de angiografía de troncos supraaórticos y arterias selectivas del encéfalo, aunque cabe señalar que tiene múltiples funciones en el diagnóstico e intervencionismo vascular.

El estudio angiográfico invasivo se realizó principalmente con dos objetivos: diagnóstico y terapéutico de procesos vasculares de troncos supraaórticos o vasos encefálicos, por lo que los pacientes venían derivados de los servicios de neurocirugía y neurología.



Previo al procedimiento, el paciente fue valorado por el servicio de neuroradiología intervencionista, elaborando una adecuada historia clínica. Tras un consentimiento informado del paciente o de su familiar se realizó el procedimiento en la sala de neurointervencionismo vascular, con una adecuada esterilización del lugar de la punción y del instrumental a utilizar. Se canalizó la arteria femoral y con una guía-catéter se accedió al árbol arterial a estudiar (arteria femoral, iliaca, aorta hasta su cayado y desde aquí se accede selectivamente al tronco supraaórtico de interés) e inyectando contraste intravenoso en los casos y momentos indicados, visualizando en todo momento en las pantallas acondicionadas para tal fin, el procedimiento realizado.

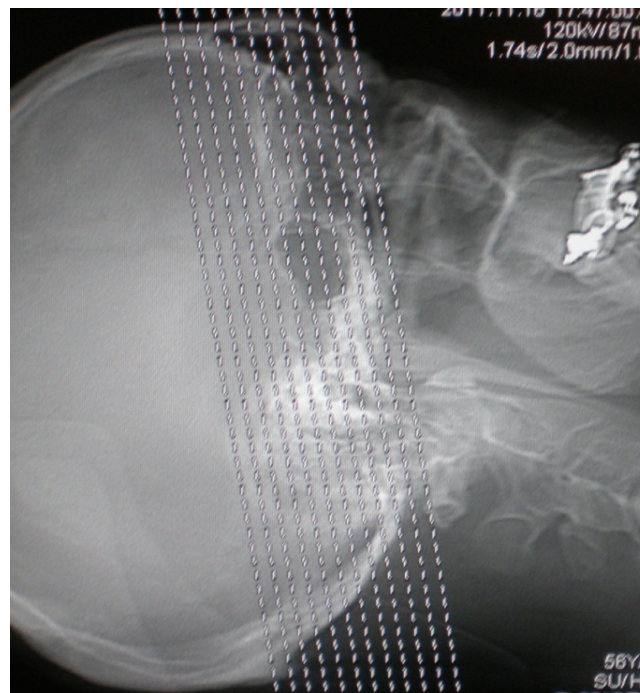
Al finalizar el procedimiento el paciente fue ingresado para su observación y seguimiento, dependiendo del tipo de intervención y las posibles complicaciones ocurridas. Obtenemos las imágenes del procedimiento realizado y posteriormente, seleccionamos, en nuestro caso, los vasos que se relacionan con la base cráneo.

Para la presentación de nuestros resultados examinamos las tres fosas cerebrales desde su margen anterior hasta el posterior, estudiando las estructuras que las forman y las cruzan (vasculares y nerviosas), morfología, localización y relación con estructuras adyacentes.

Como referencia anatómica se emplearon algunos cráneos del Departamento de Anatomía e Histología Humanas de la Universidad de Salamanca.



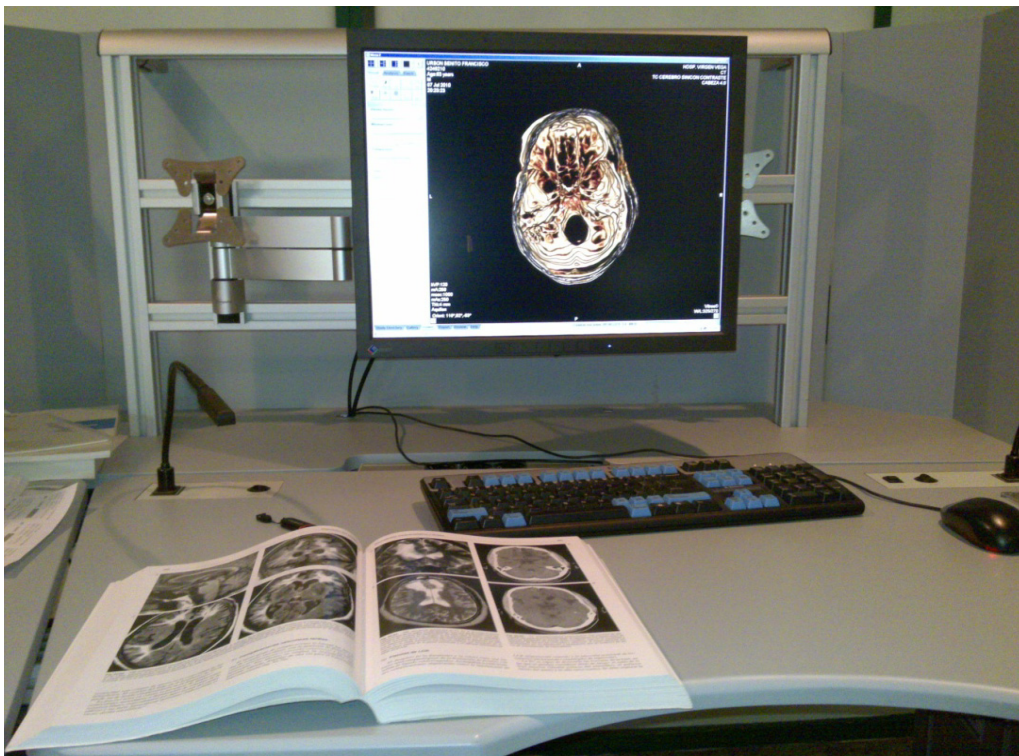
**Fig. 16** .TC Toshiba Aquilón 32 coronas. Hospital Universitario de Salamanca.



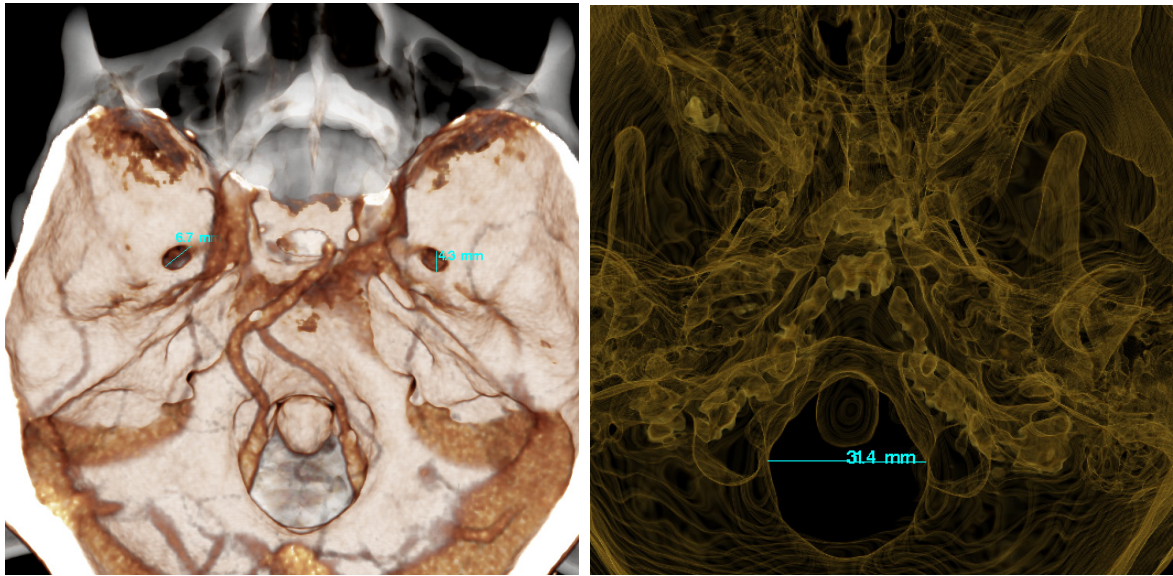
**Fig.17.** Imagen de escanograma sagital, que ilustra la forma como se planifica un estudio de la base del cráneo. Los cortes que posteriormente se realizan son muy finos con un grosor e intervalo de corte de 1,5mm, seguidamente se adquieren las imágenes helicoidales con reconstrucciones volumétricas del área de interés.



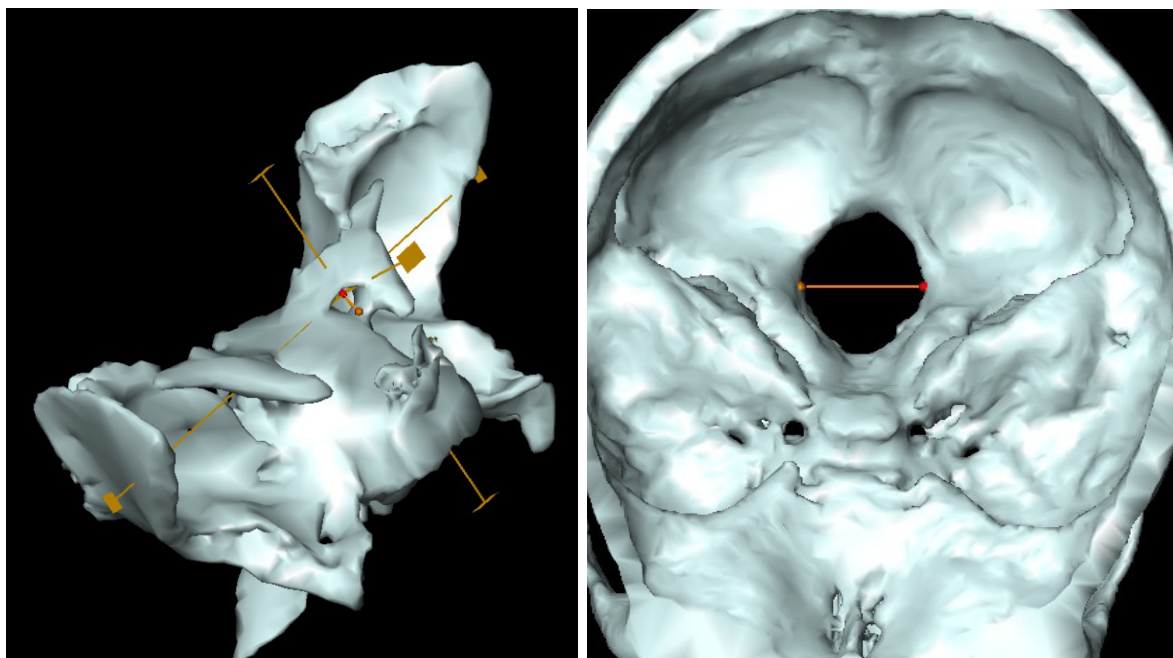
**Fig. 18.** Bomba automática de inyección de contraste intravenoso, que utilizamos, principalmente para el estudio de las estructuras vasculares que cruzan la base del cráneo.



**Fig.19.** Estación de trabajo (Vítrea<sup>R</sup>) donde se diseñaron y reconstruyeron las imágenes obtenidas de los estudios de TCMD. Hospital Universitario de Salamanca.



**Fig. 20.** Diferentes protocolos de reconstrucción en el estudio morfométrico en 3D de los agujeros de la base del cráneo realizado y analizado en la estación de trabajo ((Vítrea<sup>R</sup>).



**Fig. 21.** Análisis morfométrico y reconstrucciones 3D del hueso esfenoides (izquierda) y visión endocraneal de las fosas cerebrales (derecha) mediante el desarrollo informático Amira<sup>®</sup>.



**Fig. 22.** RM General Electric 1,5 T del Hospital Universitario de Salamanca, con personal técnico y de enfermería previo a realizar un estudio cerebral.



**Fig. 23** Angiógrafo digital Philips del Hospital Universitario de Salamanca con sus diferentes herramientas de trabajo, durante un proceso diagnóstico e intervencionista vascular.



# ***RESULTADOS***



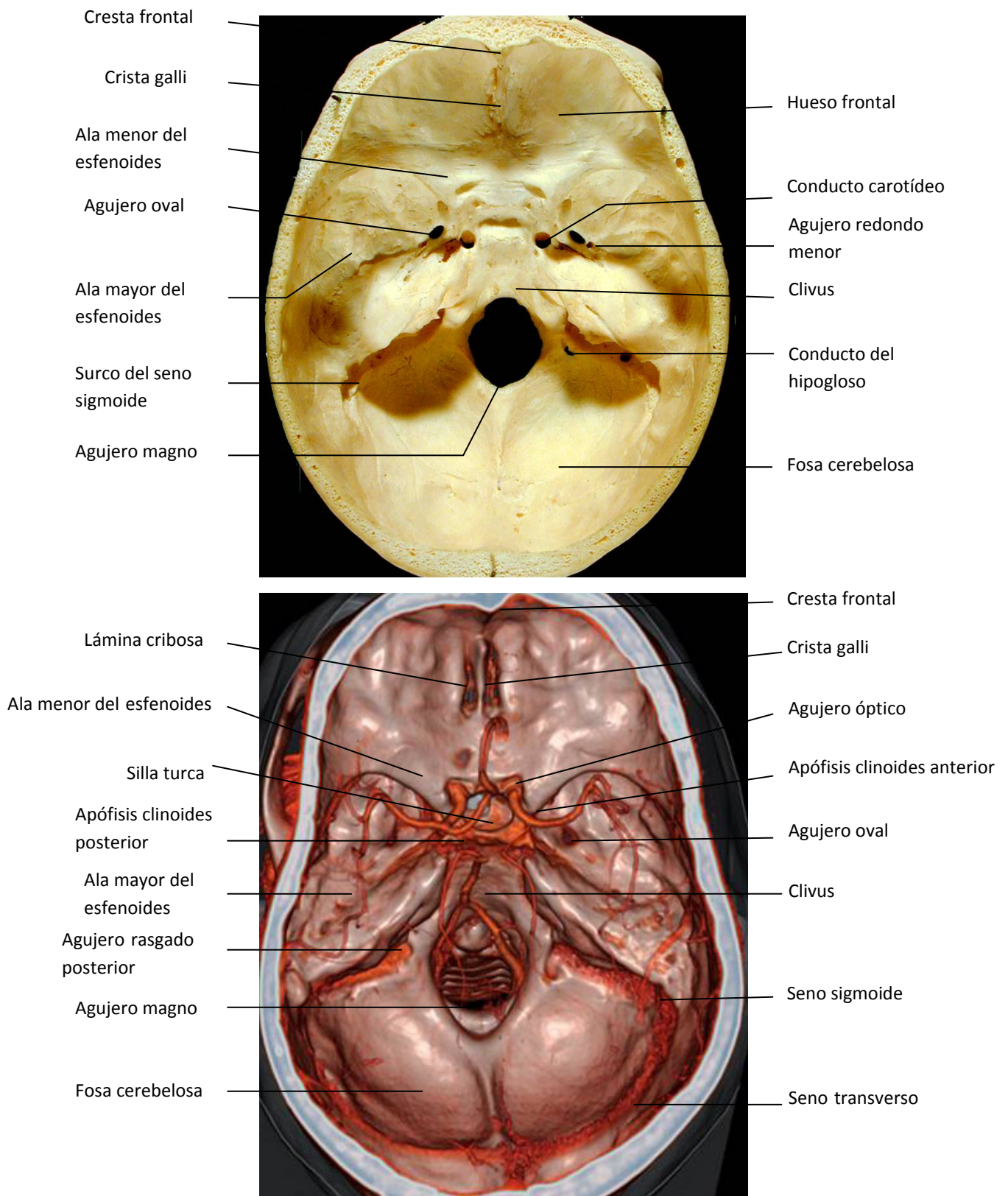


## 6. RESULTADOS.

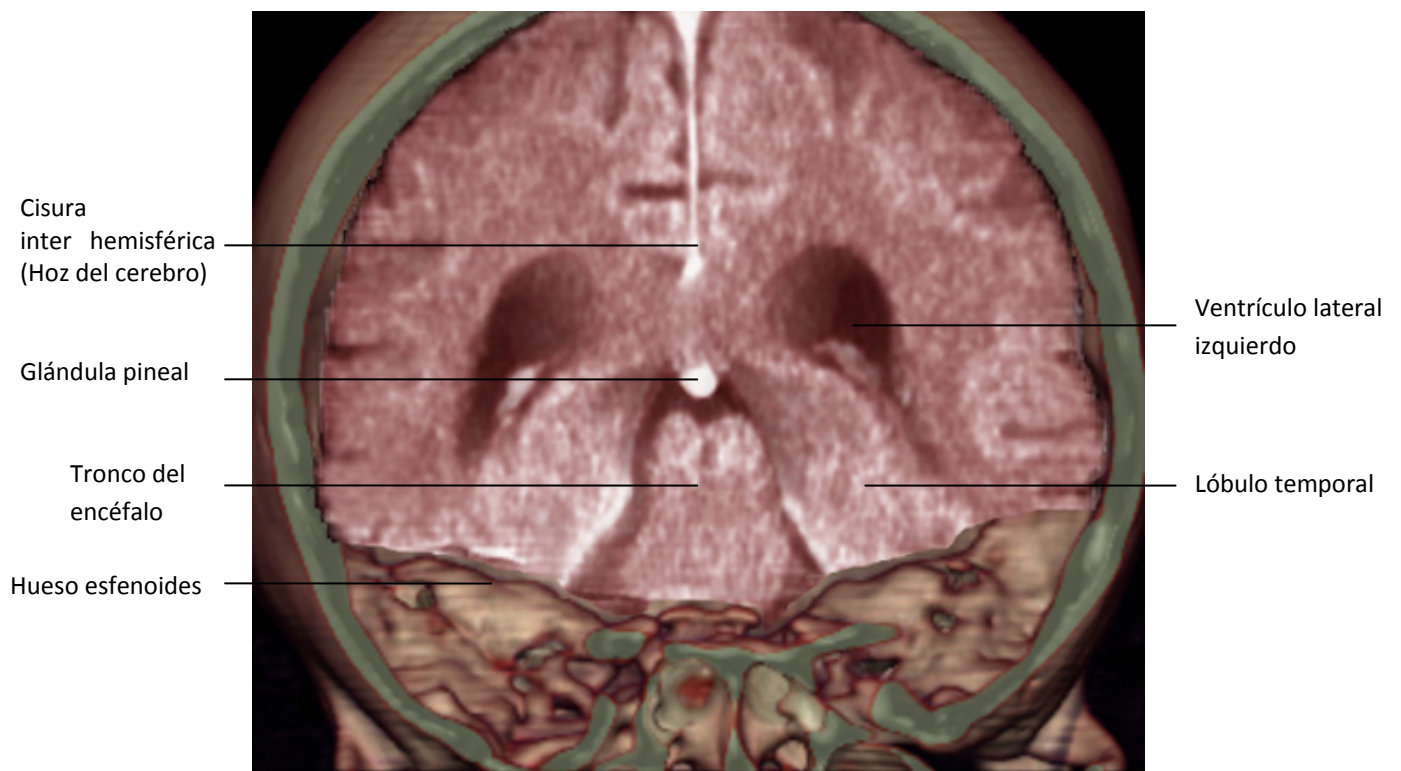
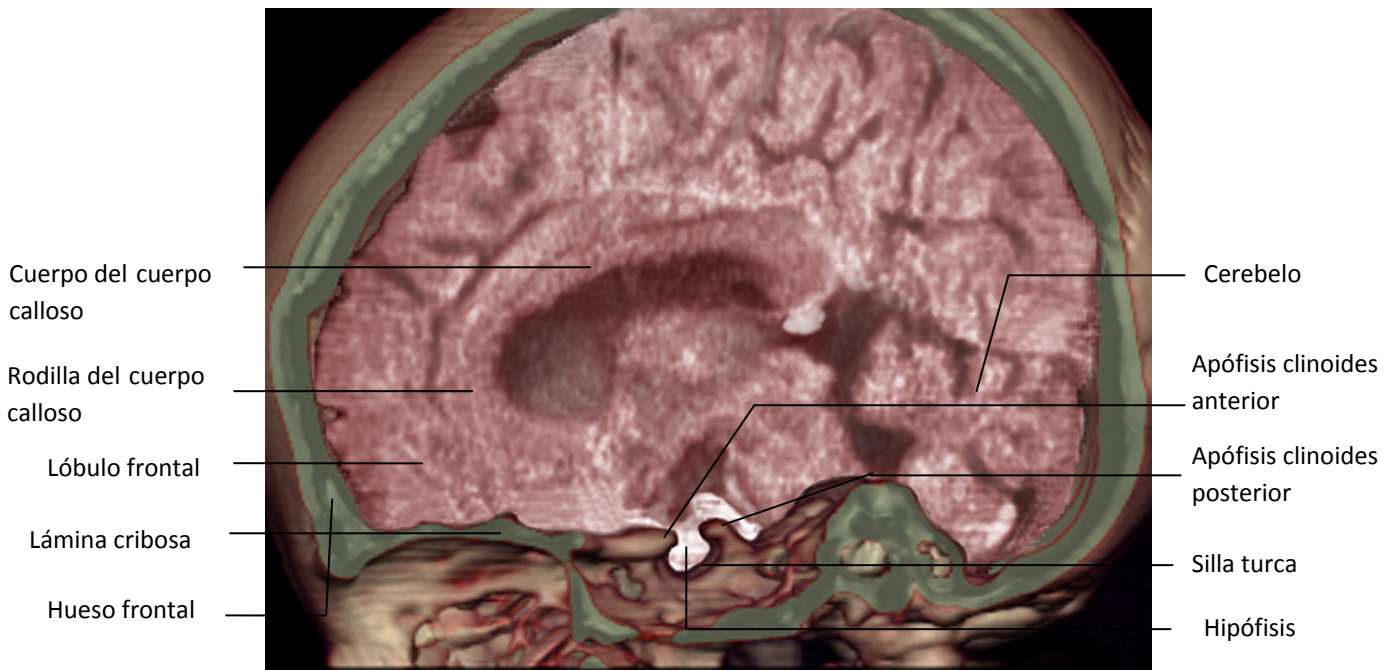
Para facilitar la interpretación de nuestros resultados los sistematizaremos de la siguiente forma: primero realizaremos un enfoque general con visión panorámica del **endocráneo** (figs. 24- 27), y del **exocráneo** (figs. 28- 30), sin entrar en detalles anatómicos específicos. Posteriormente presentaremos los detalles anatómicos de cada fosa cerebral: óseos, vasculares, nerviosos y estructuras adyacentes; para terminar haciendo una descripción de la patología más frecuente que afecta a la base del cráneo.

Describiremos los detalles anatómicos con técnicas de neuroimagen de última generación e ilustraremos dichos hallazgos con imágenes en planos axiales, coronales y sagitales, reconstrucciones volumétricas e imágenes en 3D, usando en la mayoría de los casos una ventana ósea para el análisis de las estructuras óseas, partes blandas mediante TCMD, protocolos específicos en los diferentes planos del espacio mediante RM y estudio vascular de troncos supraaórticos y sus ramas mediante angio-RM, angio-TC y angiografía por sustracción digital que son las más adecuadas para valorar estos detalles anatómicos.

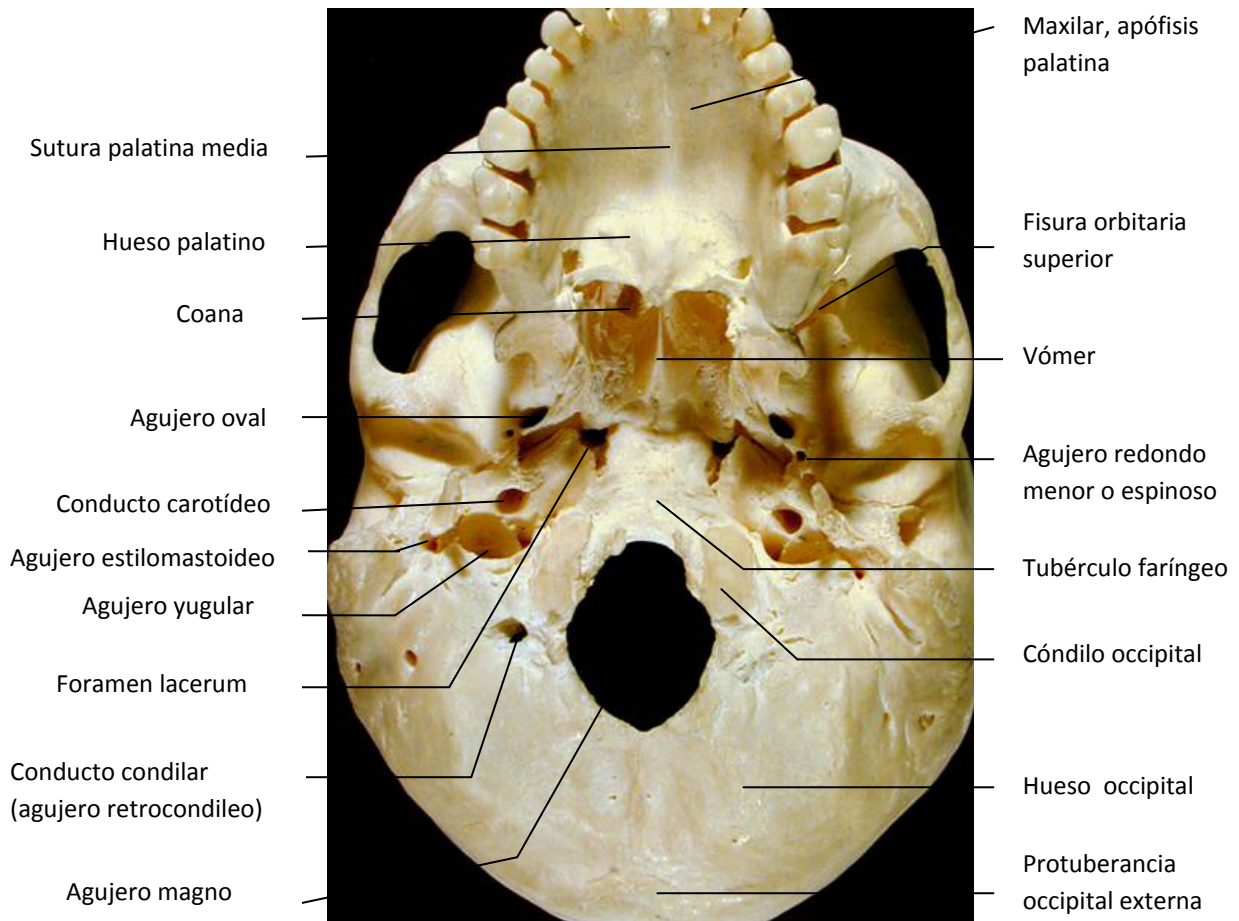
No hemos usado imágenes de radiografías simples, ya que consideramos que aunque es una técnica que aún tiene algunas indicaciones en el estudio de la base del cráneo, el aporte de las mismas para nuestro enfoque radiológico y anatómico está prácticamente en desuso.



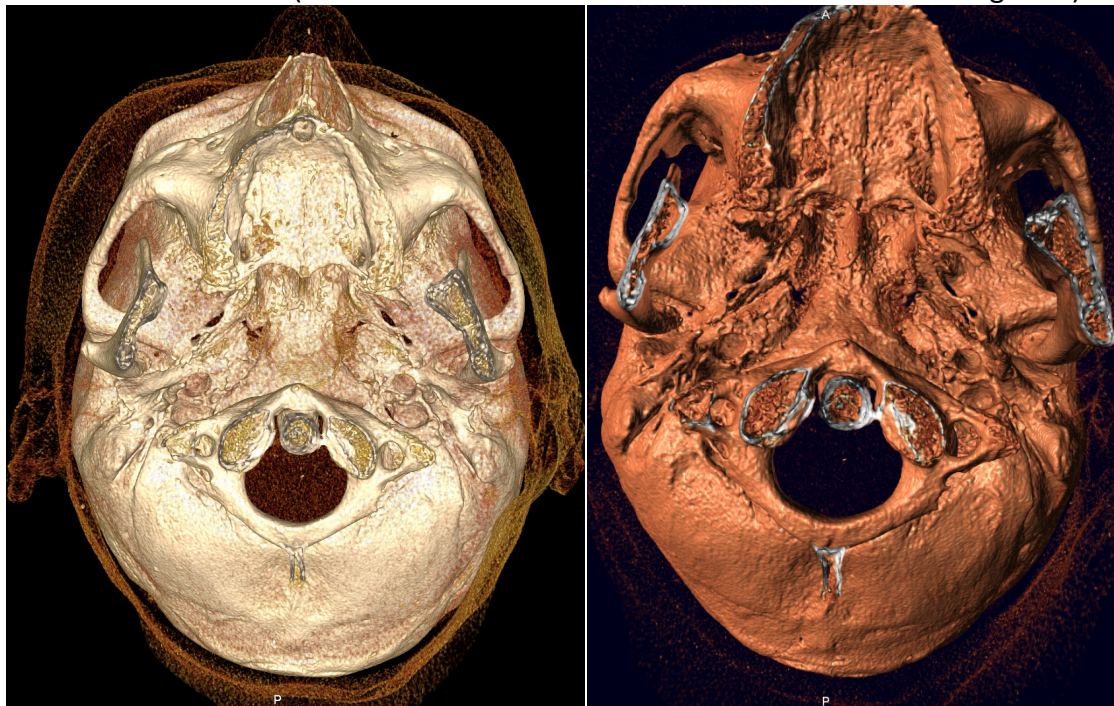
**Figs. 24 y 25.** Imagen de calavera (superior) y reconstrucción TCMD 3D (inferior) con visión panorámica del endocráneo, mostrando los detalles anatómicos de las tres fosas craneales.



**Figs. 26 y 27.** Reconstrucción volumétrica en 3D de TCMD en proyección sagital (superior) y coronal (inferior), mostrando una visión panorámica de las fosas cerebrales, algunos de los componentes que las forman y su relación con estructuras intracerebrales. En la imagen superior se identifican las tres fosas cerebrales y su relación con el lóbulo frontal (fosa craneal anterior), lóbulo temporal, silla turca e hipófisis (fosa cerebral media) y cerebelo (fosa cerebral posterior)



**Fig. 28.** Imagen de calavera con visión exocraneal, donde se describen algunas estructuras anatómicas. (Todos los detalles anatómicos están descritos en la figura 4).



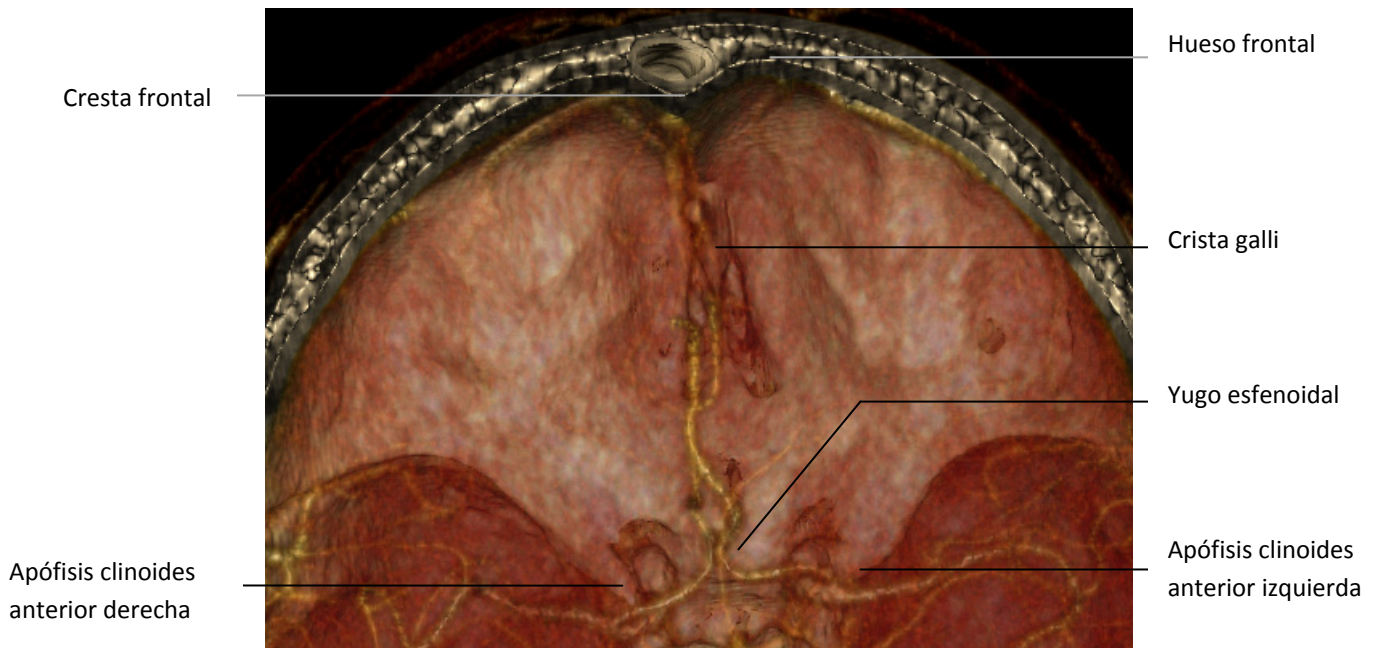
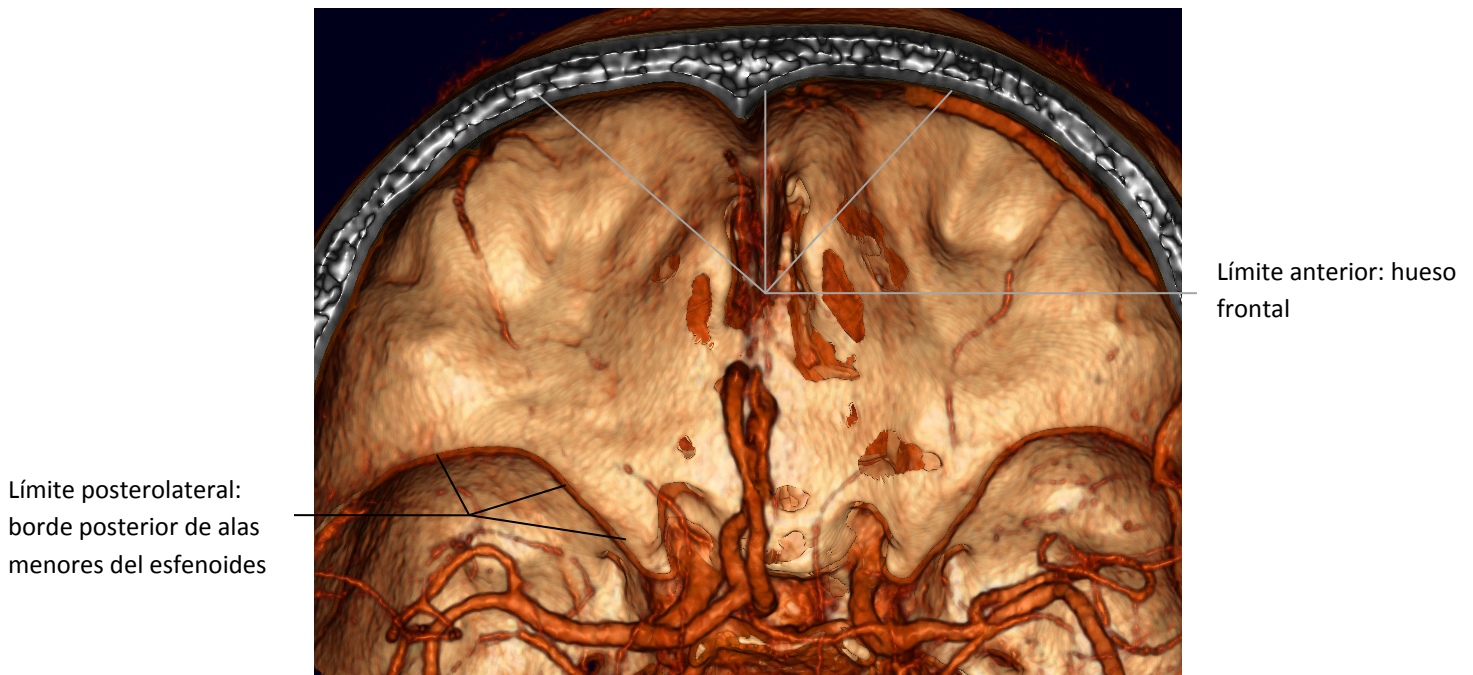
**Figs. 29 y 30.** Reconstrucciones de TCMD en 3D con visión exocraneal con sus diferentes detalles anatómicos descritos en fig. superior.

## **6.1 ESTRUCTURAS DE LA FOSA CEREBRAL ANTERIOR**

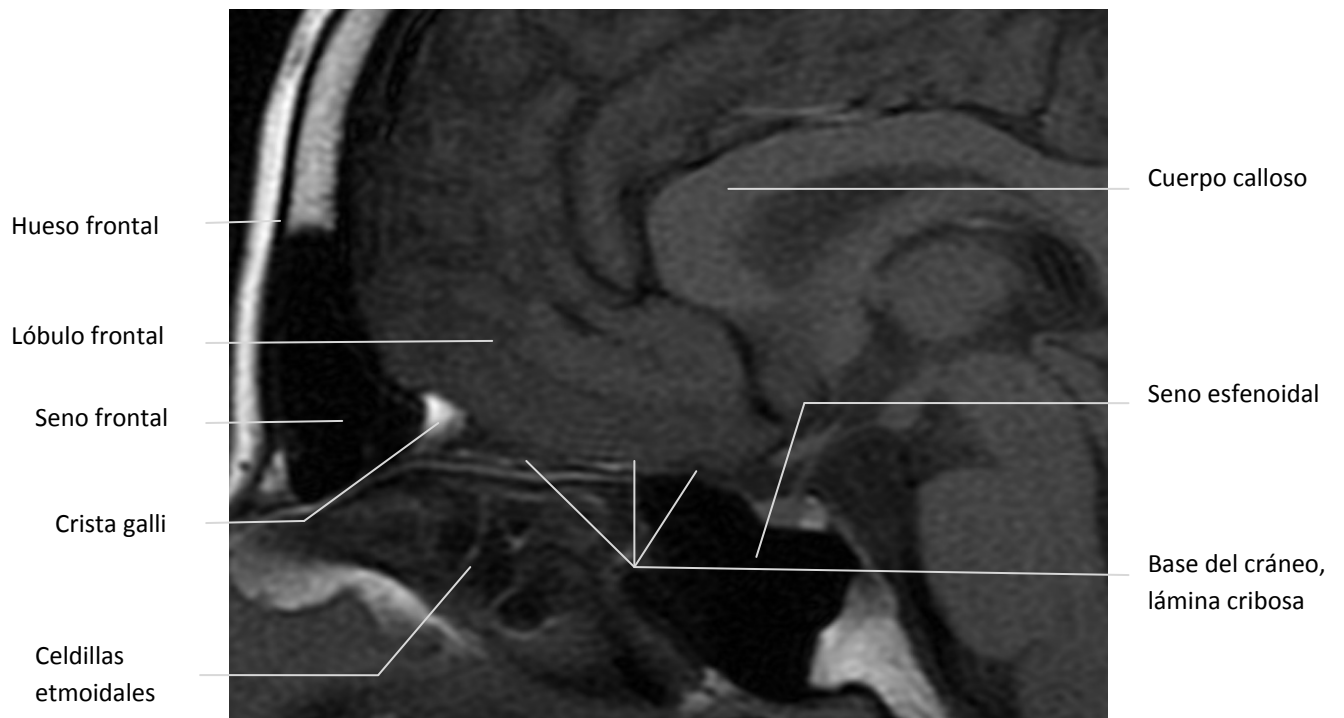
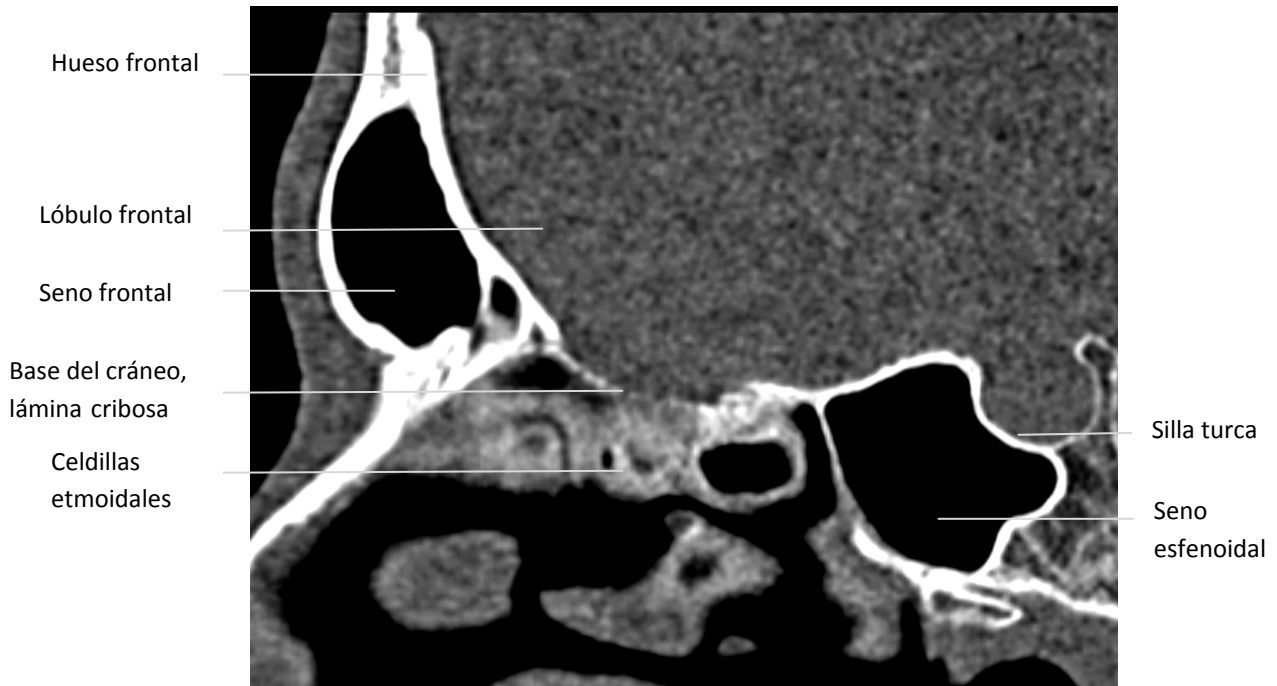
La fosa cerebral anterior forma parte del techo de los senos paranasales, cavidad nasal y órbitas. Constituida por el hueso frontal, etmoides, cuerpo y alas menores del esfenoides.

Está limitada ánterolateralmente por el hueso frontal y posteriormente por el borde posterior del ala menor del esfenoides, que es el límite de las fosas craneales anterior y media (figs. 31-34). En su porción superior está relacionada con el lóbulo frontal (figs. 35-40) y el nervio óptico (NC I), inferior con la cavidad nasal, el seno etmoides e inferolateral con las órbitas.

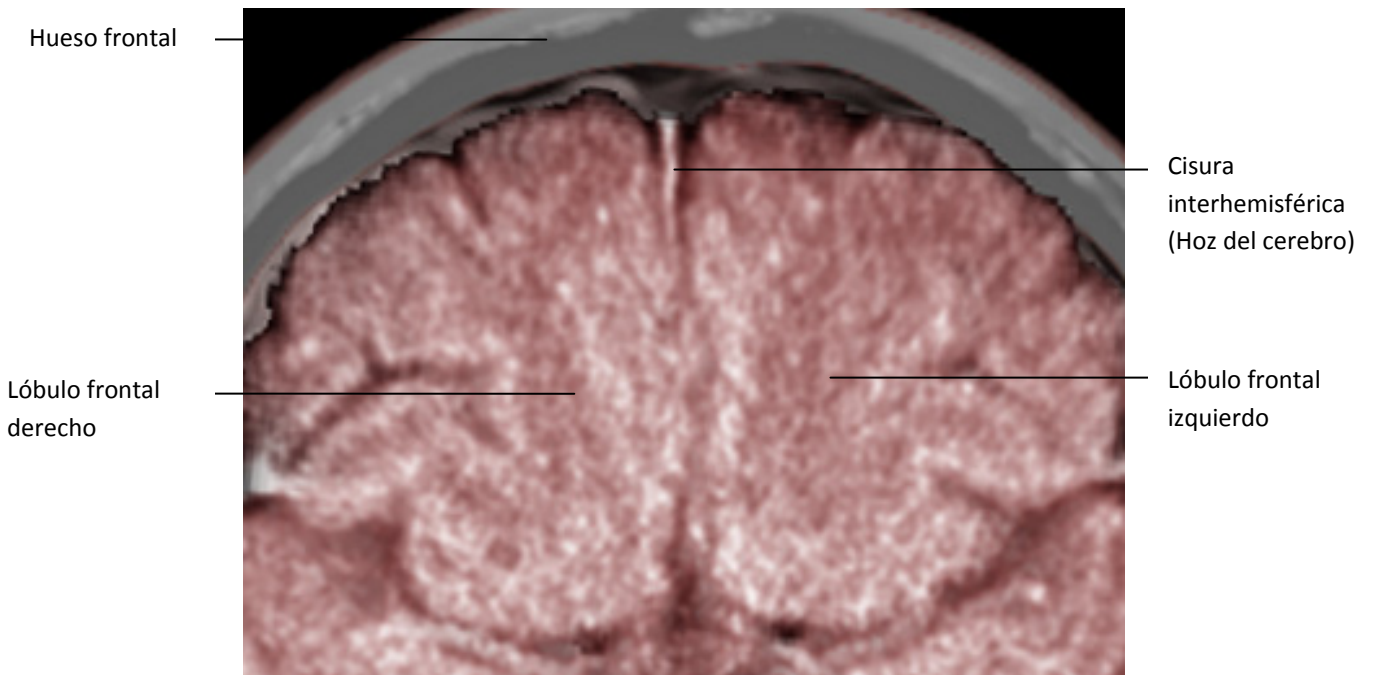
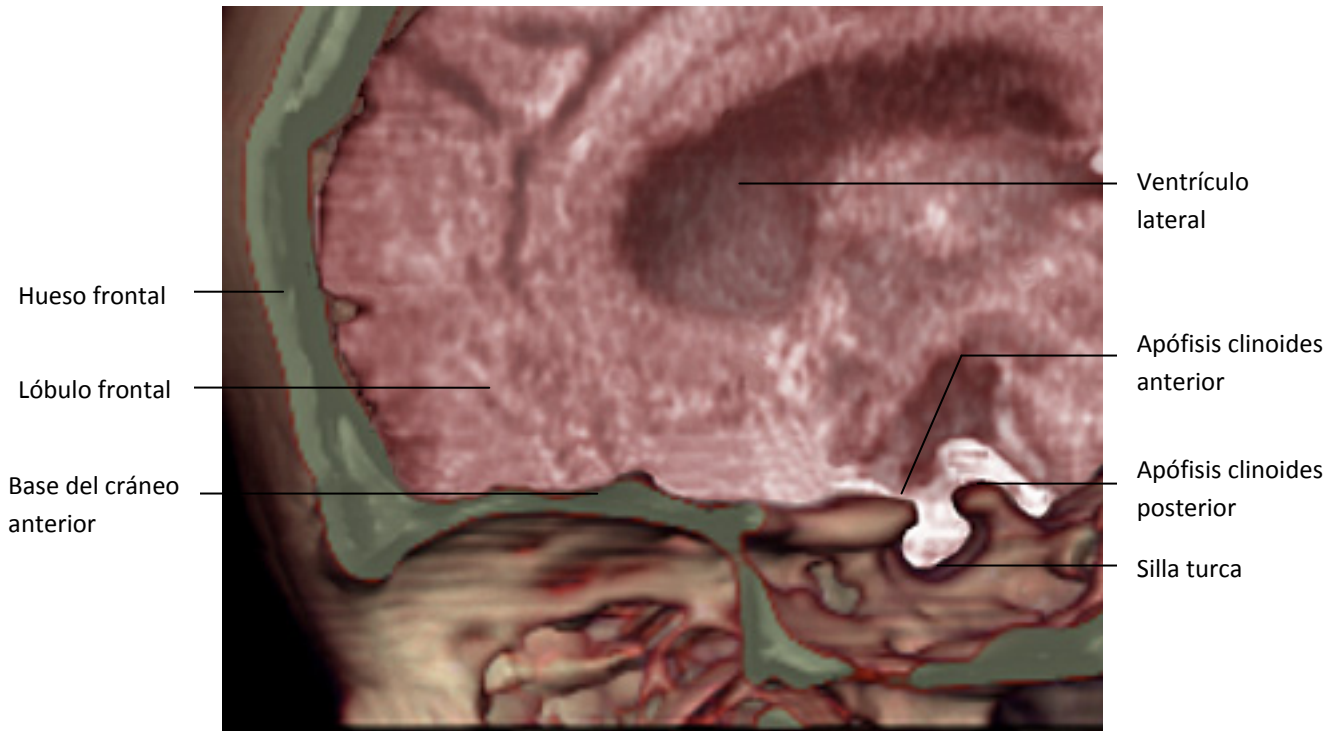
Mediante los estudios de neuroimagen utilizados en este trabajo, especialmente la tomografía computarizada y la resonancia magnética, en planos axiales, sagitales y coronales, utilizando el protocolo de ventana ósea y de partes blandas en la mayoría de los casos y principalmente con reconstrucciones en tres dimensiones, es posible visualizar de forma muy precisa estos límites.



**Figs. 31 y 32.** Reconstrucciones de TCMD 3D de la fosa cerebral anterior en una visión endocraneal, que muestra de forma muy clara sus límites. El hueso frontal forma su límite anterolateral y el borde posterior del ala menor del esfenoides es el límite posterior. En su porción pósterocentral observamos el yugo esfenoidal y las apófisis clinoides anteriores que forman parte del límite posterior.

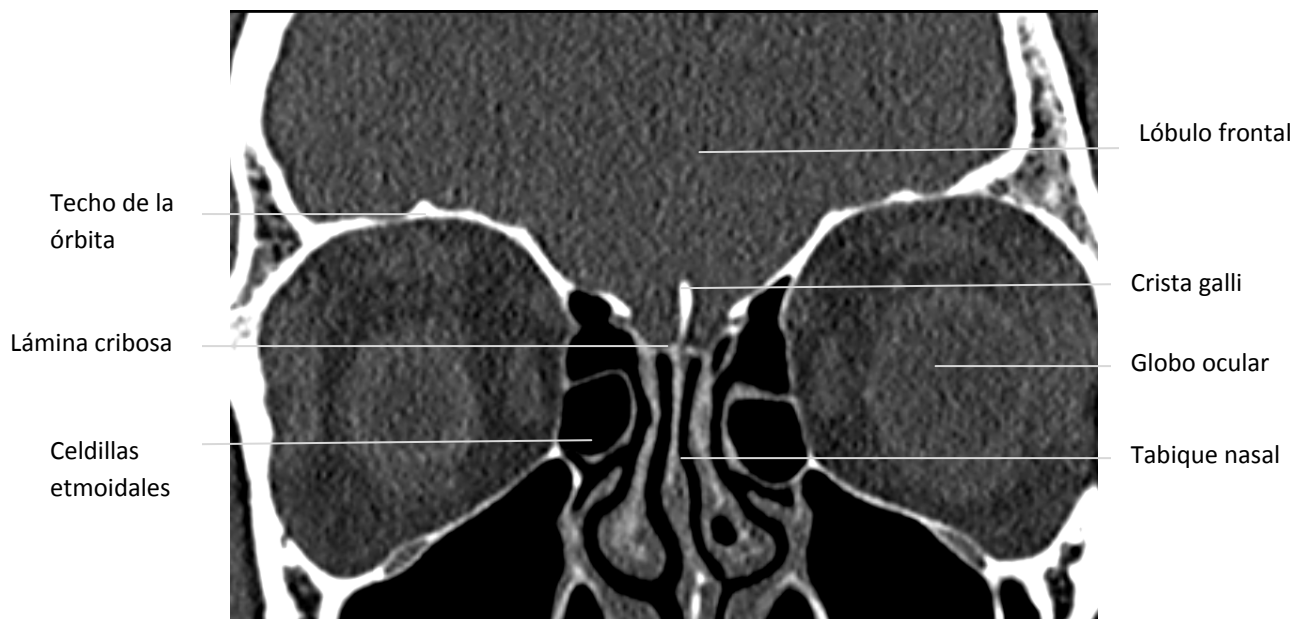
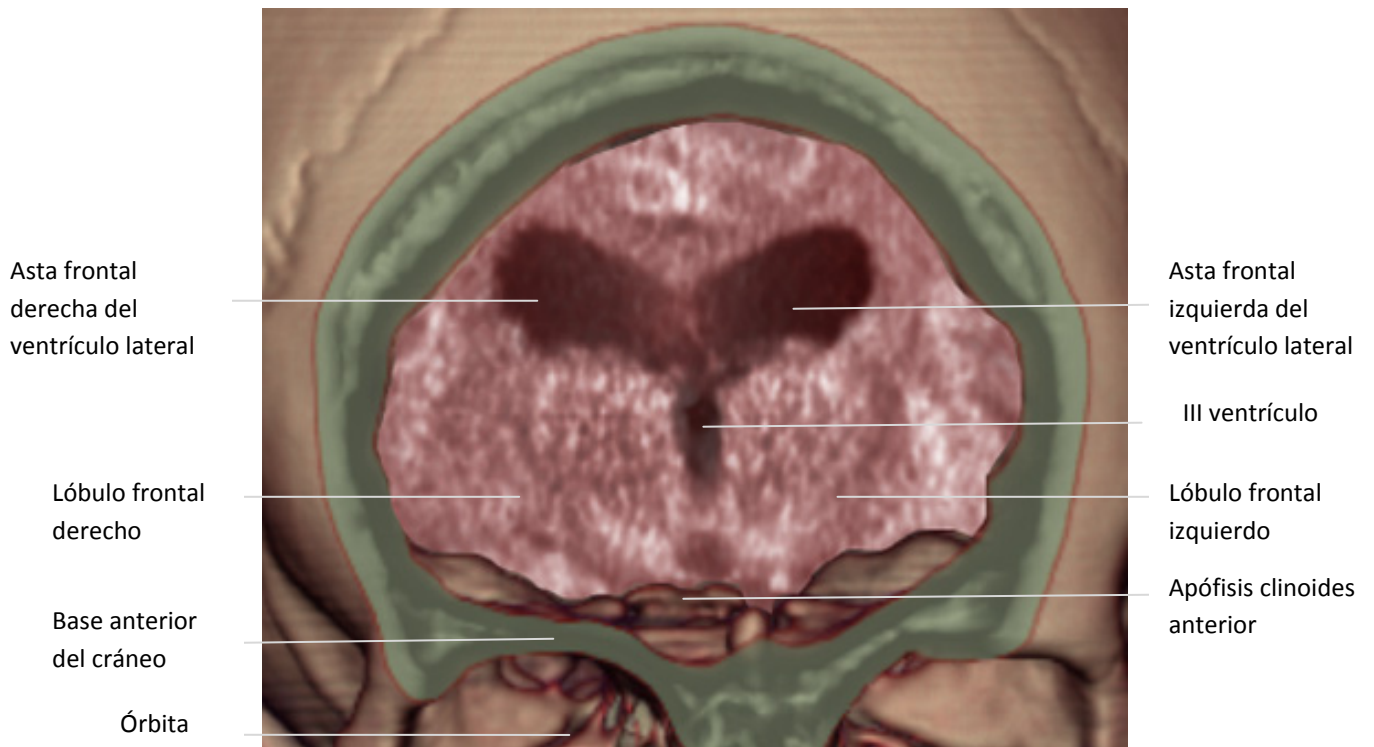


**Figs. 33 y 34.** Imagen de TC en proyección sagital, con ventana de partes blandas (superior) y RM potenciada en T1 en proyección sagital (inferior) de la fosa cerebral anterior, donde se observa el límite anterior con el hueso frontal, la relación que tiene con el lóbulo frontal superiormente, con el seno esfenoidal y el seno etmoidal inferiormente.

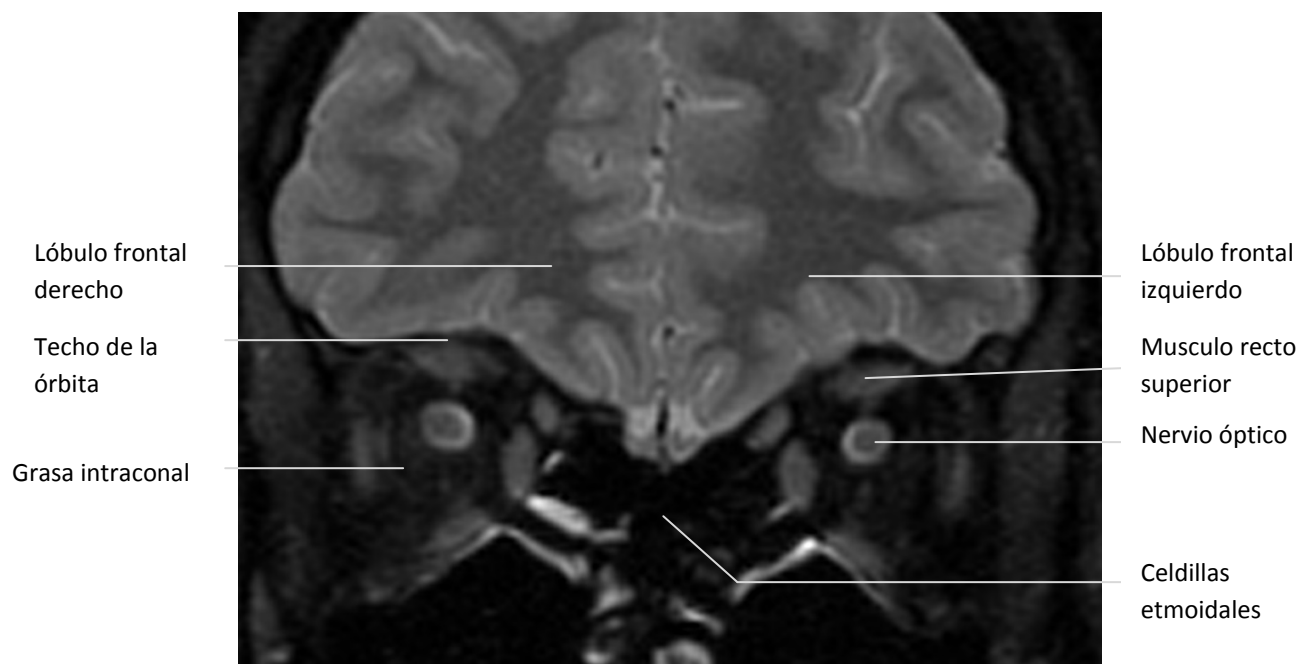
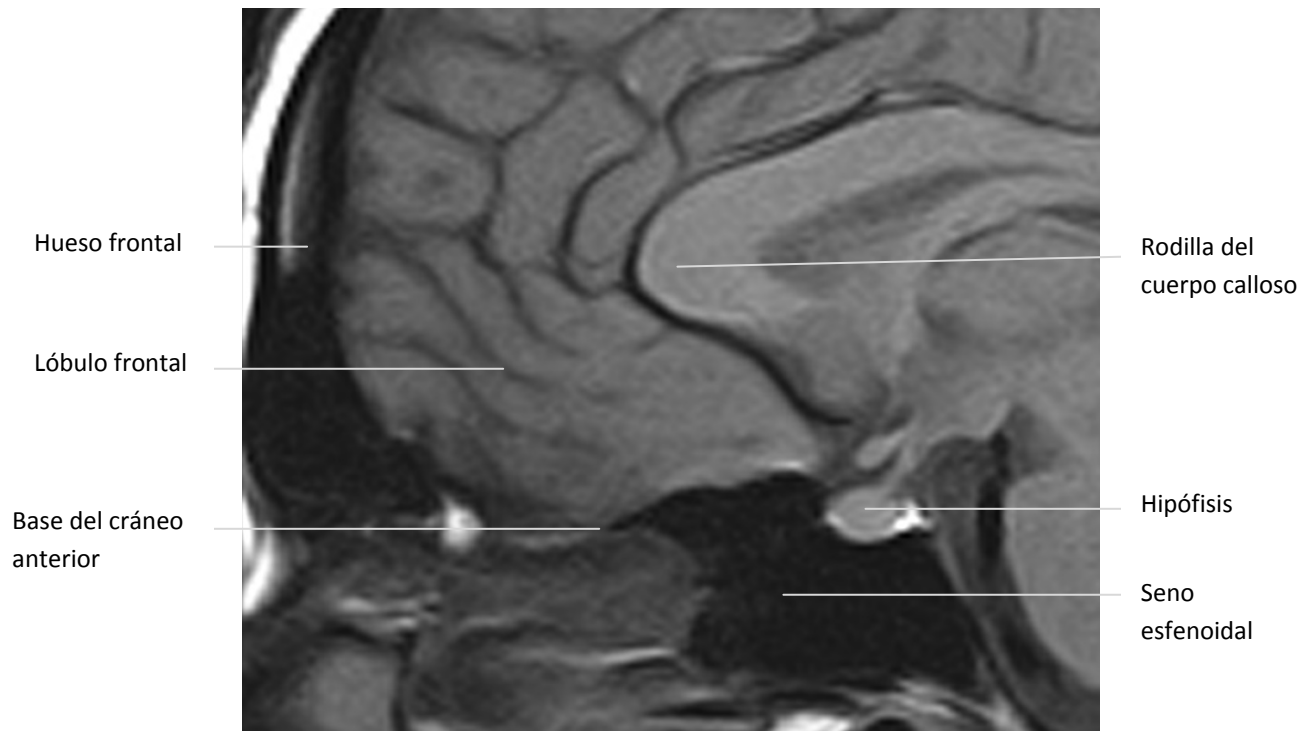


**Figs. 35 y 36.** Reconstrucciones volumétricas de TCMD, corte sagital (superior) y axial (inferior) de la fosa cerebral anterior, que muestra la estrecha relación que tiene con el lóbulo frontal. El lóbulo frontal “descansa” sobre la fosa cerebral anterior y está separado del compartimiento extracraneal solamente por la estructura ósea de esta fosa.





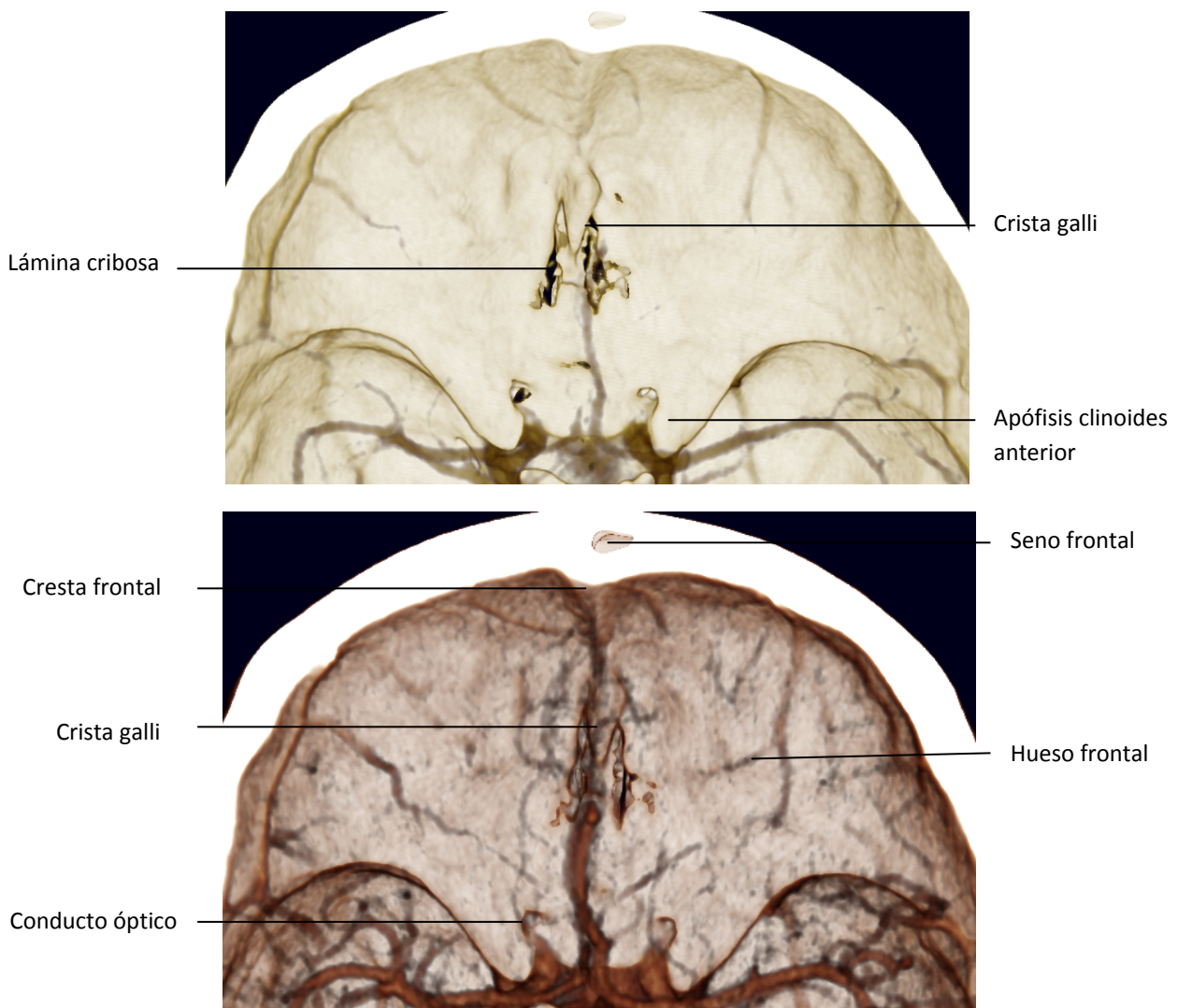
**Figs. 37 y 38.** Imagen de TCMD con reconstrucción volumétrica en 3D en plano coronal (superior) y TC con reconstrucción ósea coronal (inferior) donde se observa la fosa cerebral anterior, limitada superiormente por el lóbulo frontal, inferiormente por el seno etmoides y cavidad nasal (fig. inferior) y la relación inferolateral que tiene con las órbitas. En la imagen superior se identifican de forma muy clara las astas frontales de los ventrículos laterales, incrustadas en los lóbulos frontales.



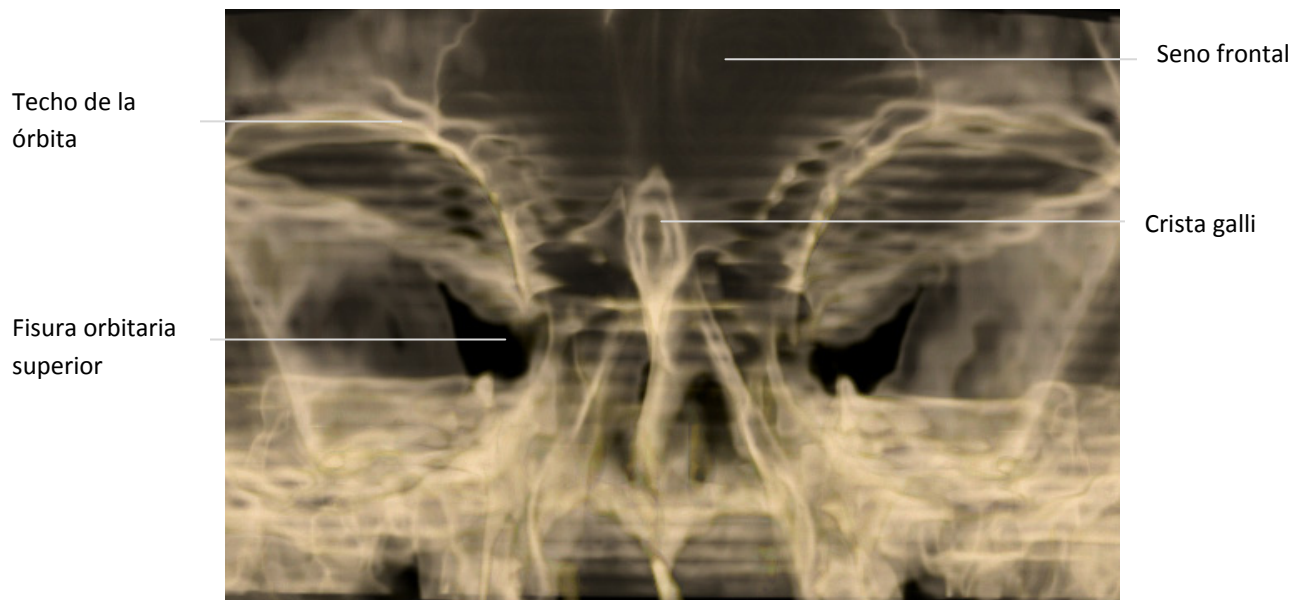
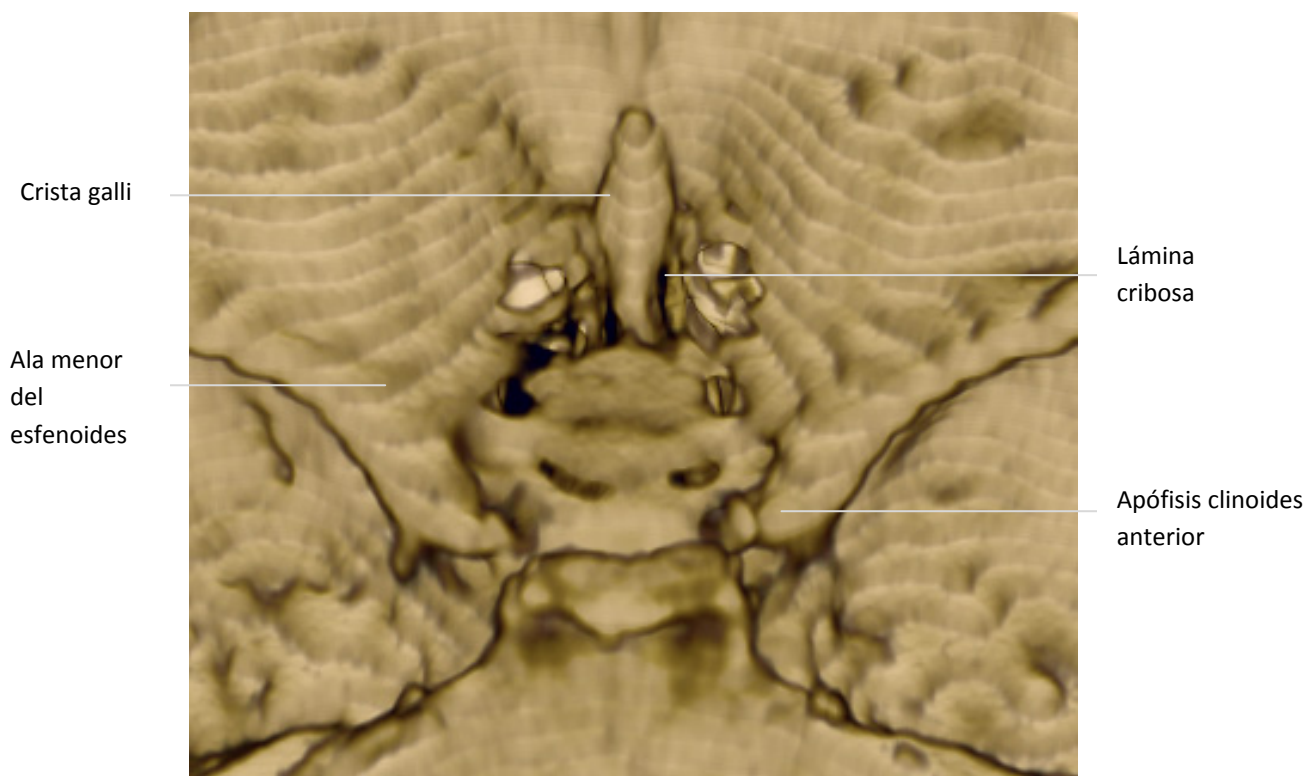
**Figs. 39 y 40.** RM potenciada en T1 en incidencia sagital (superior) y RM potenciada en T2 coronal (inferior) donde se observa el lóbulo frontal sobre la fosa cerebral anterior y la relación que tiene ésta con los senos paranasales, la cavidad nasal y la órbita. Obsérvese que mediante el estudio de RM se identifican de forma precisa las estructuras de partes blandas, no obstante, el componente óseo es infravalorado mediante esta técnica y es necesario para su mejor visualización el estudio mediante TCMD.

Mediante técnicas de imagen de última generación podemos identificar y estudiar correctamente las estructuras óseas de la fosa cerebral anterior y sus detalles anatómicos.

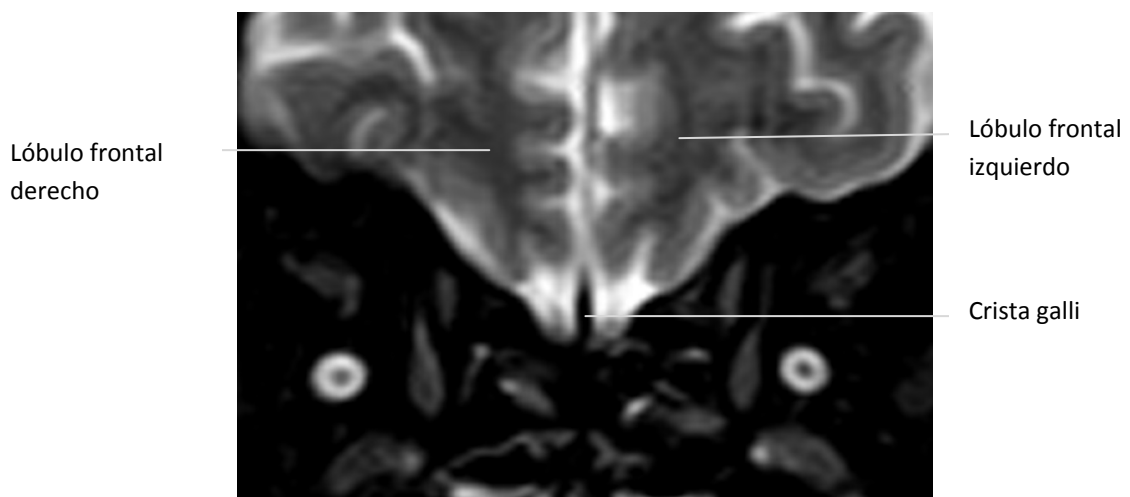
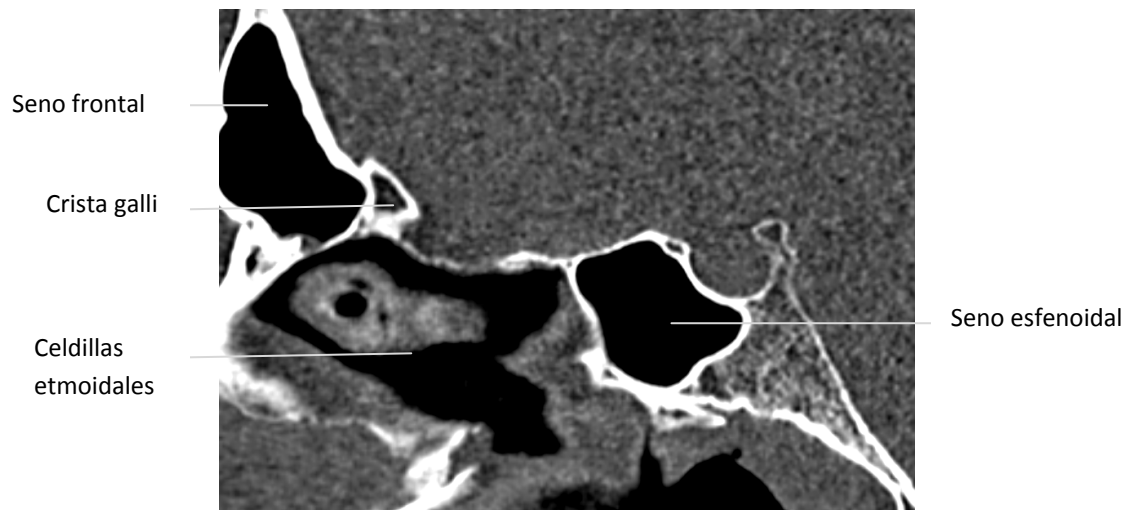
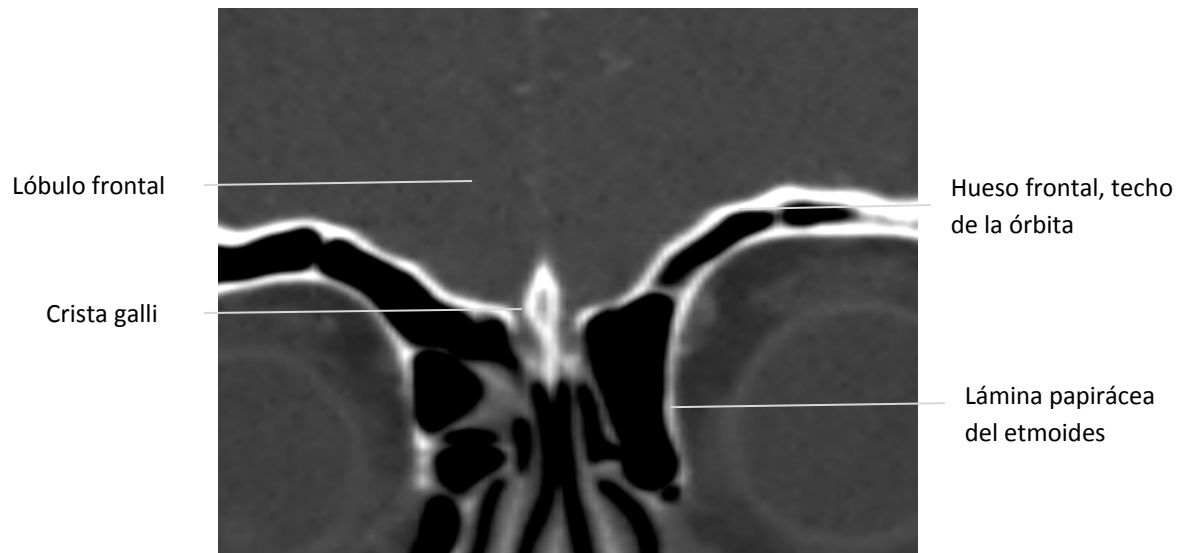
En la línea media, de forma triangular, encontramos la crista galli que se proyecta hacia arriba desde el etmoides, visualizada en los tres planos del espacio (figs. 41-47). Por su gran sensibilidad y especificidad para la visualización de estructuras óseas, el TC es la técnica indicada para su estudio.



**Figs. 41 y 42.** Reconstrucciones 3D de TCMD de la fosa cerebral anterior en una visión endocraneal, donde podemos visualizar correctamente la crista galli del etmoides adyacente y central con respecto a la lámina cribosa.

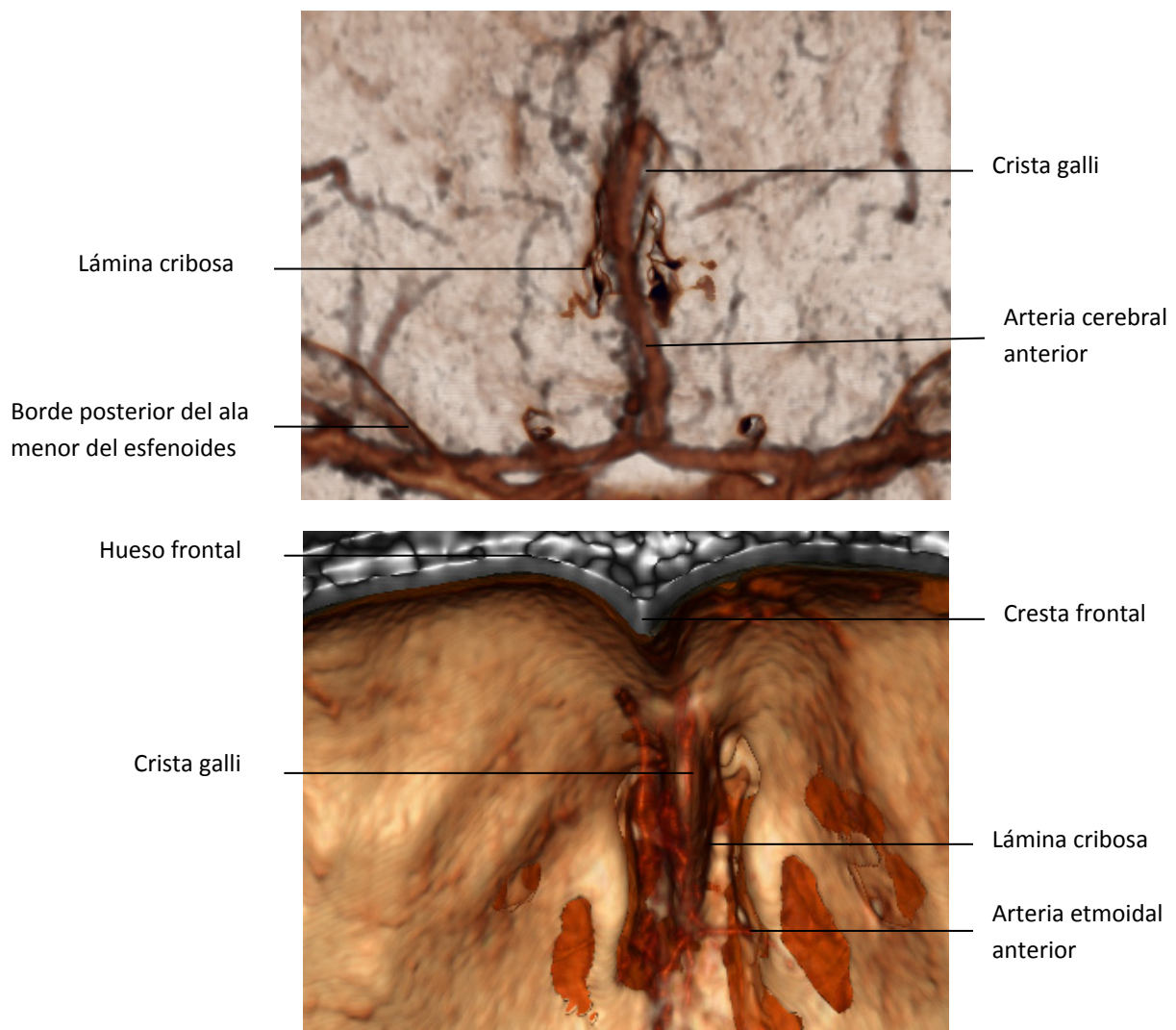


**Figs. 43 y 44.** Reconstrucciones 3D de TCMD de la fosa cerebral anterior en una visión endocraneal, visualizada desde localización posterior (superior) y proyección coronal frontal, con filtro transparente (inferior) donde se aprecia la crista galli, central con respecto a la lámina cribosa. Mediante reconstrucciones 3D, es posible visualizar esta estructura desde sus diferentes ángulos y por consiguiente, nos permite su mejor valoración.

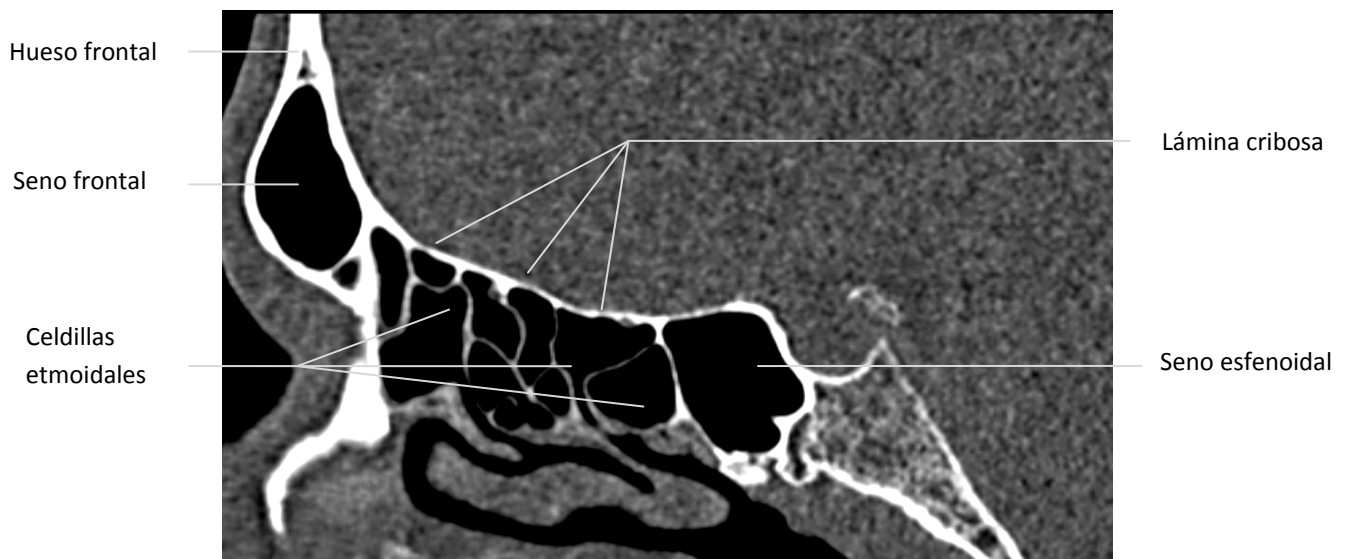


**Figs. 45, 46 y 47.** Imágenes de TCMD en proyección coronal (superior) y sagital (centro) con ventana de hueso y RM potenciada en T2 en incidencia coronal (inferior), que muestran la crista galli y estructuras adyacentes. Podemos apreciar la mejor visualización mediante TC de la crista galli. La observación mediante RM (hipointensa en secuencias potenciadas en T2) es de poco valor diagnóstico y se reserva para la valoración de partes blandas.

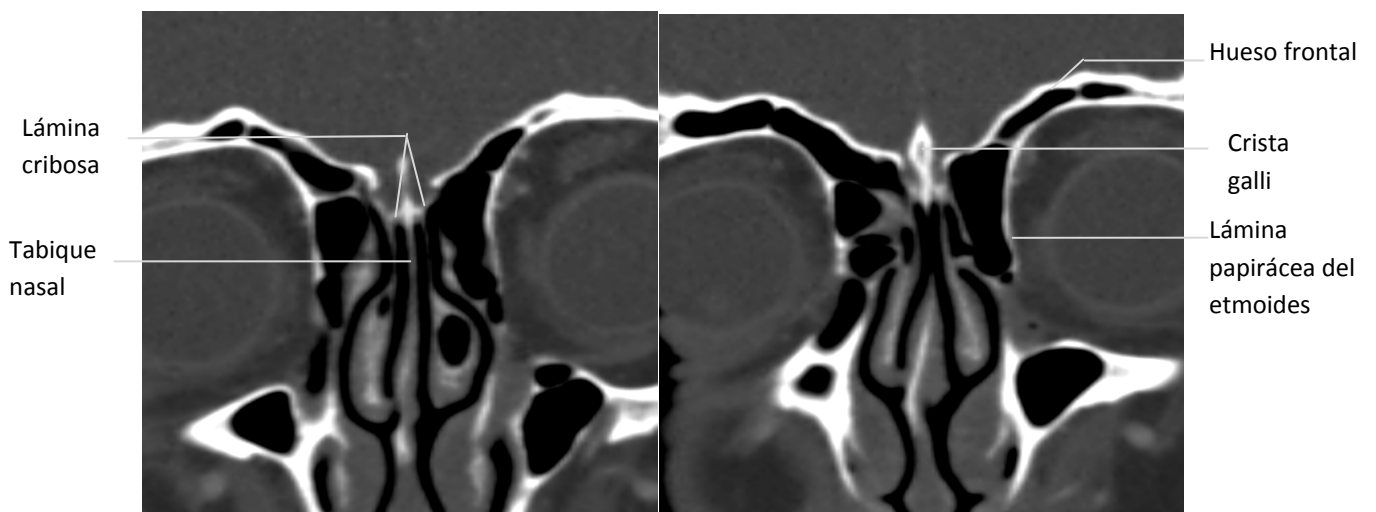
Los agujeros que se encuentran en la fosa cerebral anterior son visualizados de forma muy clara mediante TC con reconstrucciones volumétricas, usando técnicas con cortes muy finos y en 3D. **La lámina cribosa** del etmoides, que se encuentra lateral a la crista galli, por ella transcurren los nervios olfatorios que llegan al bulbo olfatorio, identificados mediante RM, principalmente en secuencias potenciadas en T2 y en incidencias coronales (figs. 53-55). Mediante reconstrucciones tridimensionales, los agujeros por donde discurren las fibras nerviosas, son perfectamente observados (figs. 48-52).



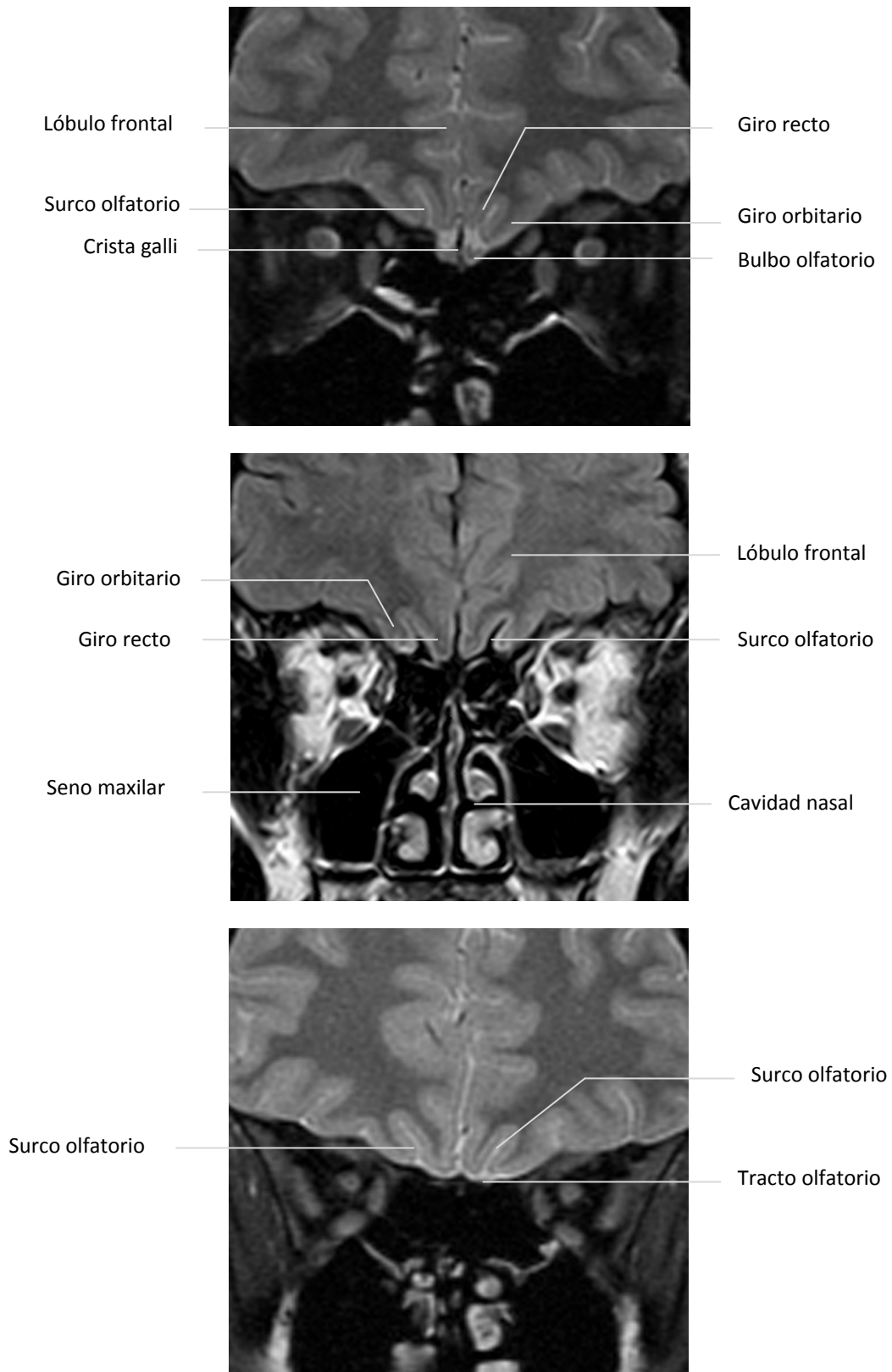
**Figs. 48 y 49.** Angio-TC con reconstrucciones 3D de la fosa cerebral anterior, donde se observa la lámina cribosa, lateral a la crista galli. En la imagen inferior magnificada, se identifica la arteria etmoidal anterior cruzando la lámina cribosa izquierda.



**Fig. 50.** Imagen de TCMD en proyección sagital con ventana ósea donde se visualiza la lámina cribosa del etmoides como suelo de la fosa cerebral anterior. Se observa con claridad, como separa la fosa cerebral anterior con los senos paranasales. Una cavidad aséptica (encéfalo) con otra no aséptica (senos paranasales). Cualquier interrupción de la misma comunicaría estas dos cavidades.



**Figs. 51 y 52.** Imágenes de TC en plano coronal con ventana ósea que muestran la lámina cribosa del etmoides, lateral a la crista galli. Se relaciona con el hueso frontal y los senos paranasales. Por la lámina cribosa del etmoides pasan los nervios olfatorios y la arteria etmoidal anterior. En plano coronal, al igual que en axial y sagital se observa sin ninguna dificultad.



**Figs. 53, 54 y 55.** RM con secuencias potenciada T2 (superior e inferior) y FLAIR (centro), en planos coronales que muestran las estructuras que dan paso al I par craneal. El conjunto del aparato olfatorio (bulbo y tractos olfatorios) reposa sobre la lámina cribosa del etmoides, ubicándose por debajo de la cara inferior de los lóbulos frontales.



En el borde posterior del ala menor del esfenoides, se observa **el conducto óptico** (figs. 56-62) por donde pasa **el nervio óptico (II par craneal)**, que desde su salida en el disco óptico tiene un segmento intraorbitario, intracanalicular e intracraneal, donde se une con las fibras del nervio óptico contralateral para formar el quiasma óptico. Estos son los segmentos que se relacionan con la base del cráneo y los que ilustraremos en este trabajo (figs. 63-69), seguidamente continuará con el tracto óptico, radiaciones ópticas, para terminar en la corteza visual.

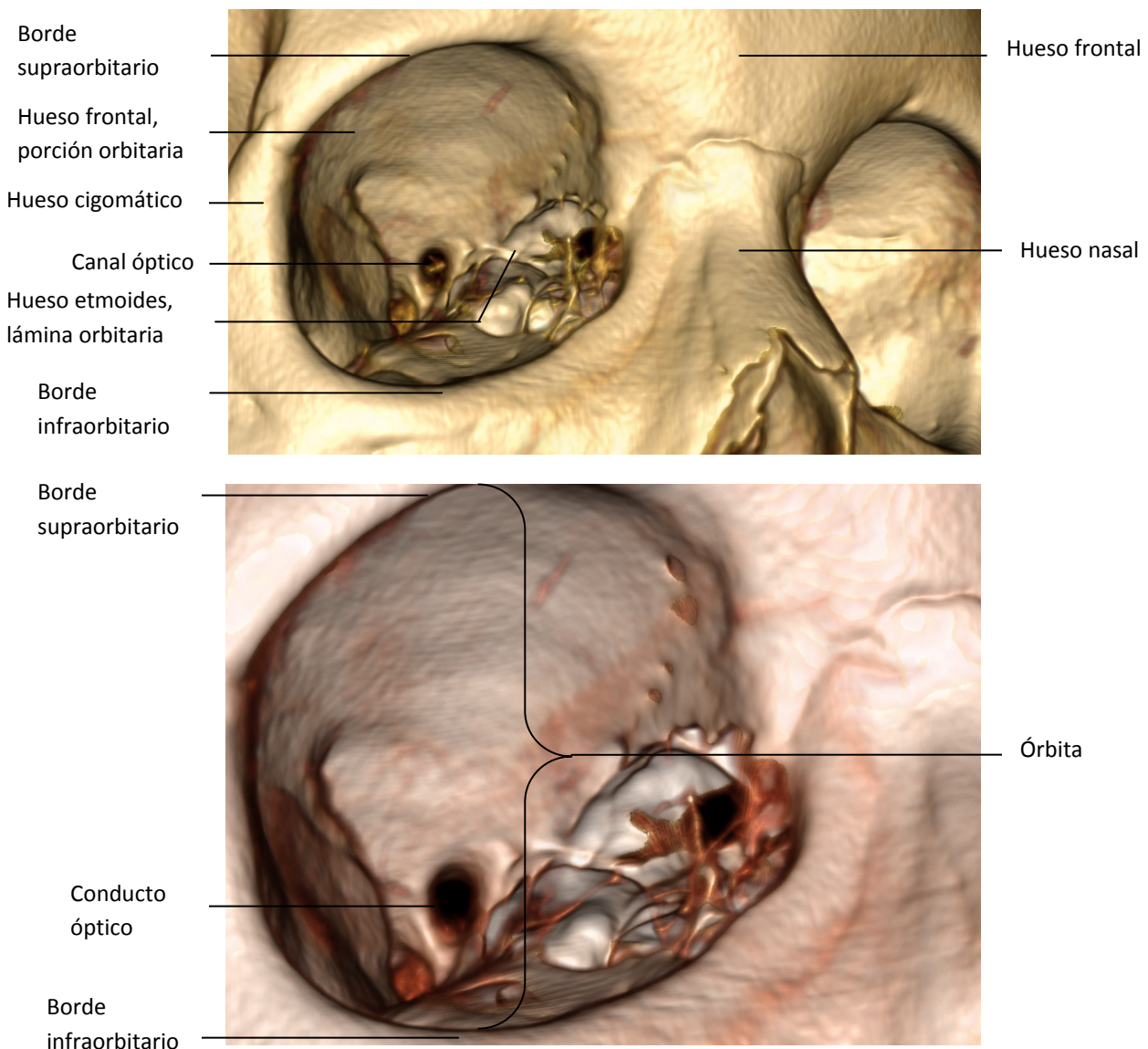
**La arteria oftálmica** también pasa a través del conducto óptico y es visualizada mediante estudios contrastados de RM, TC y por supuesto mediante angiografía por sustracción digital. Es preciso señalar, que aunque con angiografía se visualiza correctamente los vasos, y en este caso la arteria oftálmica, la angio-TC y angio-RM nos ofrecen un panorama más amplio e integral ya que continuamos observando las estructuras adyacentes y sus posibles complicaciones. La angiografía nos ofrece una visión prácticamente endoluminal, ignorando en muchos casos las estructuras o patología adyacente. En las imágenes sagitales podemos observar que la arteria oftálmica se ubica en situación superior al nervio óptico (figs. 70-75).

El conducto óptico es mejor visualizado mediante imágenes de TC, principalmente en imágenes 3D. Las imágenes del nervio óptico se visualizan mejor con la RM con cortes finos, haciendo uso de secuencias potenciadas en T1, T2 y T1 con CIV en incidencias axiales y coronales. Aunque es posible identificar el nervio óptico mediante TC, la RM es más sensible y específica.

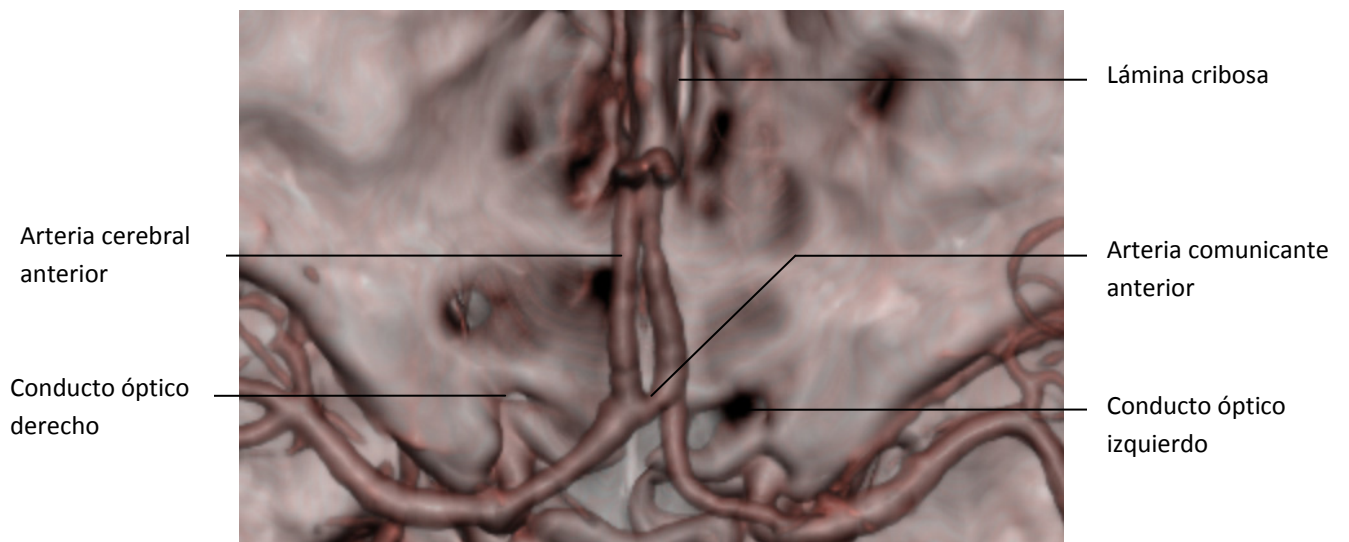
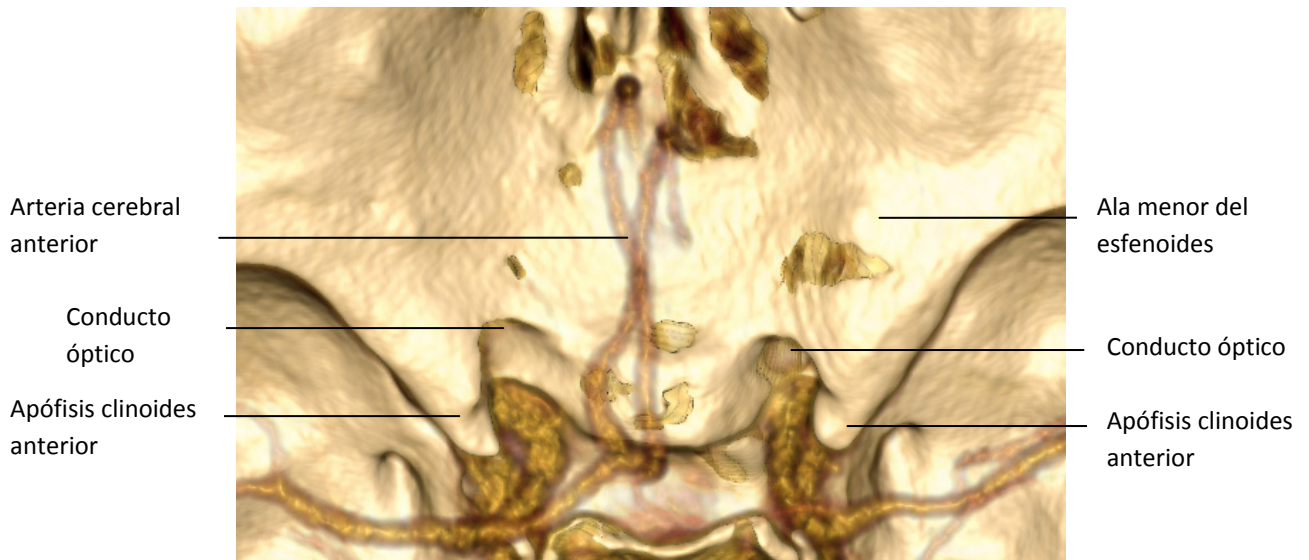
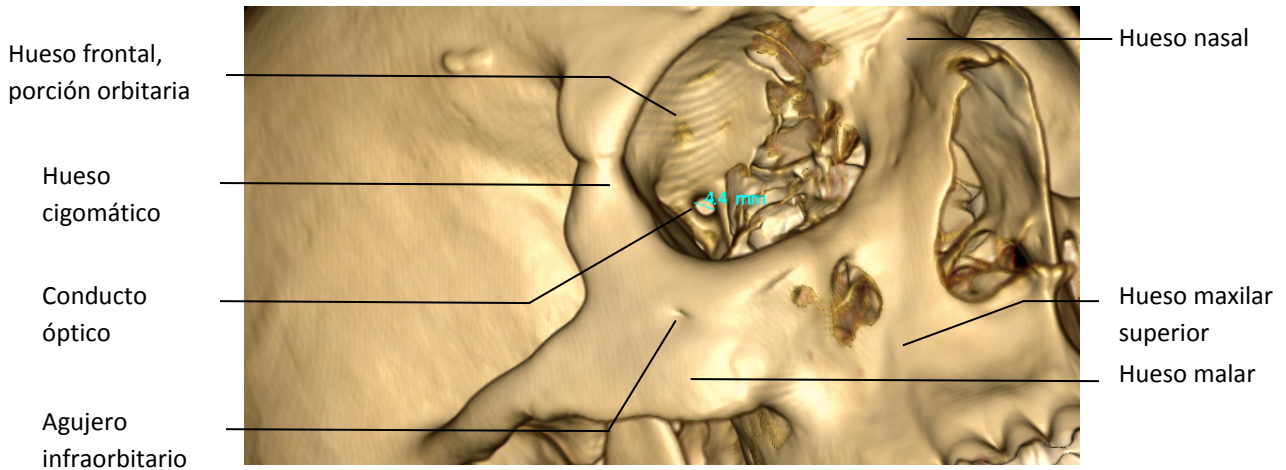
La arteria oftálmica es mejor visualizada con angiografía selectiva, si lo que queremos ver es la luz vascular, no obstante, si nos interesa estudiar la arteria oftálmica y su relación con las estructuras adyacentes, está mejor indicado el estudio mediante angio-TC y angio-RM.

En el estudio morfométrico del conducto óptico obtuvimos una media de 4,5 +/- 1,8mm. en su diámetro transversal y fue visualizado en el 100% de los estudios analizados. El nervio óptico midió 2,6 +/- 0,9mm de diámetro transverso.

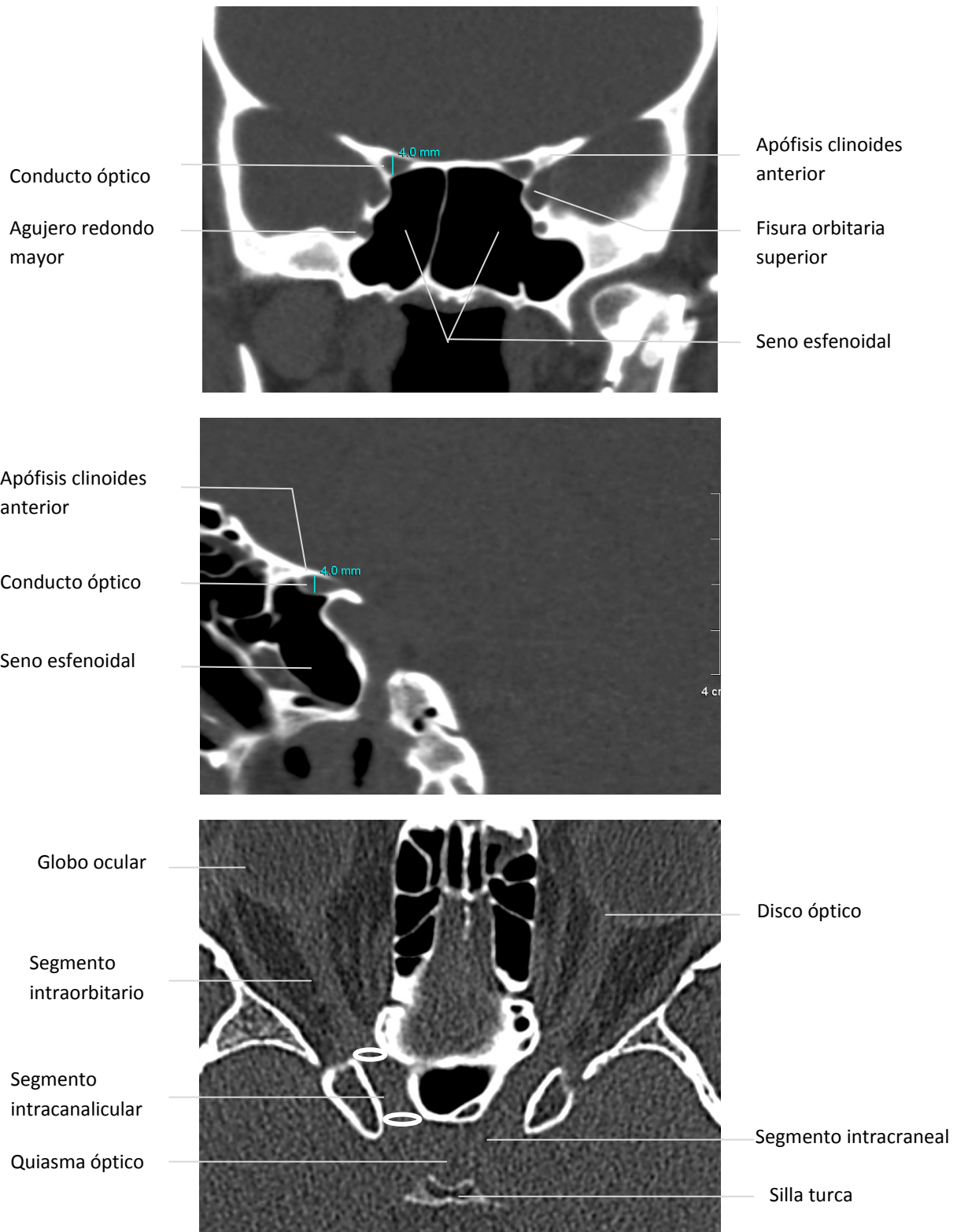
En el estudio morfométrico de la arteria oftálmica obtuvimos una medida de 1 +/- 0,3mm de diámetro transverso y fue visualizado en el 100% de nuestros pacientes.



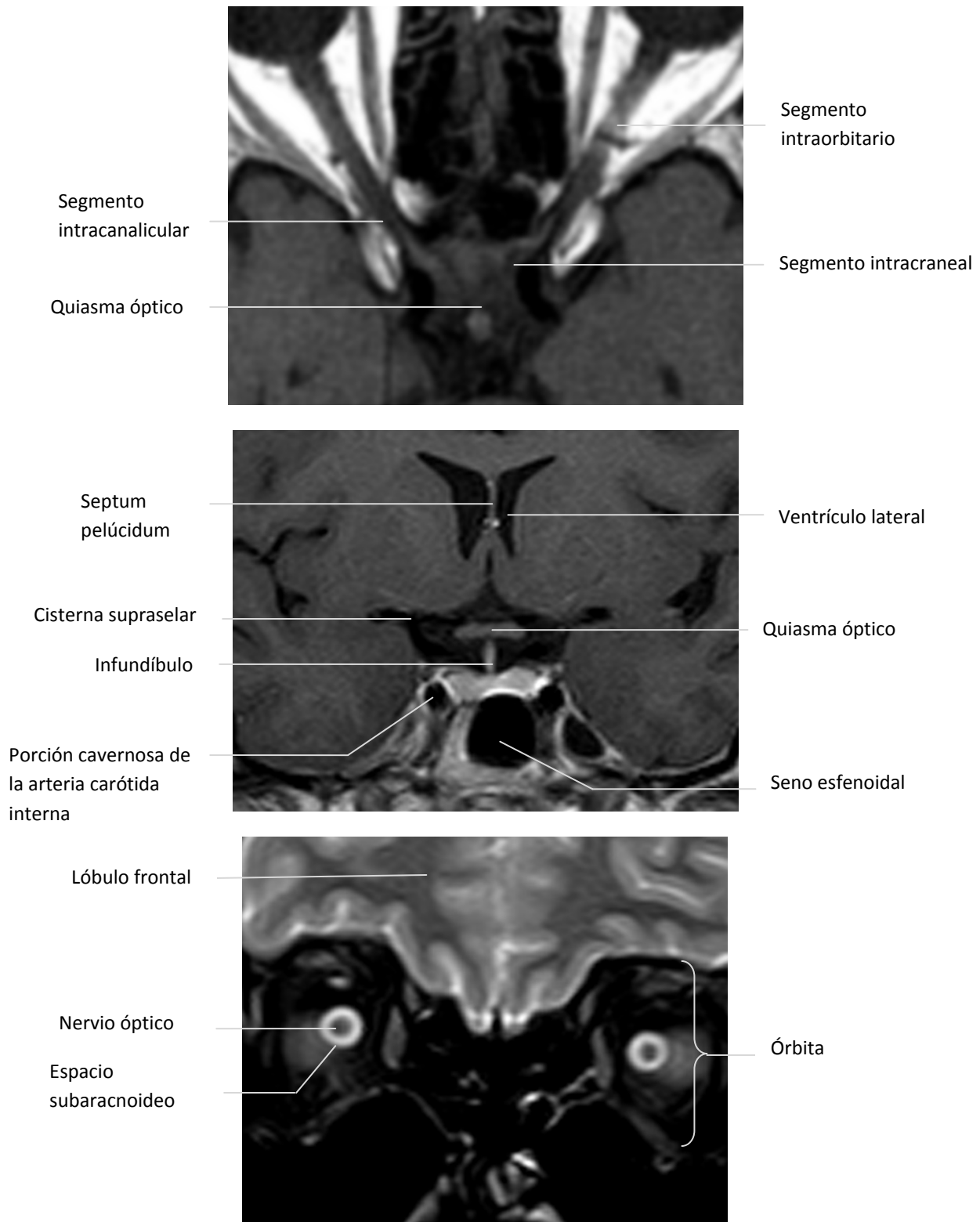
**Figs. 56 y 57.** Reconstrucciones ampliadas 3D de TCMD con proyección frontal, ligeramente oblicuas izquierdas, donde se observa el conducto óptico derecho dentro de la órbita y su relación con estructuras adyacentes. Las reconstrucciones 3D nos permiten angular en cualquier sentido del espacio para mejorar su visualización.



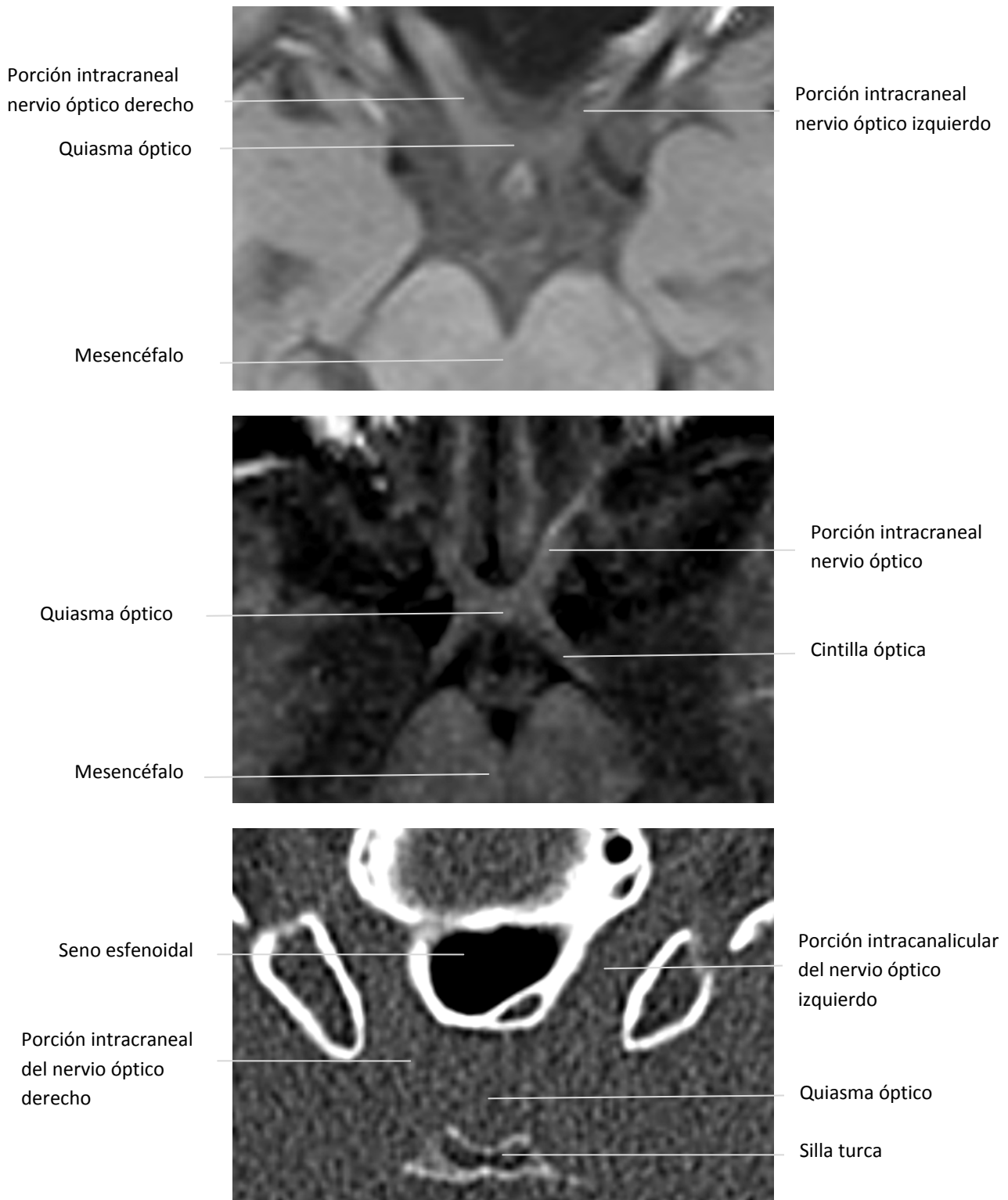
**Figs. 58, 59 y 60.** Reconstrucciones 3D de TCMD en proyección oblicua izquierda (superior) valorando la morfometría del conducto óptico y axial en una visión endocraneal (centro e inferior) donde se observa el conducto óptico, medial con relación a la apófisis clinoides anterior, en el límite posterior de la fosa cerebral anterior.



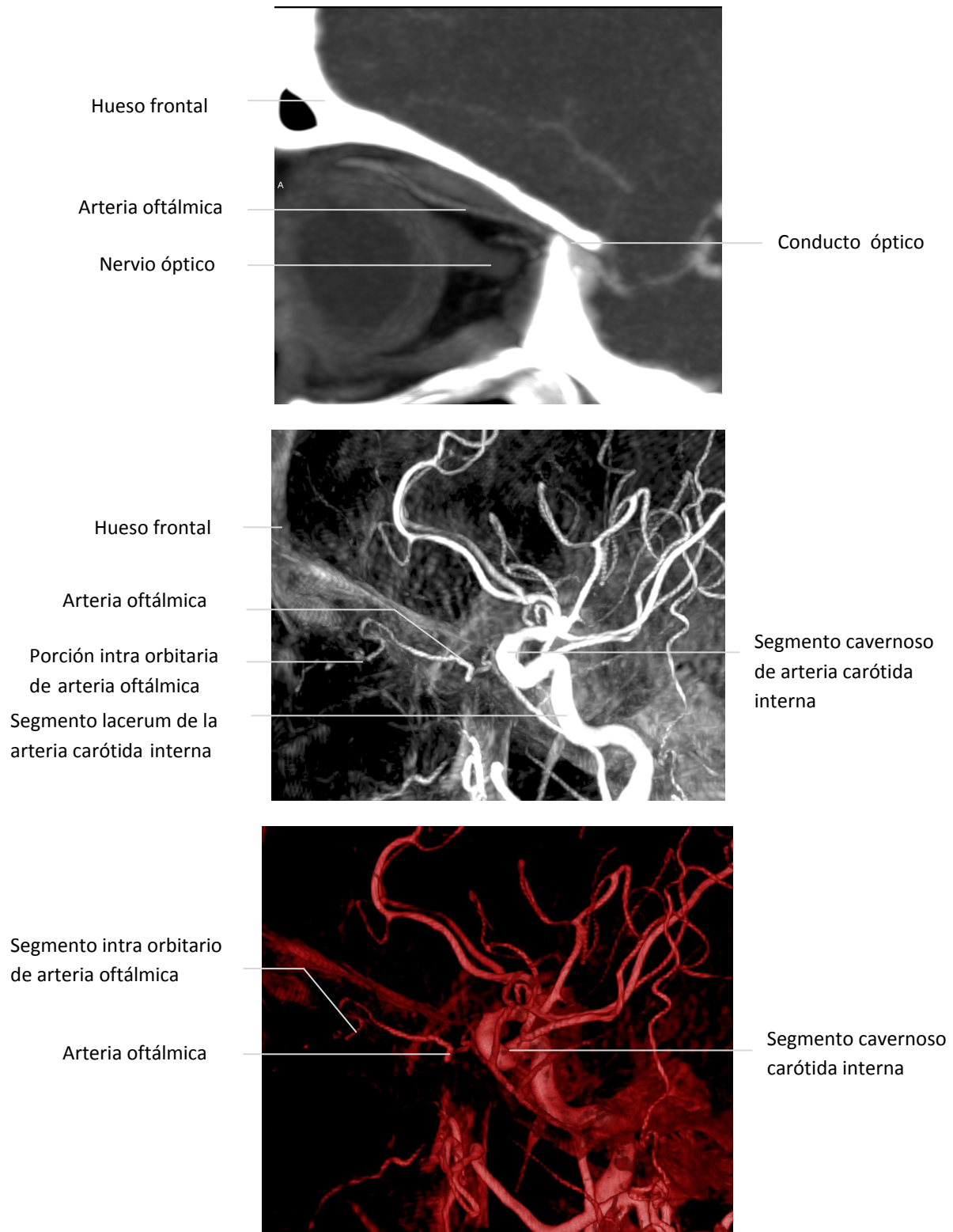
**Figs. 61,62 y 63.** Imágenes de TC con ventana ósea en los 3 planos del espacio, coronal (superior), sagital (centro) y axial (inferior). En las dos primeras imágenes se observa el estudio morfométrico del conducto óptico, localizado supero medial a la fisura orbitaria superior, superior al agujero redondo mayor y medial a las apófisis clinoides anteriores. La imagen axial inferior muestra el recorrido del nervio óptico, sus diferentes segmentos y el nivel donde cruza la base del cráneo (segmento intracanalicular, limitado por los círculos).



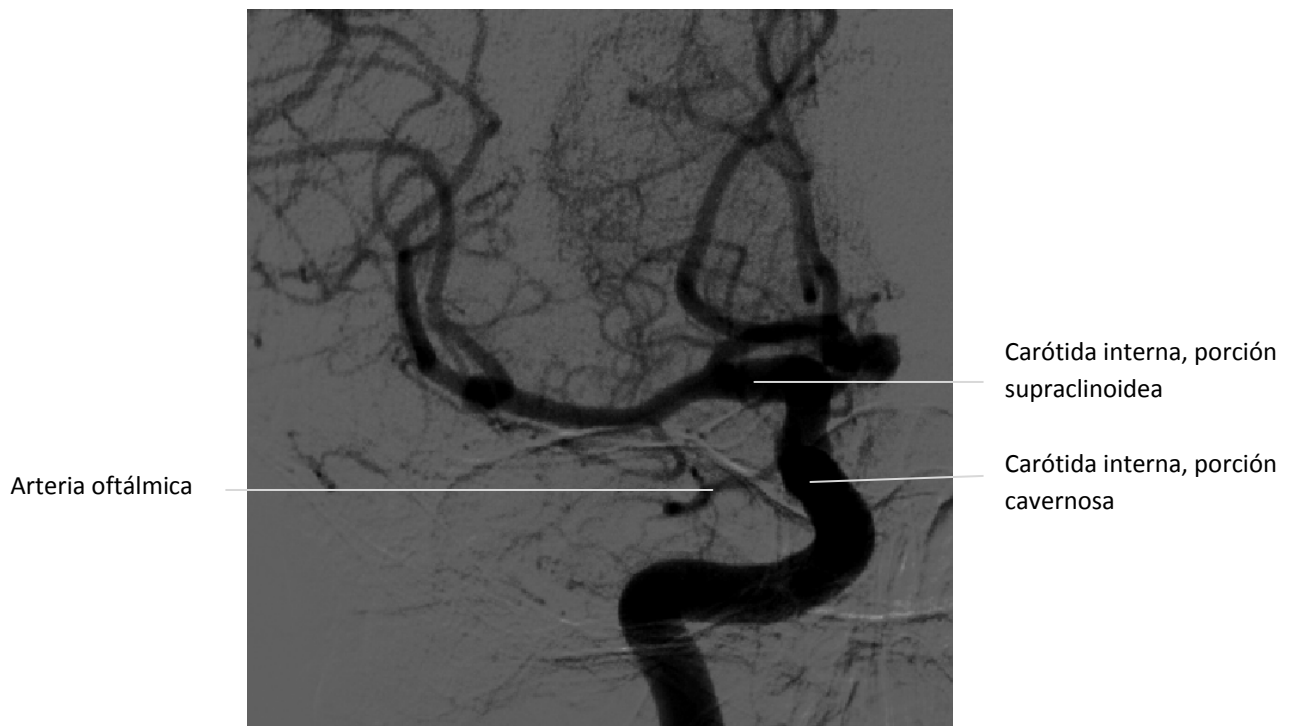
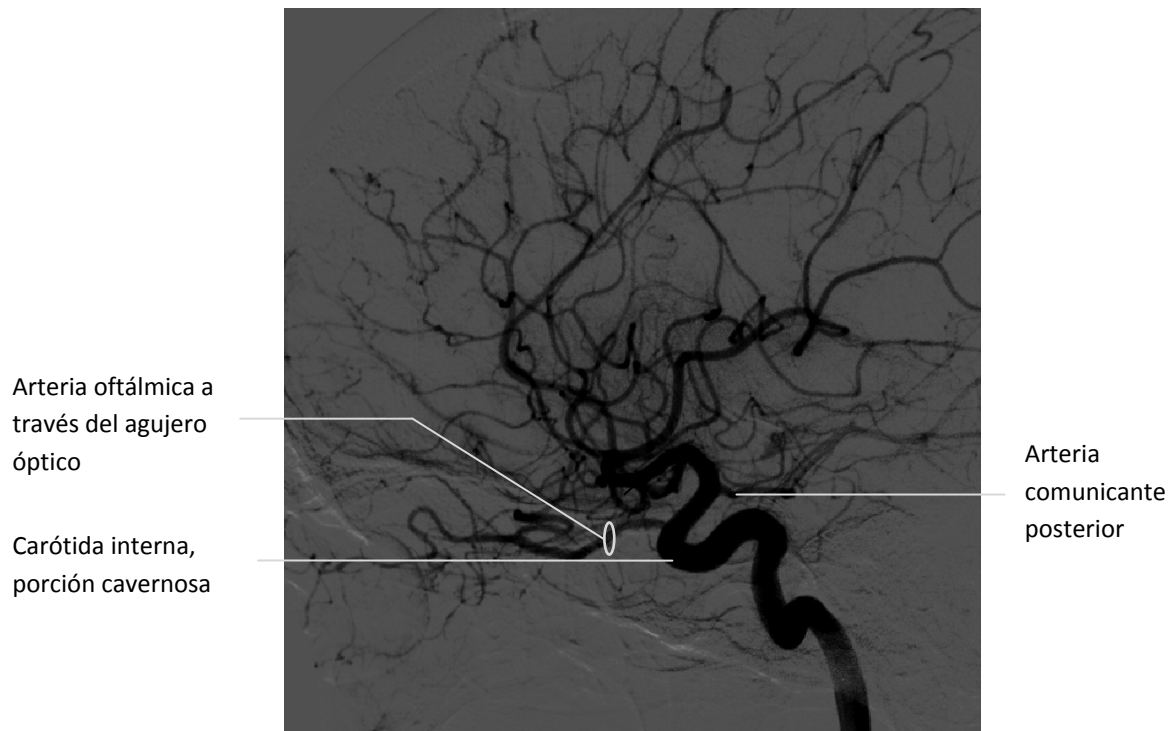
**Figs. 64, 65 y 66.** RM potenciada en T1 en incidencia axial (superior), coronal T1 tras la administración de CIV (centro), coronal T2 (inferior) donde se identifica el nervio óptico. En la imagen superior se observa el nervio óptico hipointenso con relación a la grasa adyacente. En la imagen central podemos observar un corte a nivel del quiasma óptico, en la cisterna supraselar y su relación con la hipófisis y seno cavernoso. La imagen inferior muestra al nervio óptico rodeado de LCR que típicamente es hiperintenso en secuencias potenciadas en T2.



**Figs. 67,68 y 69.** Imagen de RM axial en secuencias potenciadas en T1 (superior y centro) ampliadas y centradas en el quiasma óptico y TC axial (inferior) donde podemos comparar la resolución que presenta cada técnica en su visualización. En las imágenes de RM podemos apreciar claramente la unión de las fibras de los dos nervios ópticos para la formación del quiasma óptico y posteriormente las cintillas ópticas (centro), mientras que en la imagen de TC esa unión no se identifica de forma clara, por lo que podemos afirmar que la RM es la técnica de elección para su estudio.



**Figs. 70, 71 y 72.** TC con CIV, corte sagital mediante reconstrucción en proyección de máxima intensidad (MIP) (superior) y angiografía selectiva de carótida interna por sustracción digital y reconstrucción 3D (centro e inferior) mostrando el recorrido de la arteria oftálmica a través del conducto óptico. En la imagen superior podemos apreciar su ubicación superior al nervio óptico y en las otras dos imágenes se identifica su salida de la ACI.



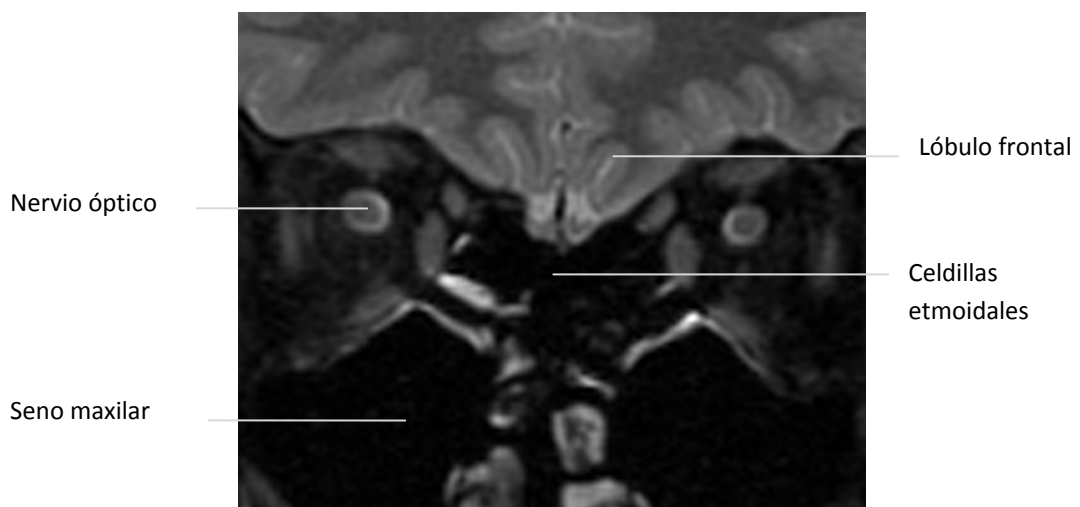
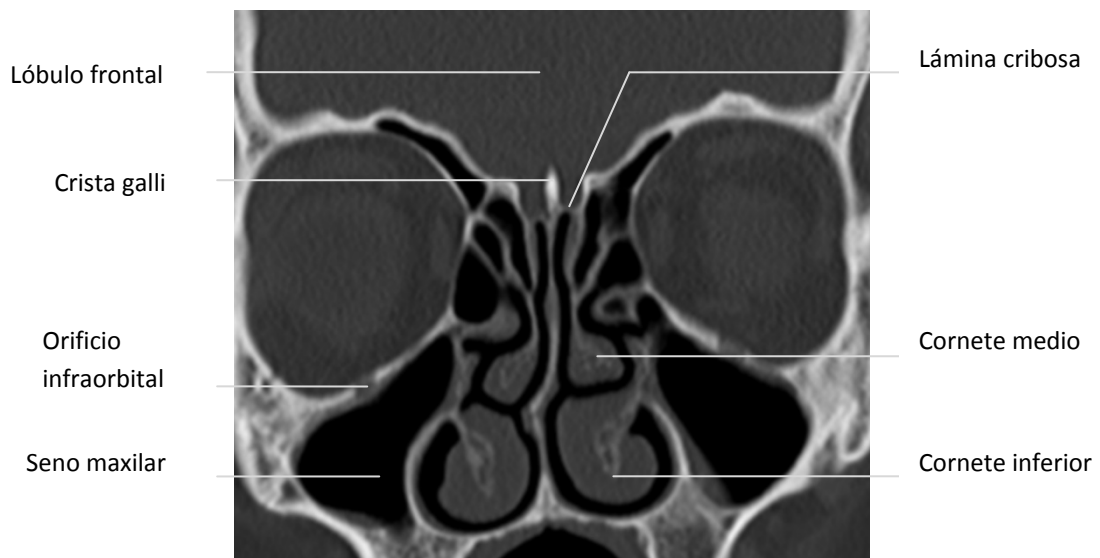
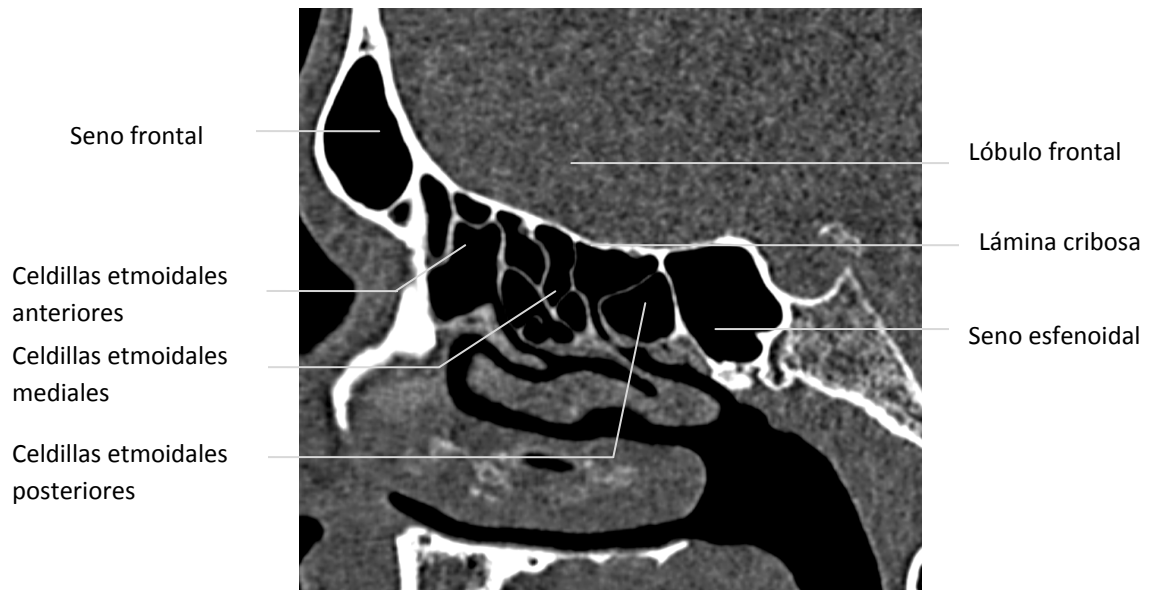
**Figs. 73 y 74** Angiografías selectivas de arteria carótida interna por sustracción digital, donde se observa la arteria oftálmica en su recorrido hacia la órbita y su origen directamente en la arteria carótida interna supraclinoidea, que será el lugar de salida más frecuente.



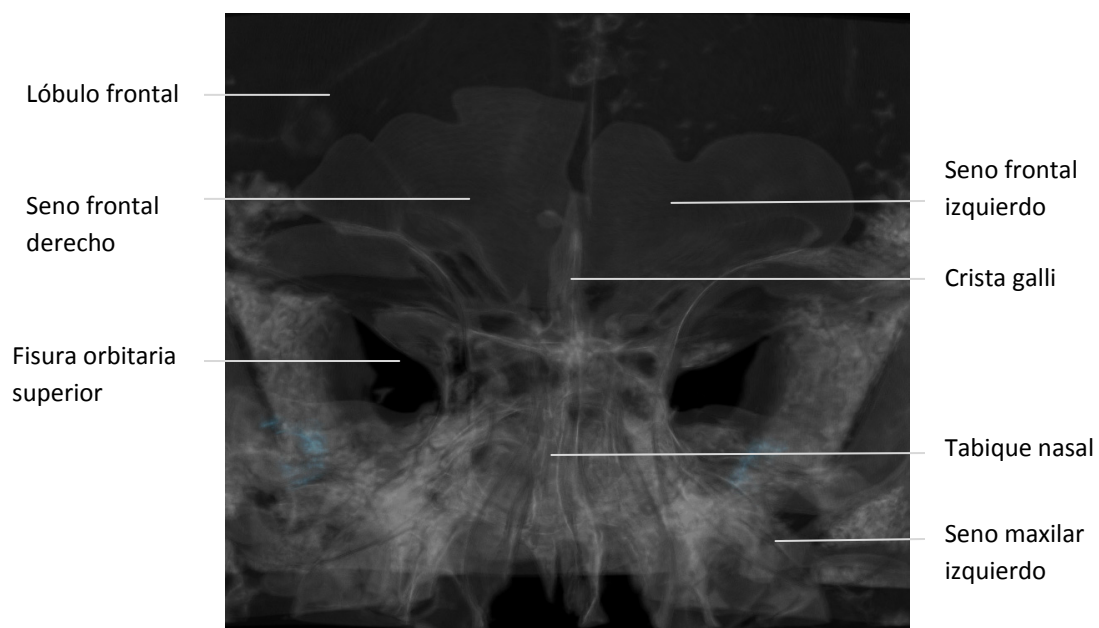
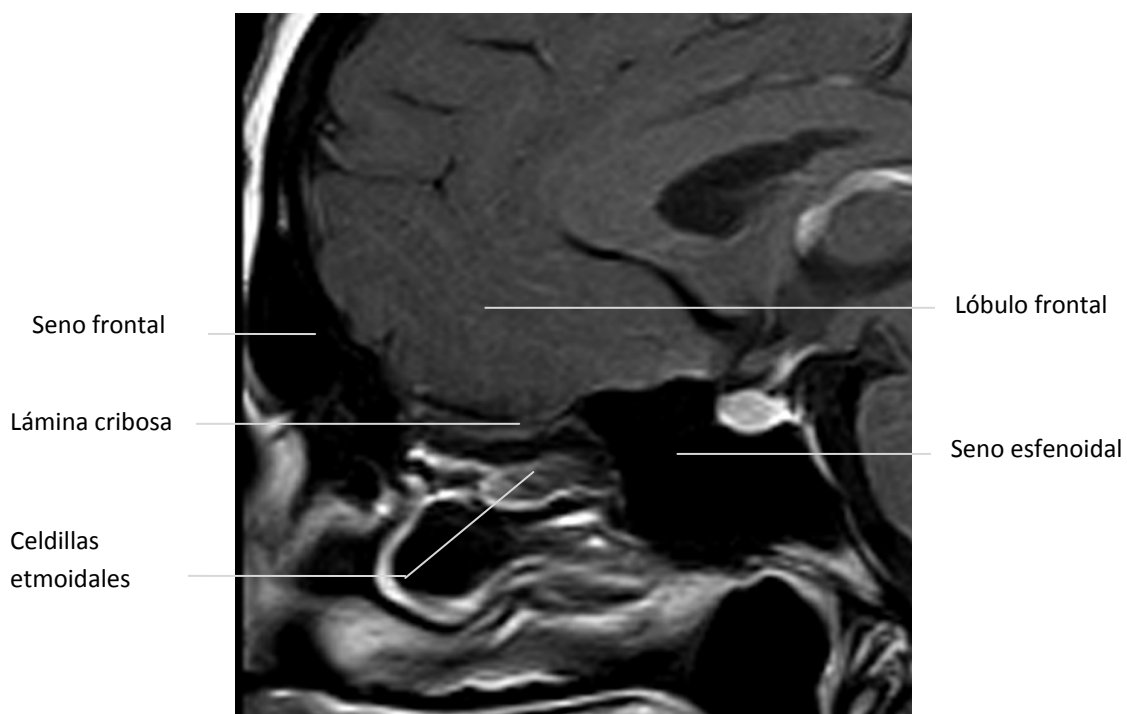


**Fig. 75.** Angiografía selectiva de arteria carótida interna, por sustracción digital y reconstrucción 3D que nos ilustra la morfometría de la arteria oftálmica (elipse). Obsérvese que en una estructura tan pequeña, es posible realizar una medición mediante reconstrucciones 3D.

Esta fosa se relaciona con los senos paranasales, estructuras con secreciones muchas veces sépticas, por lo que la función de aislar una estructura obligatoriamente aséptica (cavidad endocraneal), con los senos paranasales (sépticas) requiere una integridad completa. Aún así, la unión de estas estructuras, la fragilidad de la lámina papirácea, la presencia de canales etmoidales anterior y posterior y una fina red vascular que comunica órbita con la mucosa pituitaria favorecen las interrelaciones en la patología de esta área y secundariamente pueden afectar las estructuras de la fosa cerebral anterior y de ahí al resto de estructuras craneales (figs. 76-80).



**Figs. 76, 77 y 78.** TC sagital con reconstrucción de partes blandas (superior), coronal con ventana ósea (centro) y RM coronal potenciada en T2 (inferior) que ponen de manifiesto la relación de la fosa cerebral anterior con los senos paranasales.



**Figs. 79 y 80.** RM sagital con CIV potenciada en T1 y TC con reconstrucción en 3D, en proyección coronal/frontal, que muestra la relación de los senos paranasales con la fosa cerebral anterior y el lóbulo frontal, solamente separadas en este caso por la lámina cribosa del etmoides. Cualquier afectación de esta barrera, pondrá en comunicación una cavidad endocraneal aséptica con el medio externo séptico (senos paranasales).

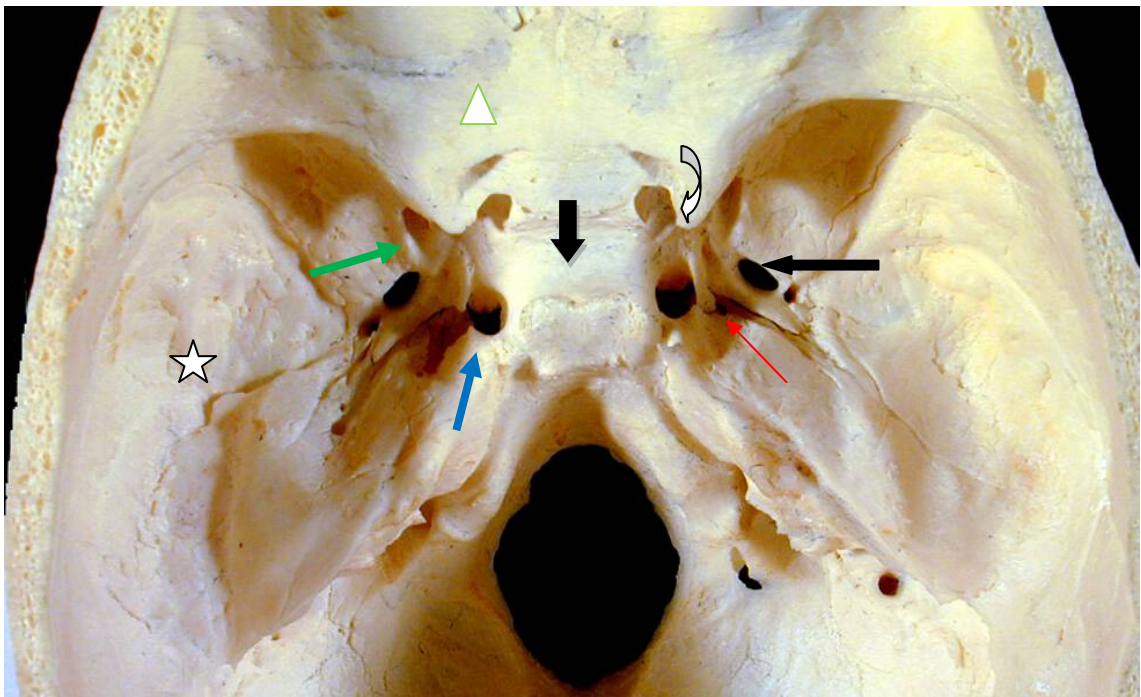
**Tabla 1.** Estudio morfométrico de los agujeros y elementos vásculo-nerviosos de la fosa cerebral anterior.

| Agujero/elemento<br>vásculonervioso | Diámetro(mm) |
|-------------------------------------|--------------|
| Bulbo olfatorio                     | 1.0+/- 0,6   |
| Conducto óptico                     | 4,5 +/- 1,8  |
| Nervio óptico                       | 2.6 +/- 0,9  |
| Arteria oftálmica                   | 1,0 +/- 0,3  |

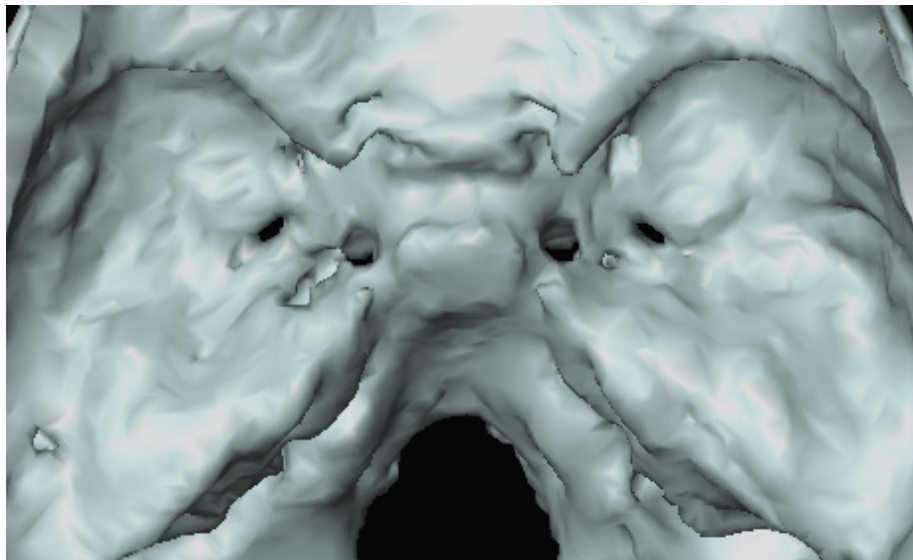
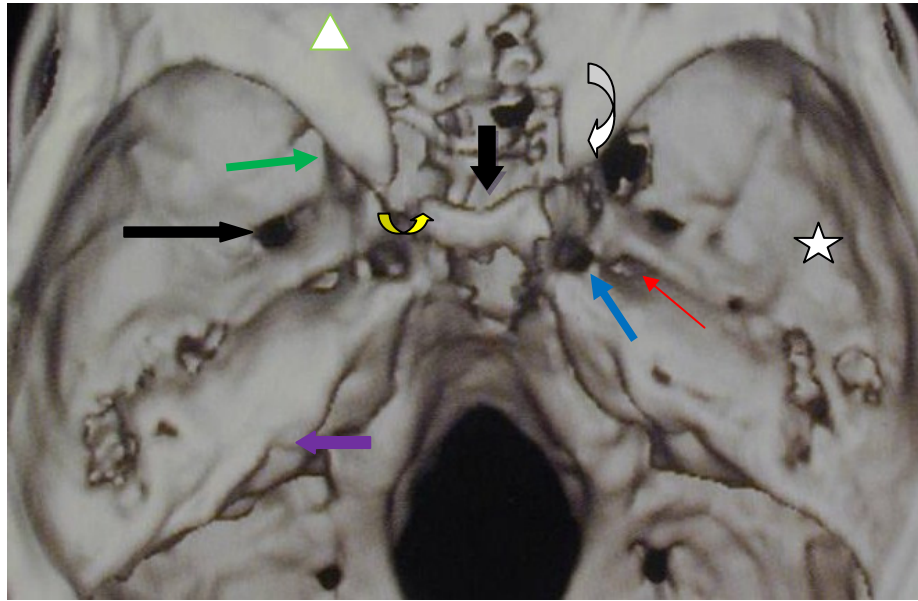
## 6.2 ESTRUCTURAS DE LA FOSA CEREBRAL MEDIA

La fosa cerebral media está constituida por las alas mayores del esfenoides y por los dos peñascos temporales (figs. 81-83). Está limitada en su porción anterior por el borde posterior de las alas menores del esfenoides lateralmente, y por el tubérculo selar medialmente. Su límite posterior es el dorso de la silla turca medialmente y el borde superior del peñasco, en su margen lateral (figs.84 y 85).

La fosa cerebral media tiene las siguientes relaciones: superior, con los lóbulos temporales, la hipófisis, seno cavernoso, cavum de Meckel (figs. 86-88), NC I-IV, NC VI, NC V1-III. Inferior, es el techo anterior del espacio mucoso faríngeo, masticador y espacio parafaríngeo, que describiremos en el desarrollo de este contenido.



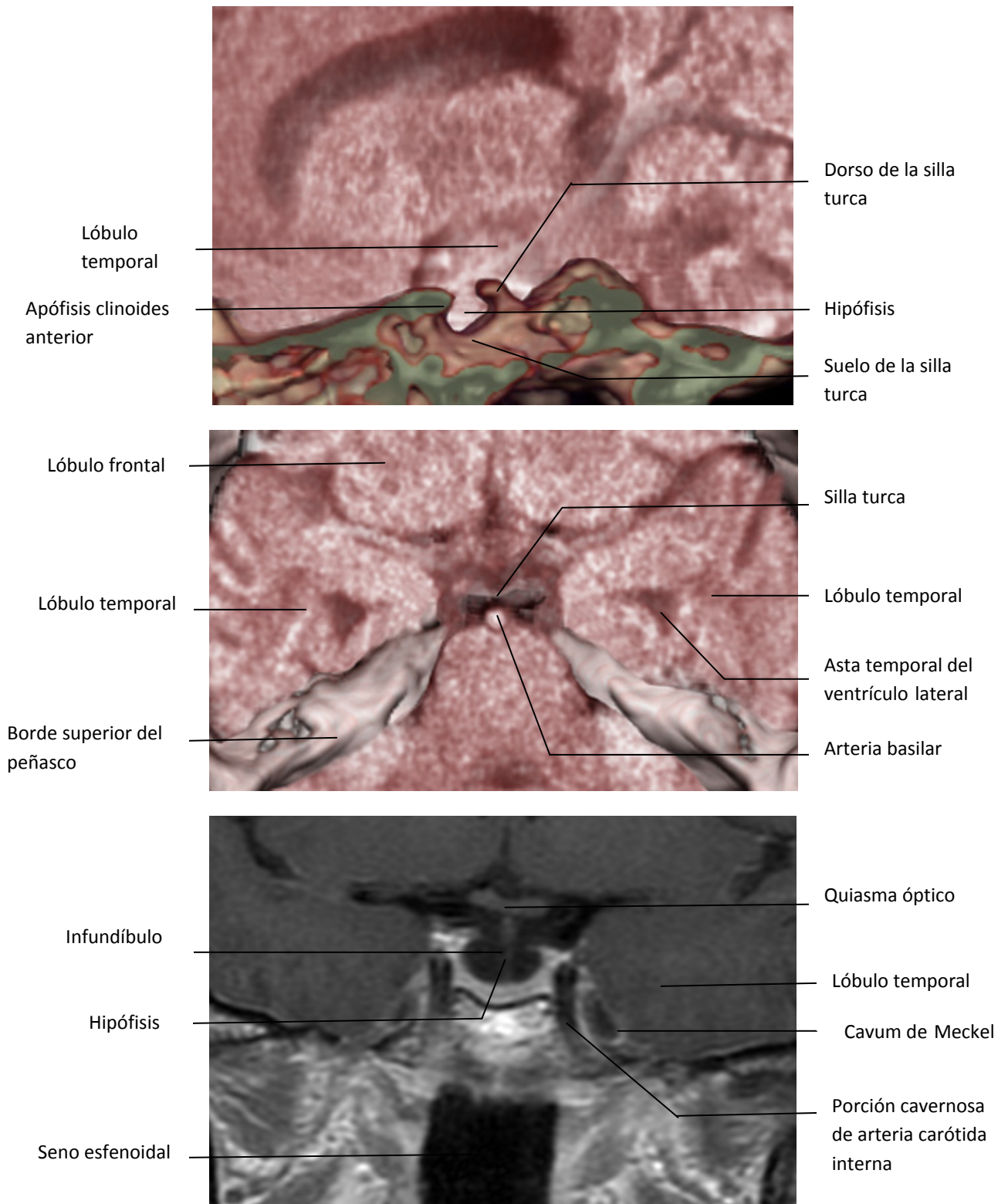
**Fig.81** Imagen de calavera mostrando la fosa cerebral media con sus diferentes estructuras: silla turca con su fosa hipofisaria (flecha negra corta), agujero oval (flecha negra larga) y el agujero redondo menor lateralmente a este, conducto carotídeo (flecha azul), ala mayor (estrella), apófisis clinoides anterior (flecha curva blanca), agujero redondo mayor (flecha verde), orificio rasgado anterior (flecha roja), también se identifica el ala menor del esfenoides (triángulo).



**Figs. 82 y 83** TC con reconstrucciones en 3D mostrando la fosa cerebral media con sus diferentes estructuras, prácticamente superponible a la imagen de la calavera. La imagen superior muestra la silla turca con su fosa hipofisaria (flecha negra corta), agujero oval (flechas negra larga), conducto carotideo (flecha azul), ala mayor (estrellas), apófisis clinoides anterior (flecha curva blanca), apófisis clinoides posterior (flecha curva amarilla), agujero redondo mayor (flecha verde), orificio rasgado anterior (flecha roja), también se identifica el ala menor del esfenoides (triángulo). Se identifica el borde superior del peñasco, surcado por una depresión, que separa la fosa cerebral media de la posterior (flecha morada). La imagen inferior presenta los mismos hallazgos que la superior y corresponde a una reconstrucción 3D con el software Amira®.



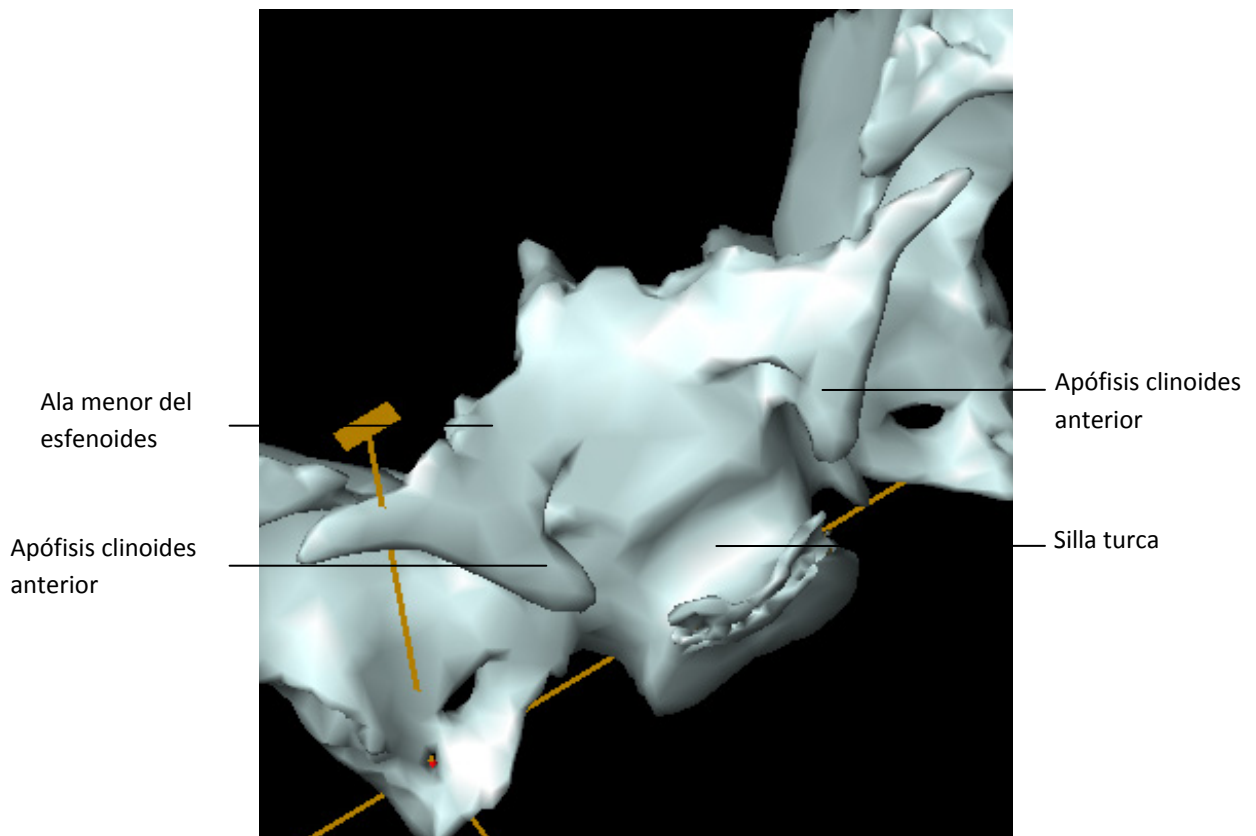
**Figs. 84 y 85.** Imágenes de TC con reconstrucciones vasculares en 3D donde podemos observar los límites, tanto anterior como posterior de la fosa cerebral media. El borde posterior del ala menor del esfenoides y el yugo esfenoidal serán el límite anterior. El borde superior del peñasco y el dorso de la silla turca serán el límite posterior, muy bien identificados en las dos imágenes. Obsérvese en estas visiones panorámicas los vasos que contiene o se relacionan con esta fosa cerebral.



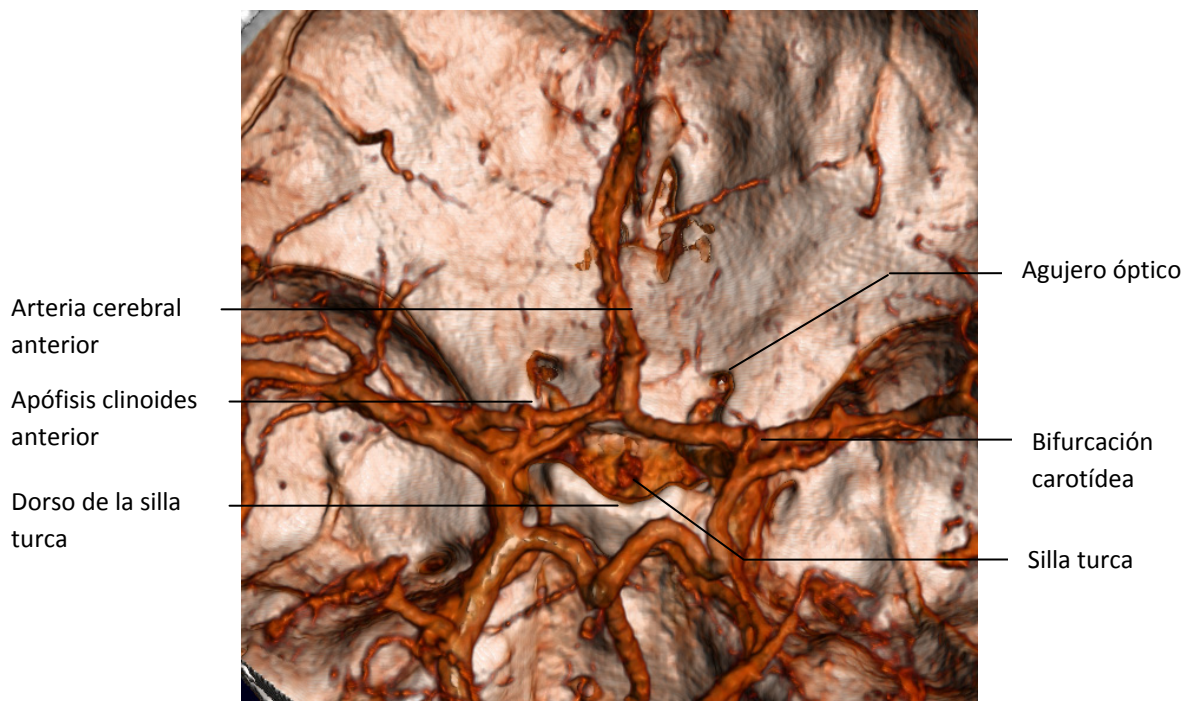
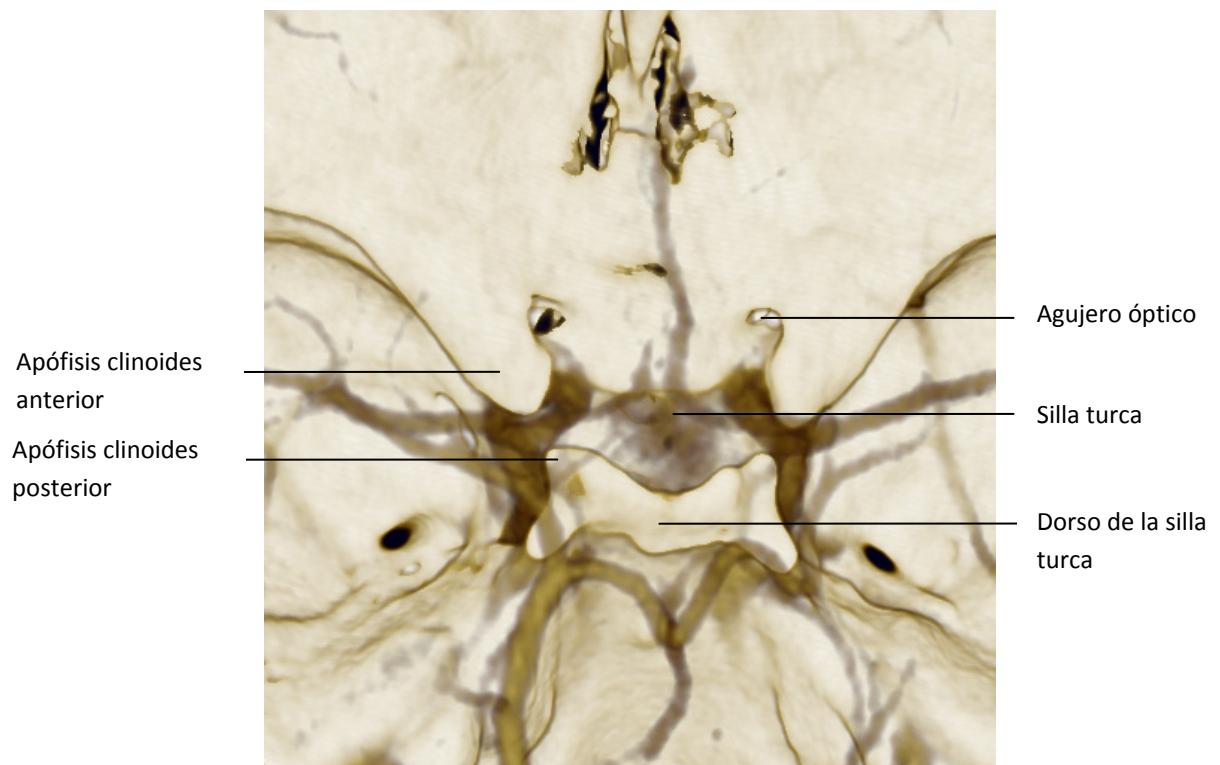
**Figs. 86,87 y 88.** TCMD con reconstrucciones volumétricas en 3D sagital (superior) y axial (centro) mostrando la relación de la fosa cerebral media con el lóbulo temporal. El lóbulo temporal “descansa” sobre la fosa cerebral media. En la RM potenciada en T1, en incidencia coronal (inferior), también se aprecia la relación de los lóbulos temporales con esta fosa. La silla turca con la hipófisis en el centro y la porción cavernosa de la carótida interna de localización lateral, hipointensa con respecto al parénquima del lóbulo temporal se identifica correctamente en este corte. El cavum de Meckel se observa lateral a la carótida intracavernosa.



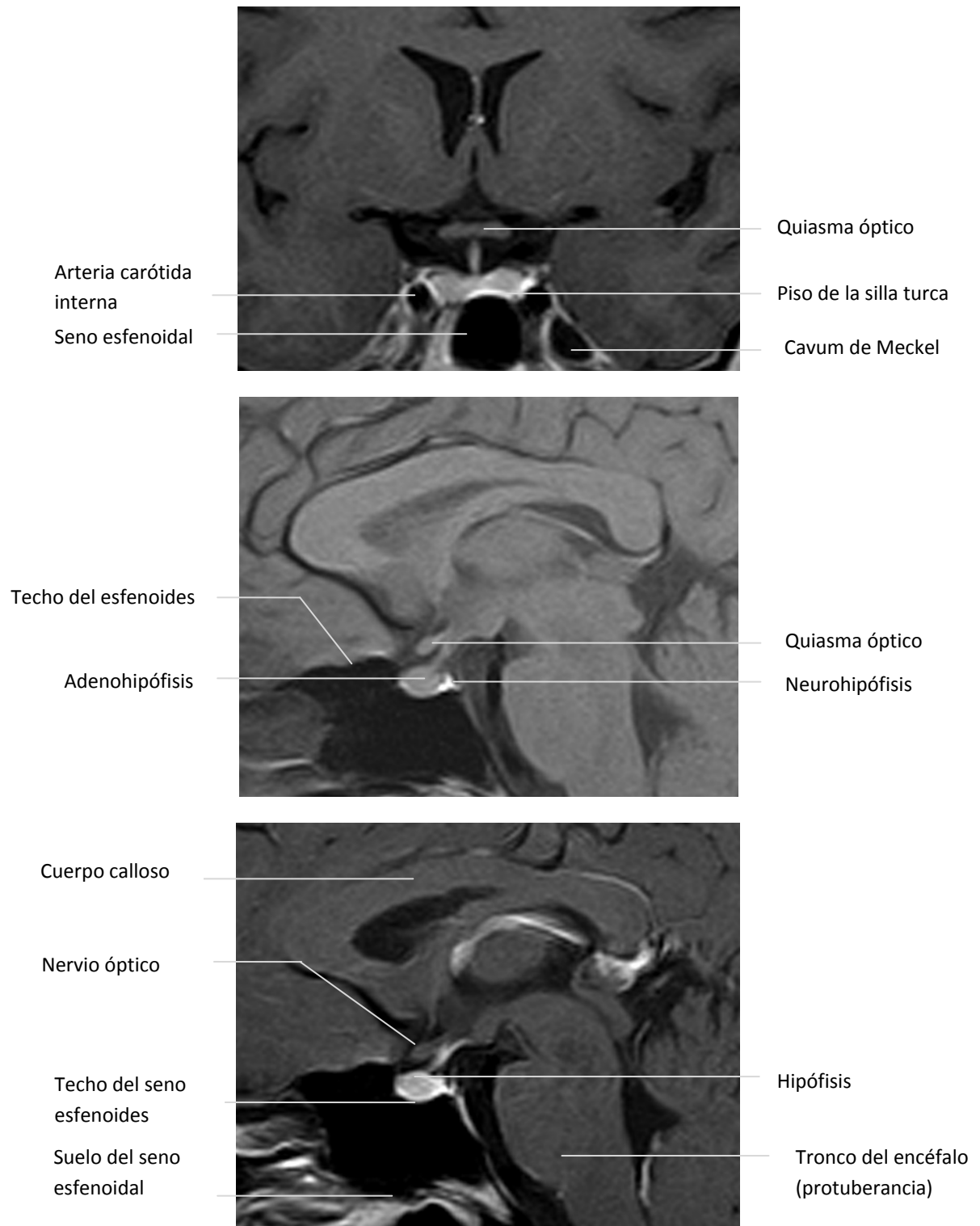
Presenta en la línea media, la silla turca, que es una depresión cóncava que contiene la glándula hipofisaria (hipófisis), limitada por delante por las apófisis clinoides anteriores del ala menor del esfenoides y por los agujeros ópticos, mientras que el límite posterior está formado por el dorso de la silla turca. La parte superior de la silla se expande para formar las apófisis clinoides posteriores por detrás, a las que siguen la lámina cuadrilátera del esfenoides. El suelo de la silla es parte del techo del seno esfenoidal. El segmento cavernoso de la arteria carótida interna se sitúa inferolateral a la silla turca, en estrecha relación con la misma (figs. 89-96).



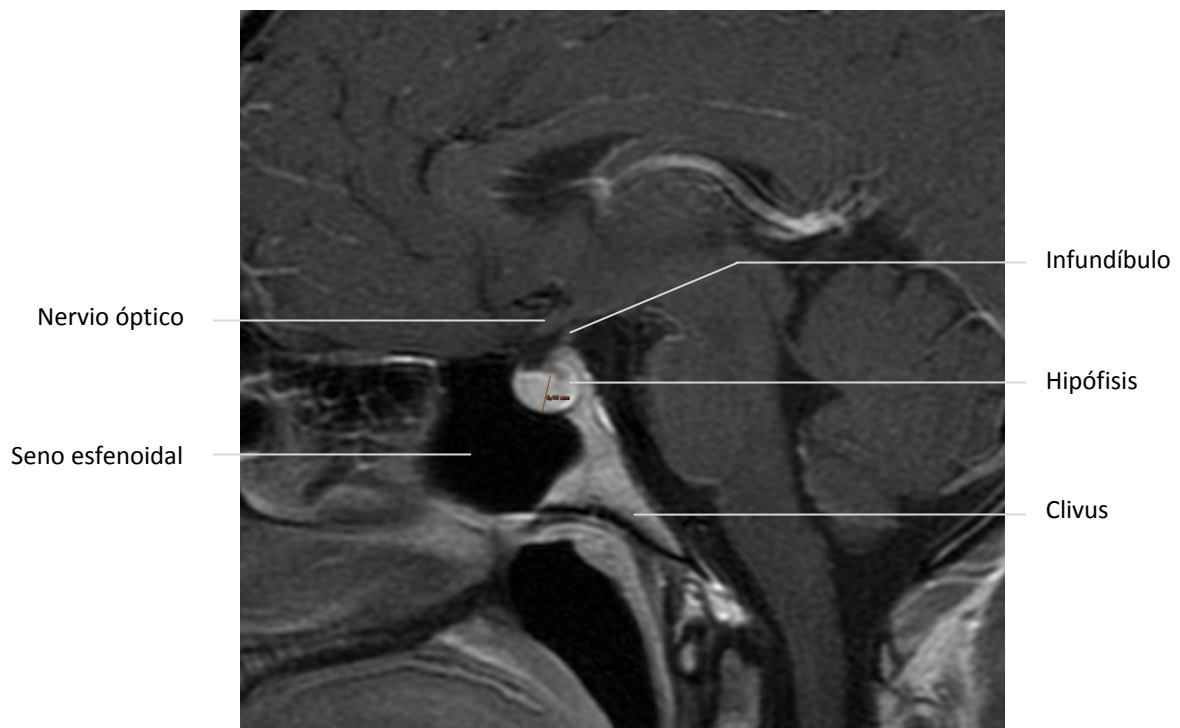
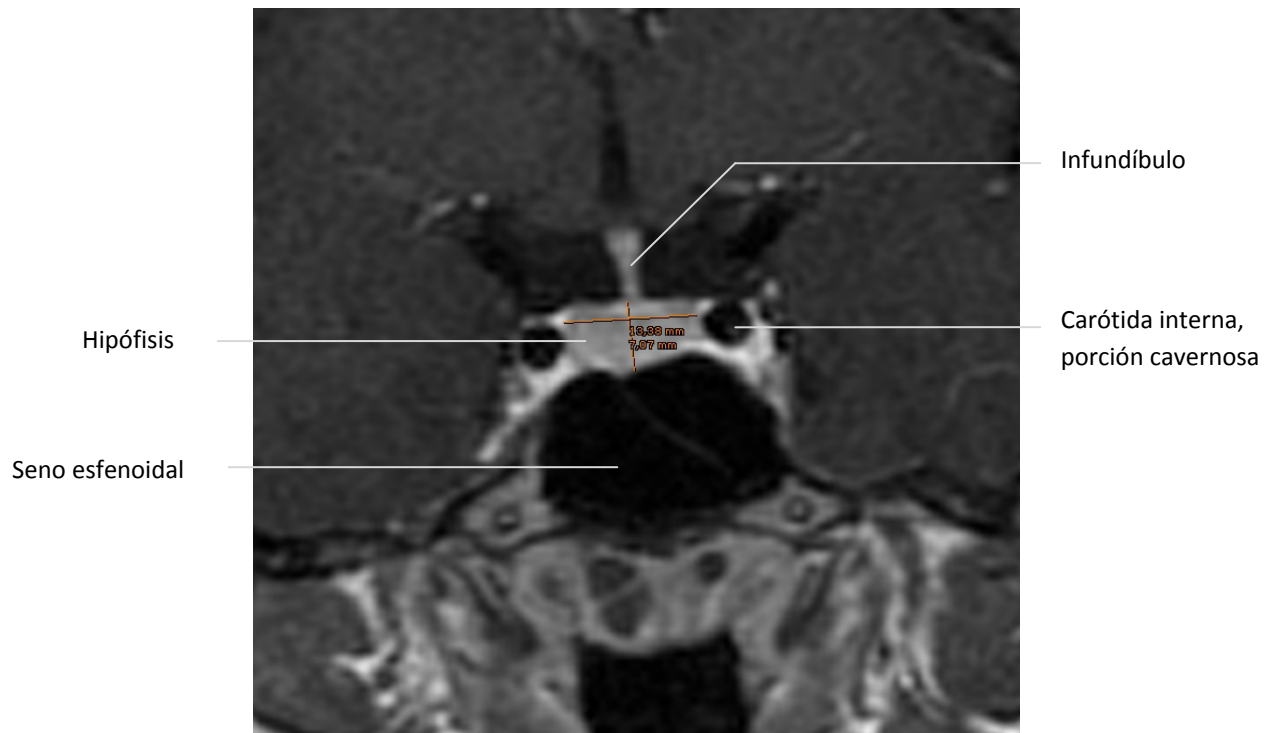
**Fig. 89.** Imagen en 3D, reconstrucción mediante el software Amira que ilustra de forma muy clara la concavidad central de la silla turca en el hueso esfenoides.



**Figs. 90 y 91.** Reconstrucciones 3D de TCMD con cortes axiales, visión endocraneal, a la altura de la silla turca que muestra sus relaciones con las diferentes estructuras adyacentes.



**Figs. 92, 93 y 94** Imágenes de RM en secuencias potenciadas en T1 a través de silla turca, donde se visualiza de forma clara la hipófisis formada por la adeno y la neurohipófisis. Sin CIV la neurohipófisis es hiperintensa con respecto a la adenohipófisis (imagen central). En la imagen superior se muestra la relación que tiene con el quiasma óptico, la porción petrosa de la arteria carótida interna y el cavum de Meckel. Obsérvese el realce homogéneo que se produce tras la administración de gadolinio y la pérdida de diferenciación entre adeno y neurohipófisis (imagen inferior). En las tres imágenes se observa que el suelo de la silla turca es el techo del seno esfenoidal.



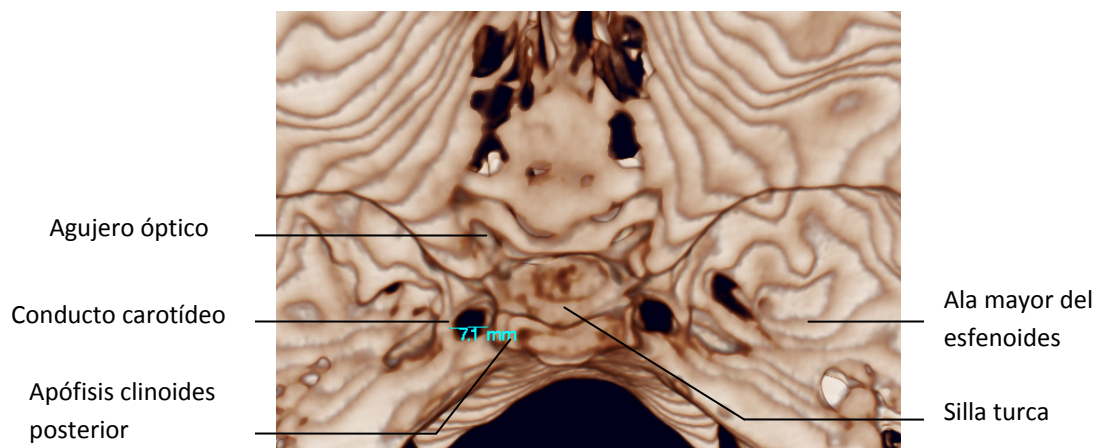
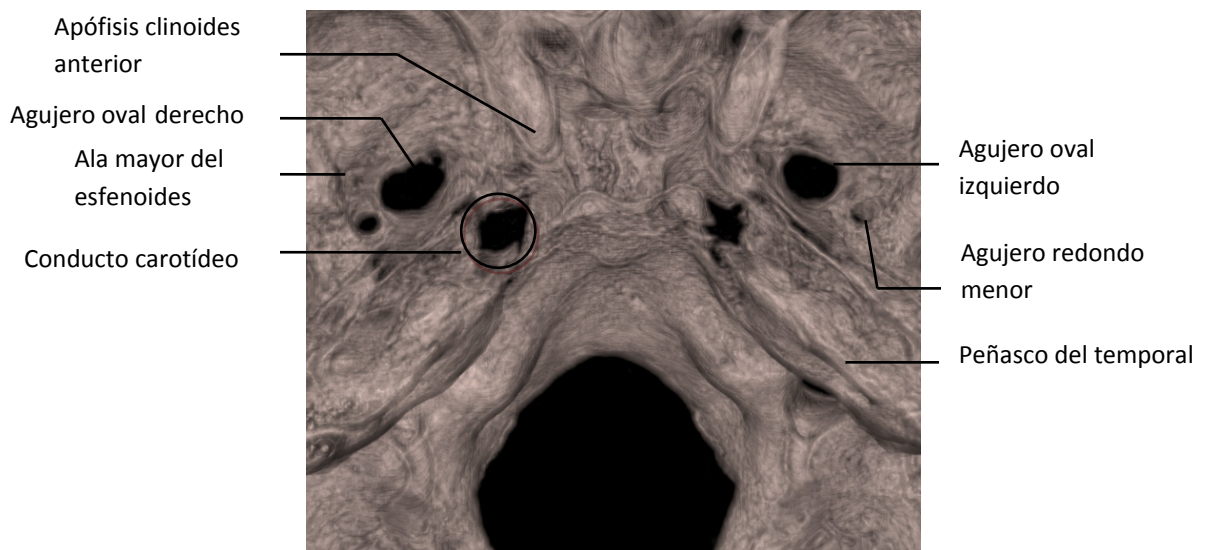
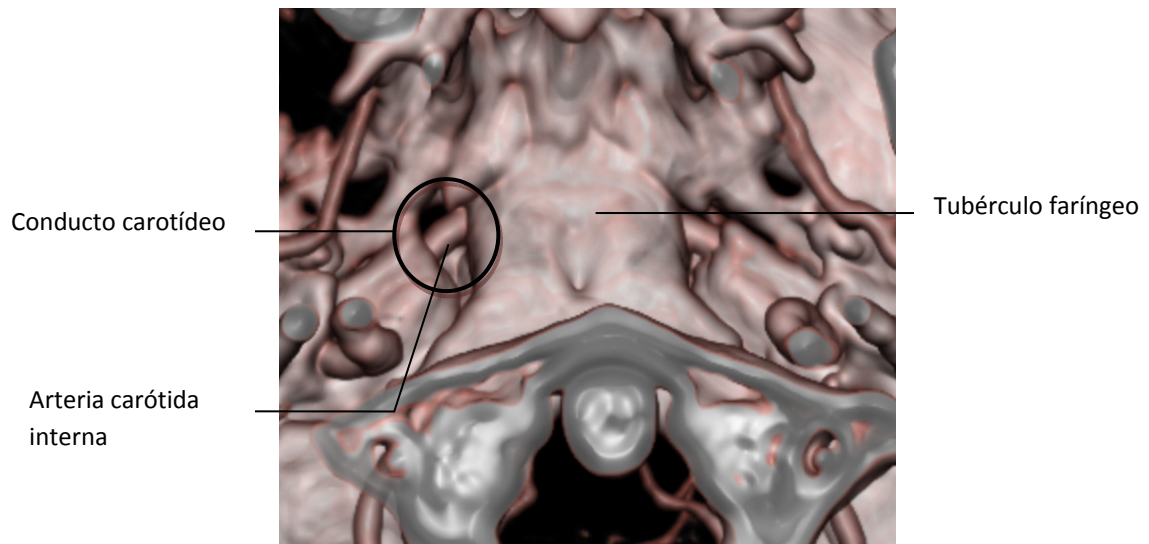
**Figs. 95 y 96.** Imágenes de RM con secuencia potenciadas en T1 tras la administración de contraste intravenoso en incidencia coronal (superior) y sagital (inferior), a través de la silla turca, donde se observa una medición global de la hipófisis (adeno y neurohipófisis). La altura de la glándula hipofisaria varía tanto con el sexo como con la edad. El límite superior normal en hombres y mujeres adultos es de 8 mm, aunque en mujeres jóvenes y lactantes pueden medir hasta 10-12 mm respectivamente.

Para el estudio de la silla turca/hipófisis generalmente la RM es el procedimiento de elección. Las secuencias recomendadas son realizadas con cortes finos, potenciadas en T1 coronal y sagital sin contraste intravenoso y T1 sagital y coronal tras la administración del mismo. Una secuencia potenciada en T2 coronal, es una opción a tener en cuenta.

La TC con reconstrucciones coronales y sagitales es un estudio de mucha utilidad cuando las lesiones que afectan la silla y/o el seno cavernoso se originan en el basiesfenoides.

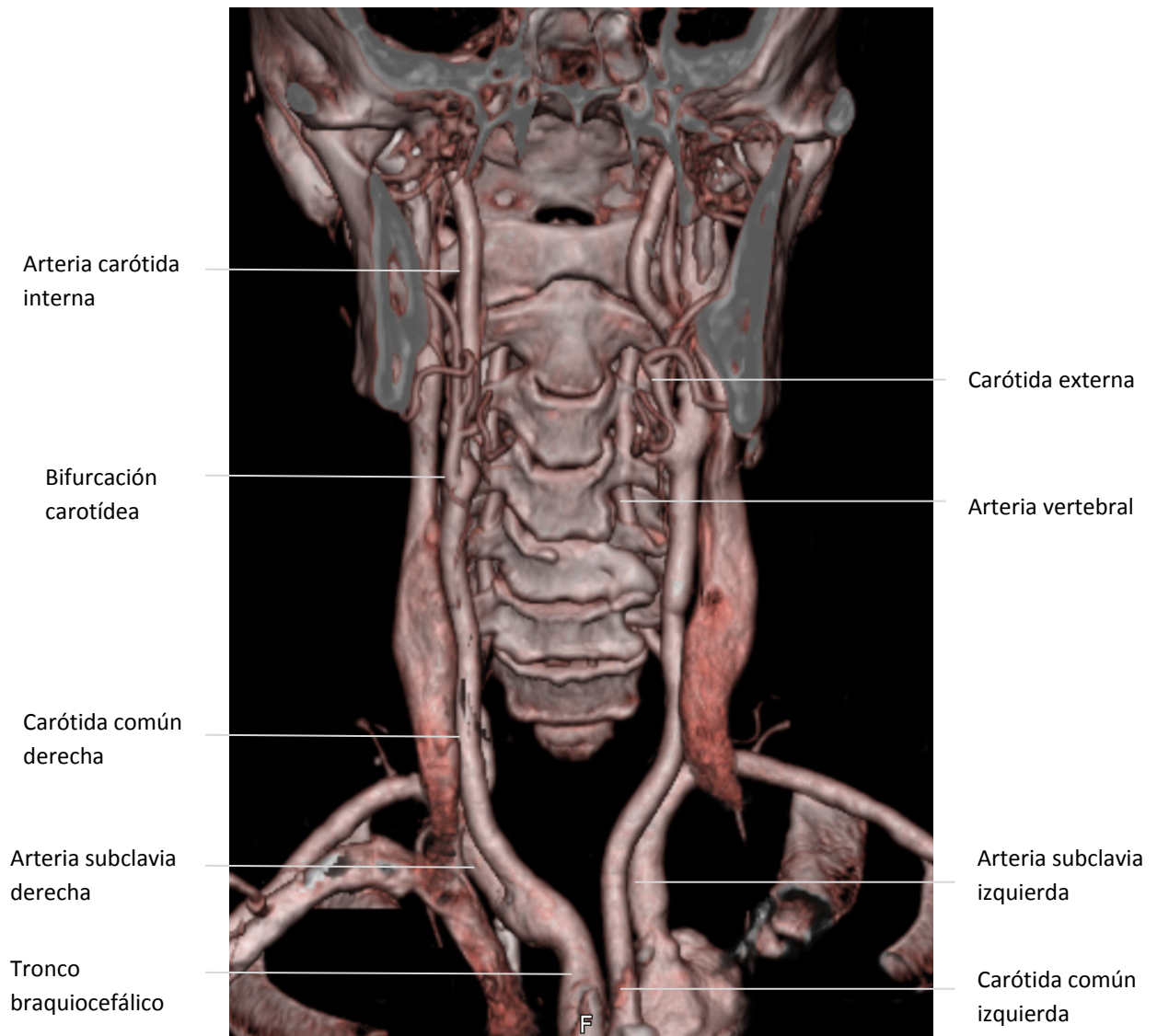
En la fosa cerebral media encontramos varios agujeros por donde pasan estructuras vásculo-nerviosas que podemos visualizar de forma adecuada con las diferentes técnicas radiológicas empleadas en este estudio.

**El conducto carotídeo** se encuentra entre el vértice del temporal y el esfenoides. Empieza en la cara posteroinferior de la porción petrosa del hueso temporal, primero asciende verticalmente, después, tras un corto trayecto se acoda y se dirige anterior y medialmente hasta el vértice de la porción petrosa. Las estructuras de paso de este orificio son la arteria carótida interna y el plexo simpático carotídeo (figs.97 y 98). En nuestro estudio fue visualizado en el 100% de los casos y en el análisis morfométrico obtuvimos un diámetro transversal de  $7 \pm 3,3$  mm (fig. 99).

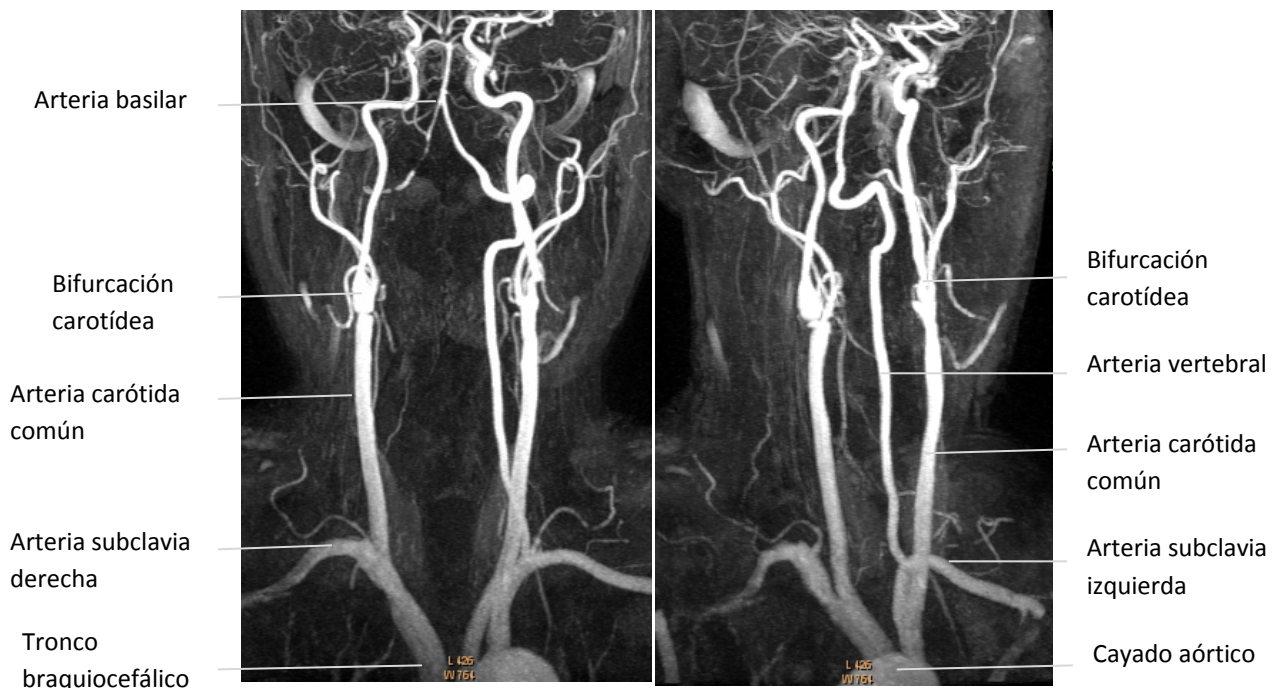


**Figs.97, 98 y 99.** Reconstrucciones en 3D de TCMD en planos axiales donde se observa el conducto carotídeo desde diferentes vistas. La imagen superior muestra el conducto carotídeo desde una visión exocraneal y se aprecia la arteria carótida interna cruzándolo. La imagen central e inferior muestran el conducto carotídeo desde una visión endocraneal. El estudio morfométrico se realiza sin ninguna dificultad en los planos axiales.

Las arterias carótidas forman parte de los troncos supraaórticos. La carótida común izquierda surge directamente del cayado aórtico, mientras que la carótida común derecha se deriva del tronco braquiocefálico. Usualmente las carótidas comunes no dan ninguna rama antes de bifurcarse (figs. 100-102).



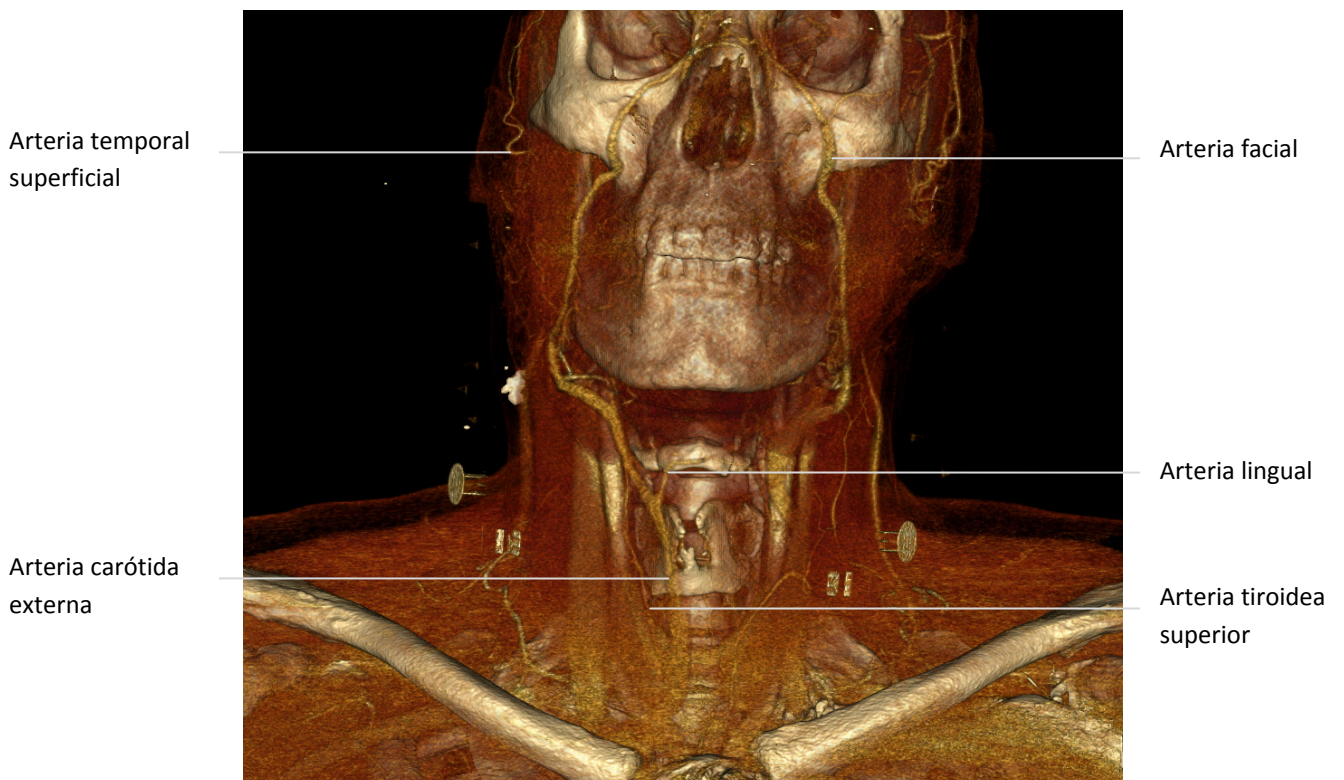
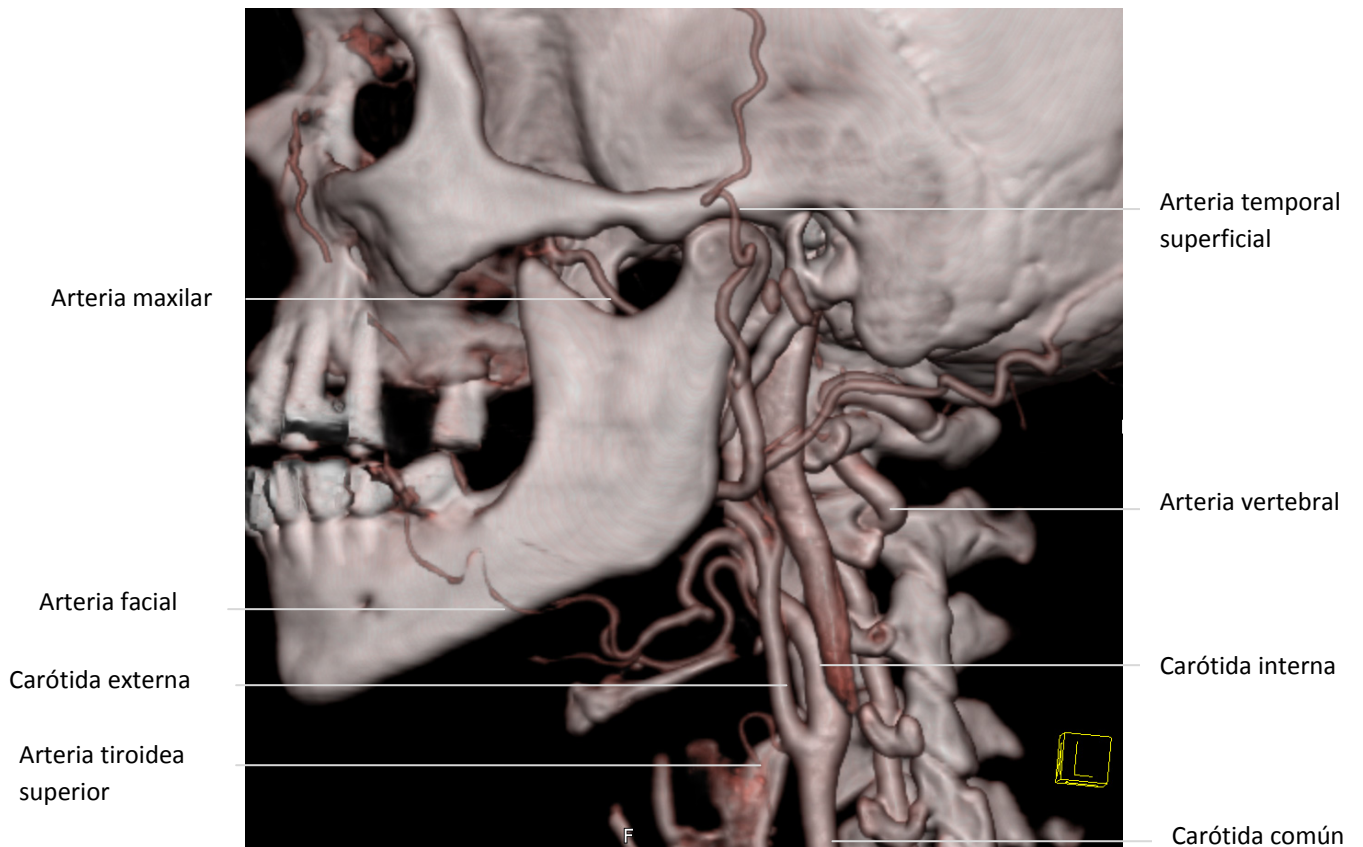
**Fig. 100.** Estudio de troncos supraaórticos mediante TCMD con reconstrucción vascular en 3D, que muestra el origen y el trayecto extracraneal de ambas arterias carótidas. La arteria carótida izquierda sale directamente del arco aórtico, mientras la derecha se origina del tronco braquiocefálico. Mediante esta técnica se estudia de forma muy precisa los vasos carotídeos y su trayecto cervical e intracraneal.



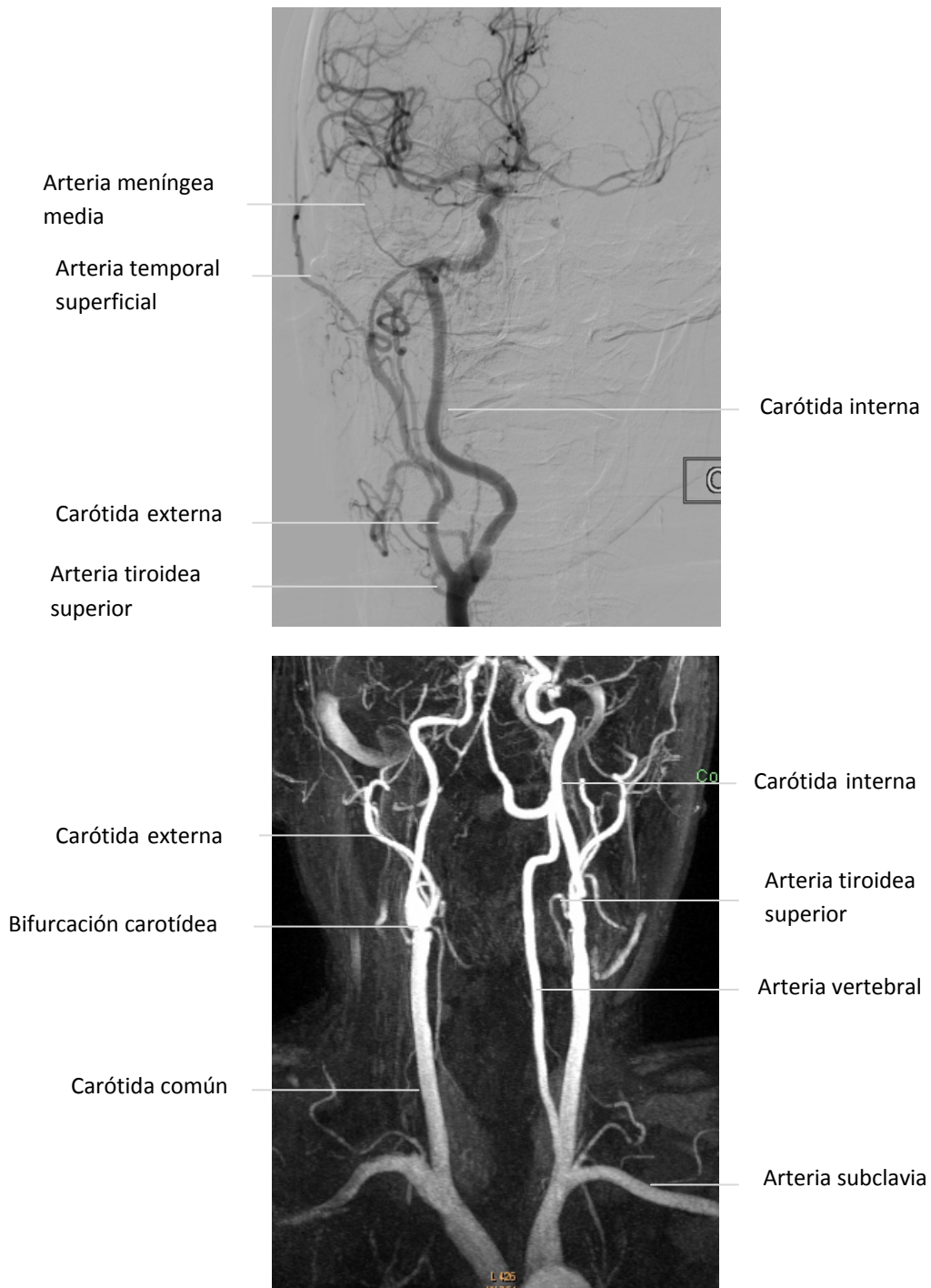
**Figs. 101 y 102.** Estudio de troncos supraaórticos mediante angio-RM en plano coronal (izquierda) y oblicua izquierda (derecha) tras la administración de contraste intravenoso, que muestra el origen y el trayecto de las arterias carótidas. Se demuestra que el origen de la carótida derecha depende del tronco braquiocefálico y la carótida izquierda directamente del arco aórtico. En estas dos imágenes se observa tanto el trayecto extra como intracraneal.

La arteria carótida externa tiene varias ramas, las cuales irrigan usualmente segmentos extracraneales. Varias de estas ramas suplen la duramadre de la superficie cerebral basal y lateral, estas ramas meníngicas suplen también la duramadre de la fosa posterior de manera compartida con la arteria occipital. En situaciones normales (ausencia de obstrucción de la arteria carótida interna ipsilateral) la carótida externa no da ramas que atraviesen la base del cráneo (figs. 103-106), excepto la arteria meníngica media, rama de la arteria maxilar que cruza el agujero espinoso o redondo menor (descrito más adelante).



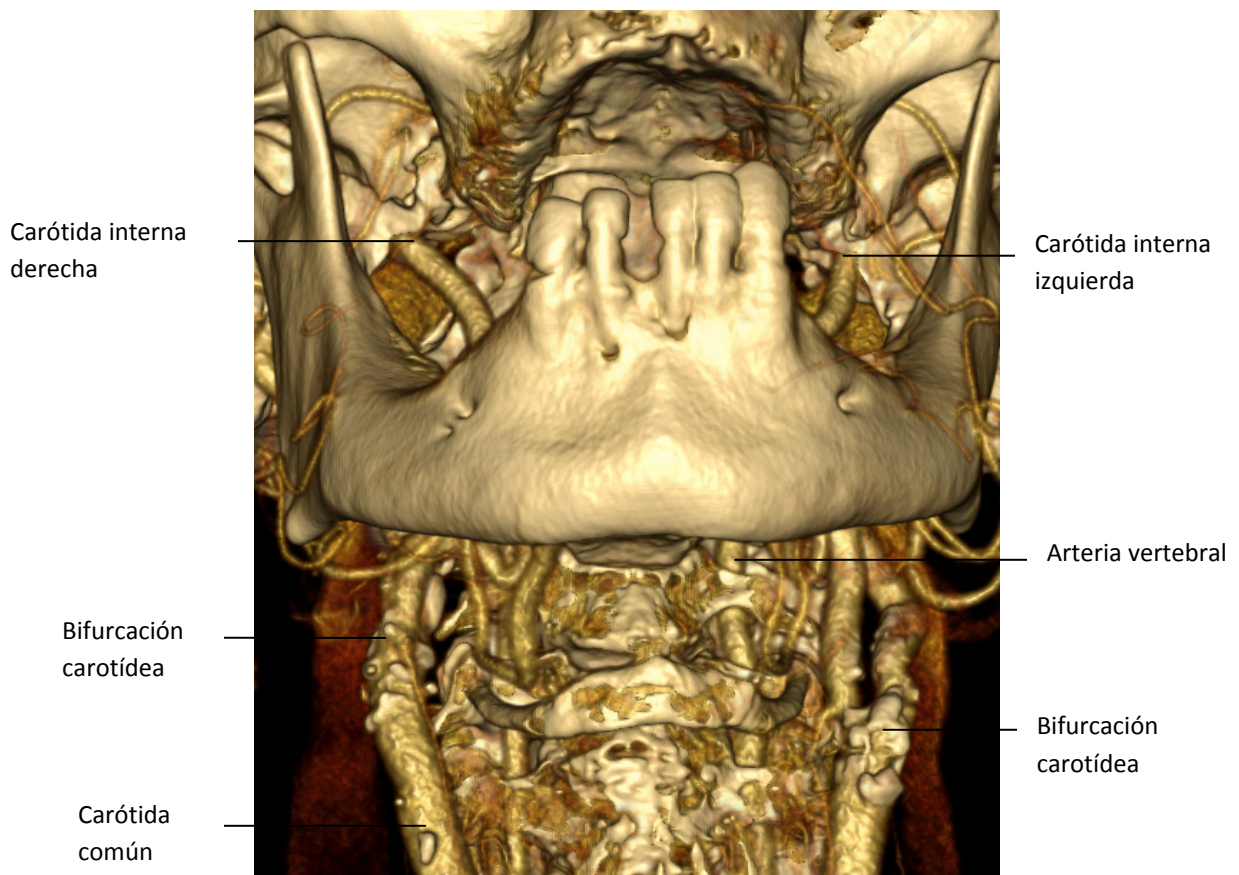


**Figs. 103 y 104.** Reconstrucciones 3D de TCMD en proyección sagital (superior) y frontal (inferior) donde se observa la arteria carótida externa y algunas de sus ramas que irrigarán usualmente las regiones extracraneales. Mediante estas técnicas de reconstrucción y en 3D se visualizan de forma muy precisa estos componentes vasculares.

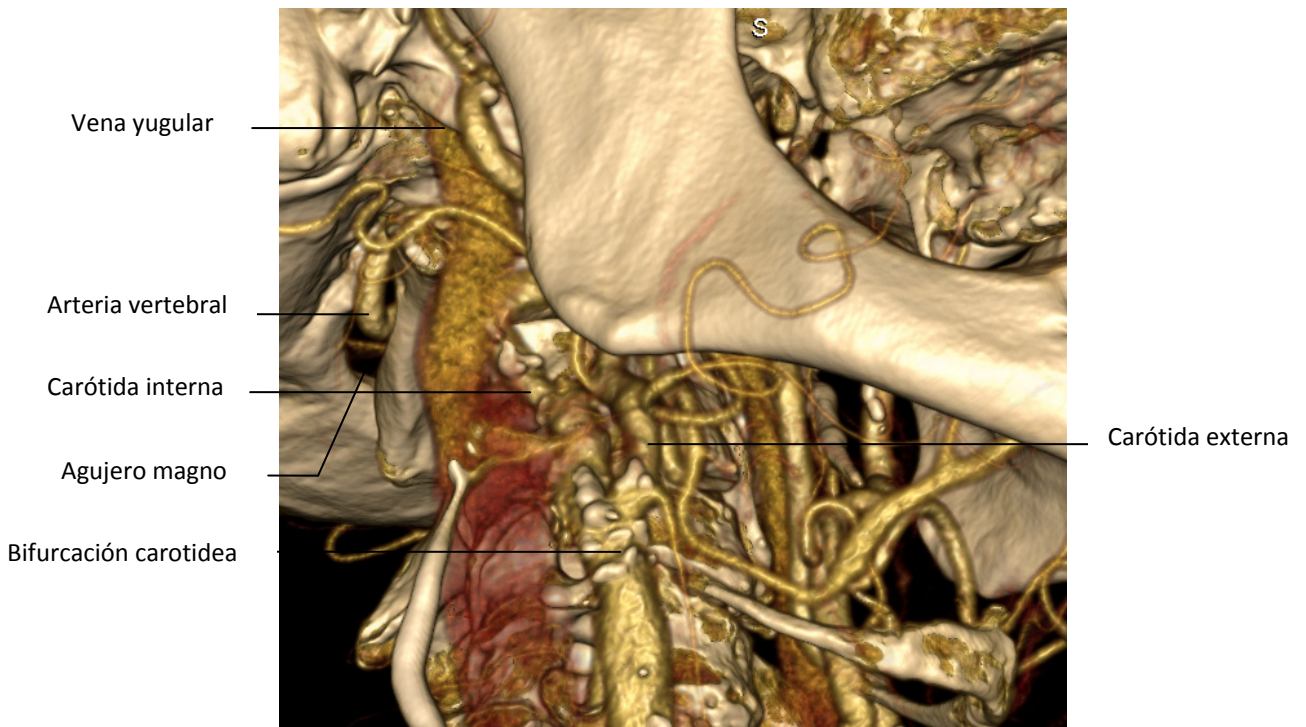
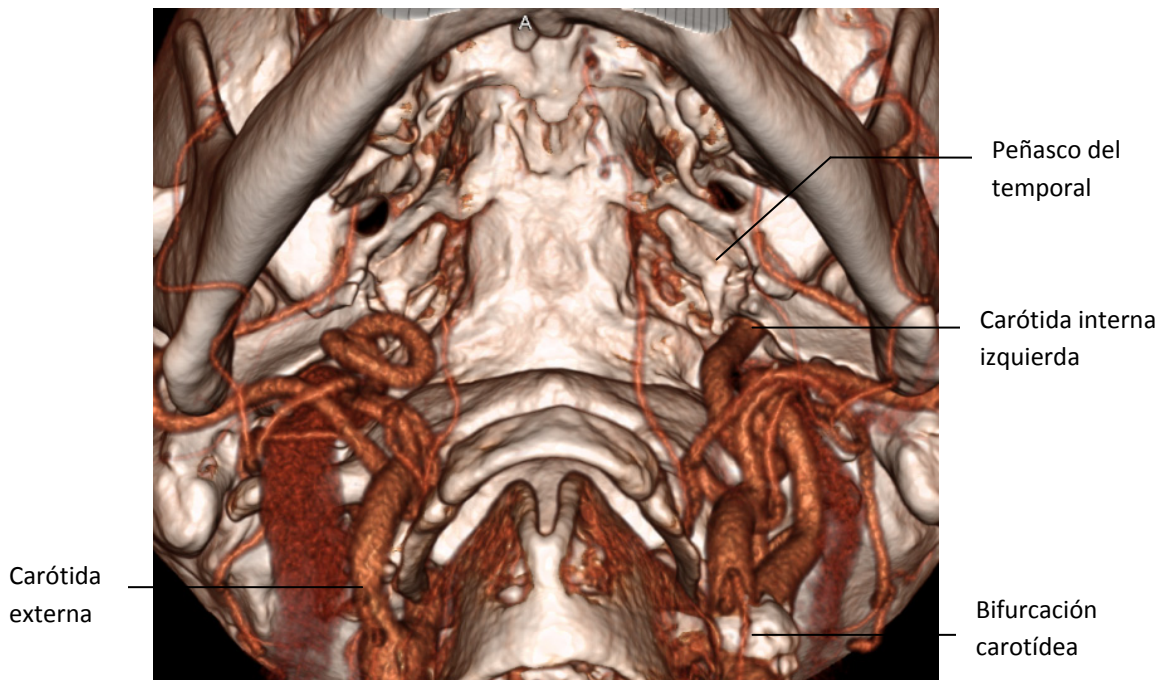


**Figs. 105 y 106.** Angiografía selectiva de arteria carótida común derecha (superior) y angio-RM (inferior) donde se observa la carótida común, su bifurcación en carótida interna y externa. Obsérvese la nitidez con que se aprecian los detalles anatómicos mediante angio-RM, una técnica no invasiva que en muchos de los estudios vasculares sustituye a la angiografía por sustracción digital. En el estudio mediante angio-RM continuamos identificando las estructuras que se relacionan con los vasos, principalmente de partes blandas, mientras que en el análisis vascular mediante angiografía por sustracción digital, estos detalles que se encuentran por fuera de la luz vascular son en muchas ocasiones poco valorables.

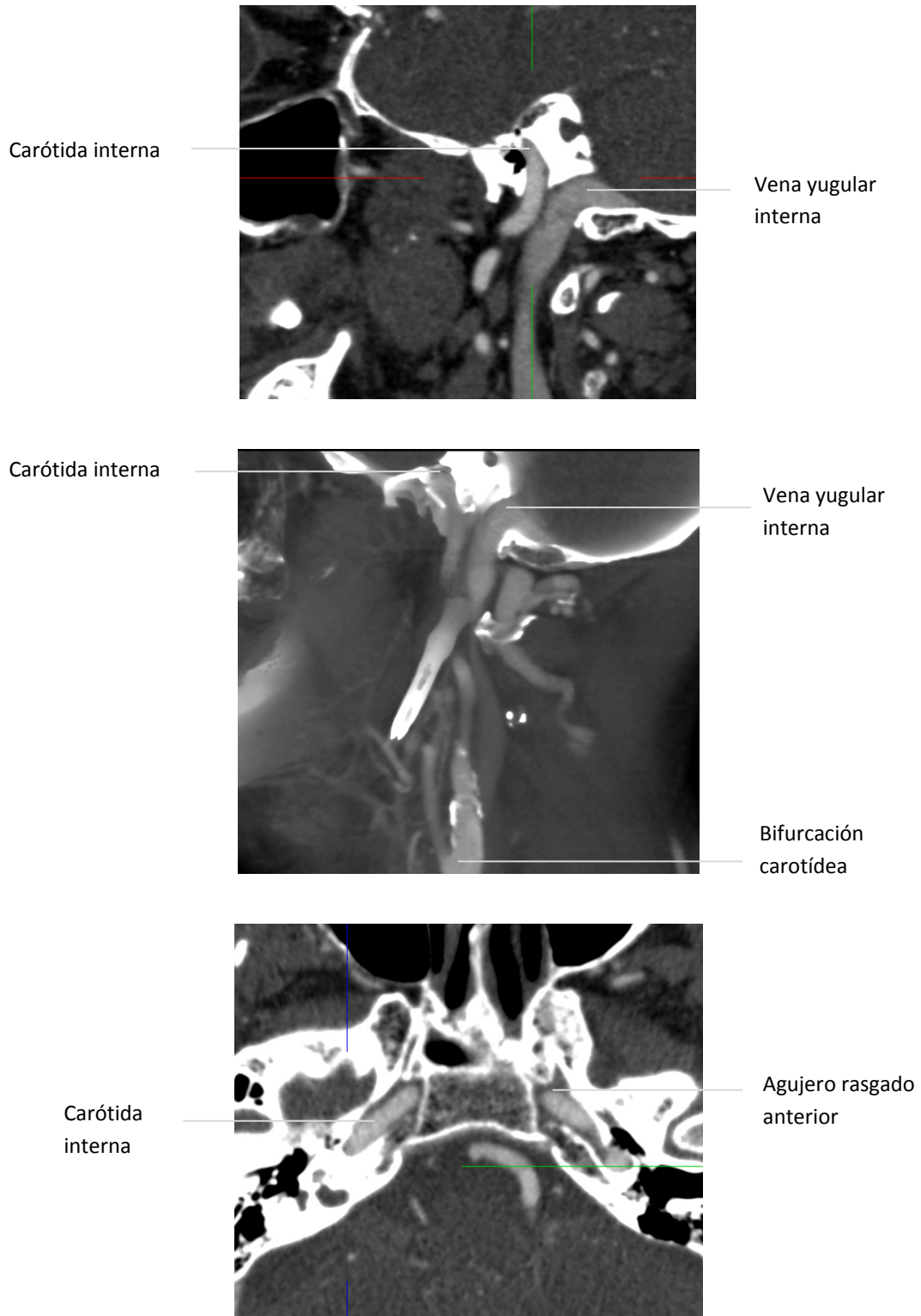
Las arterias carótidas internas proveen flujo sanguíneo a los hemisferios cerebrales, a los ojos y la cara. Se divide en cuatro segmentos: cervical que es extracraneal (figs 107-109), petroso, cavernoso y supraclinoideo (figs 110-126), que están en íntima relación con la base del cráneo, de este último segmento es donde se origina la arteria oftálmica (fig. 115). Distalmente la carótida interna se bifurca en la arteria cerebral media y anterior, para irrigar las estructuras descritas (figs. 113, 114, 122 y 123).



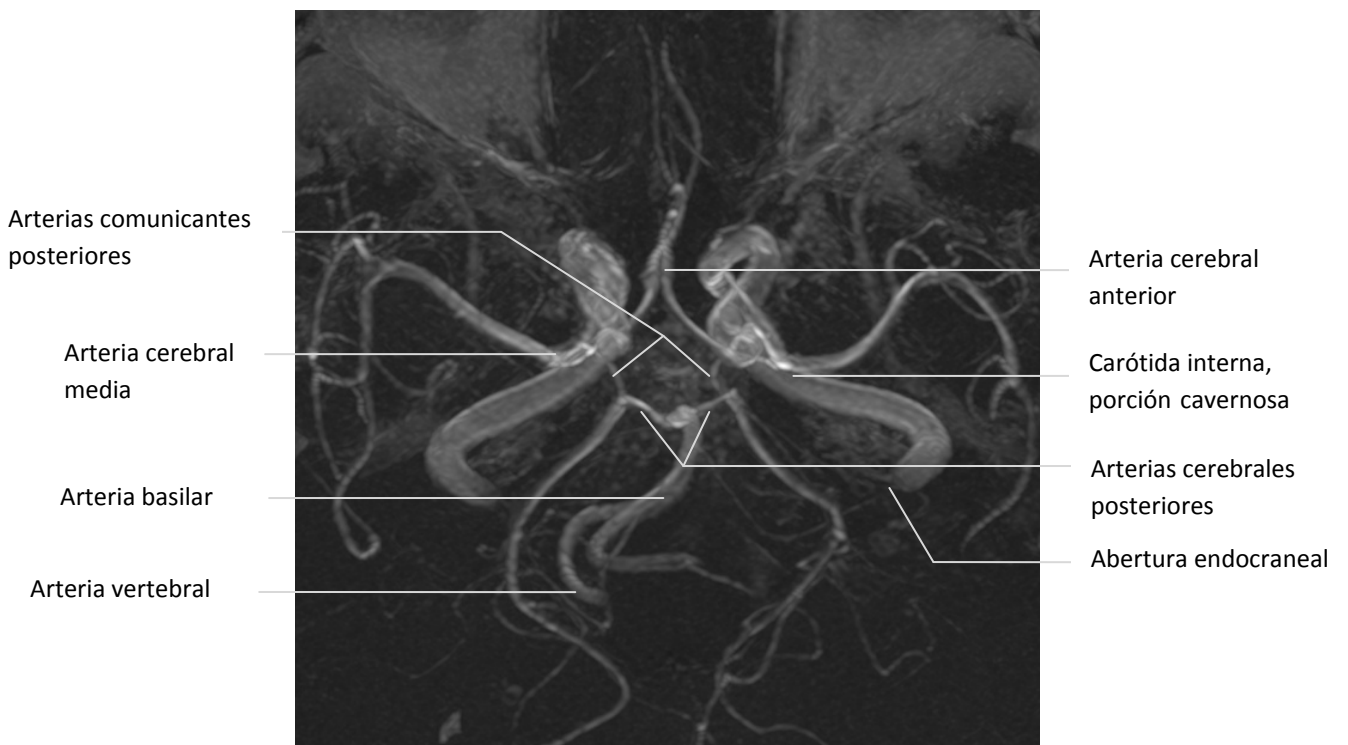
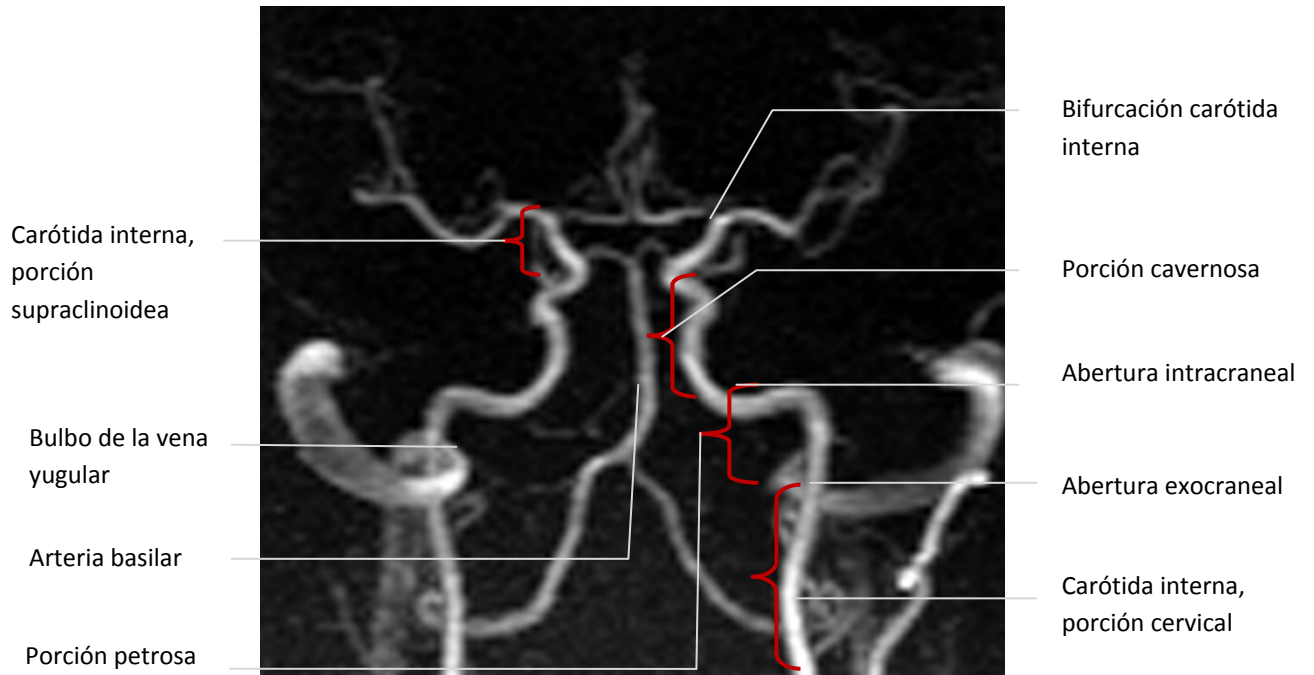
**Fig. 107.** Imagen de TCMD en plano fronto-inferior, con reconstrucción en 3D del segmento extracraneal de las arterias carótidas que muestra el segmento de la arteria carótida interna justo antes de entrar a la base del cráneo. Incidentalmente, se observa en esta reconstrucción la presencia de ateromatosis calcificada a nivel de la bifurcación carotídea, lugar frecuente de depósitos de colesterol en las personas ancianas o con alteraciones en el control del colesterol, que es responsable de muchos trastornos cerebrovasculares.



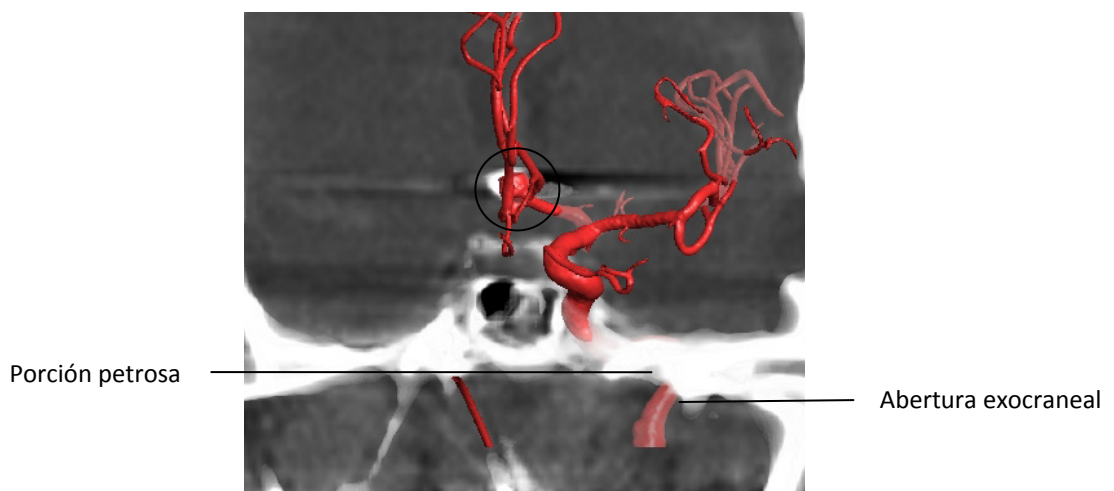
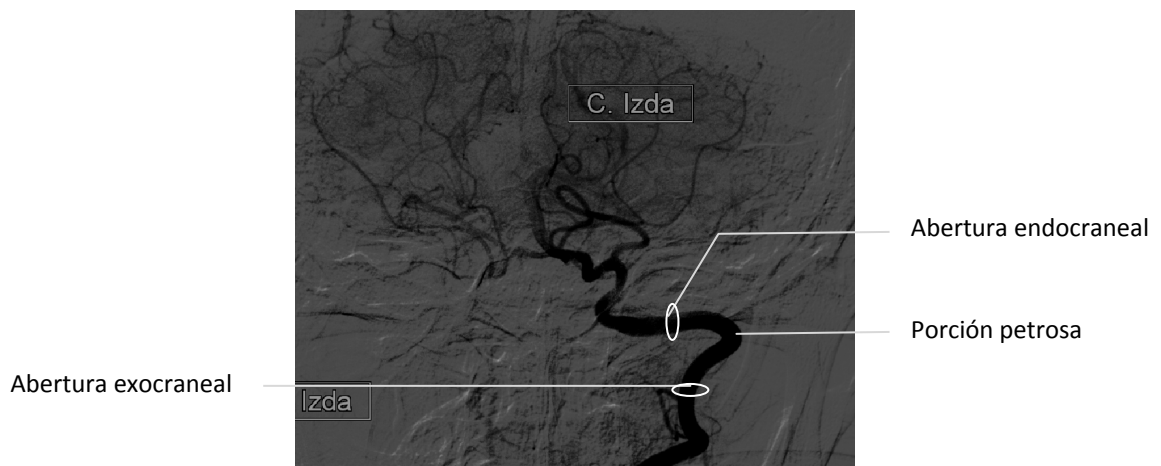
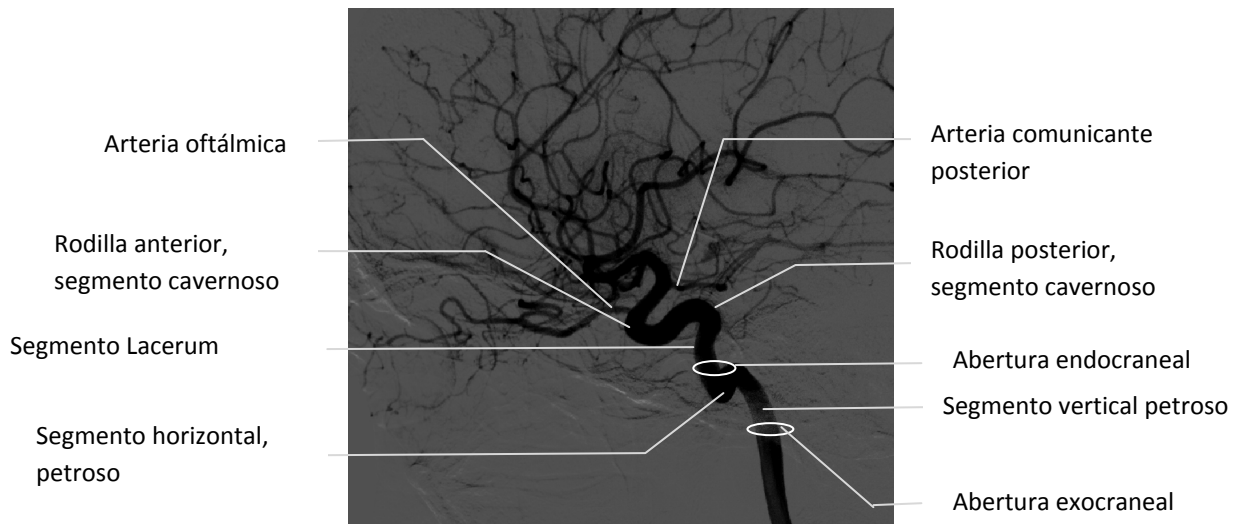
**Figs. 108 y 109.** Estudio de arterias carótidas mediante TCMD con reconstrucciones 3D en plano frontoinferior, visión exocraneal (superior) y sagital e inferior (inferior) mostrando la carótida interna extracraneal y su entrada a la base del cráneo a través del conducto carotideo.



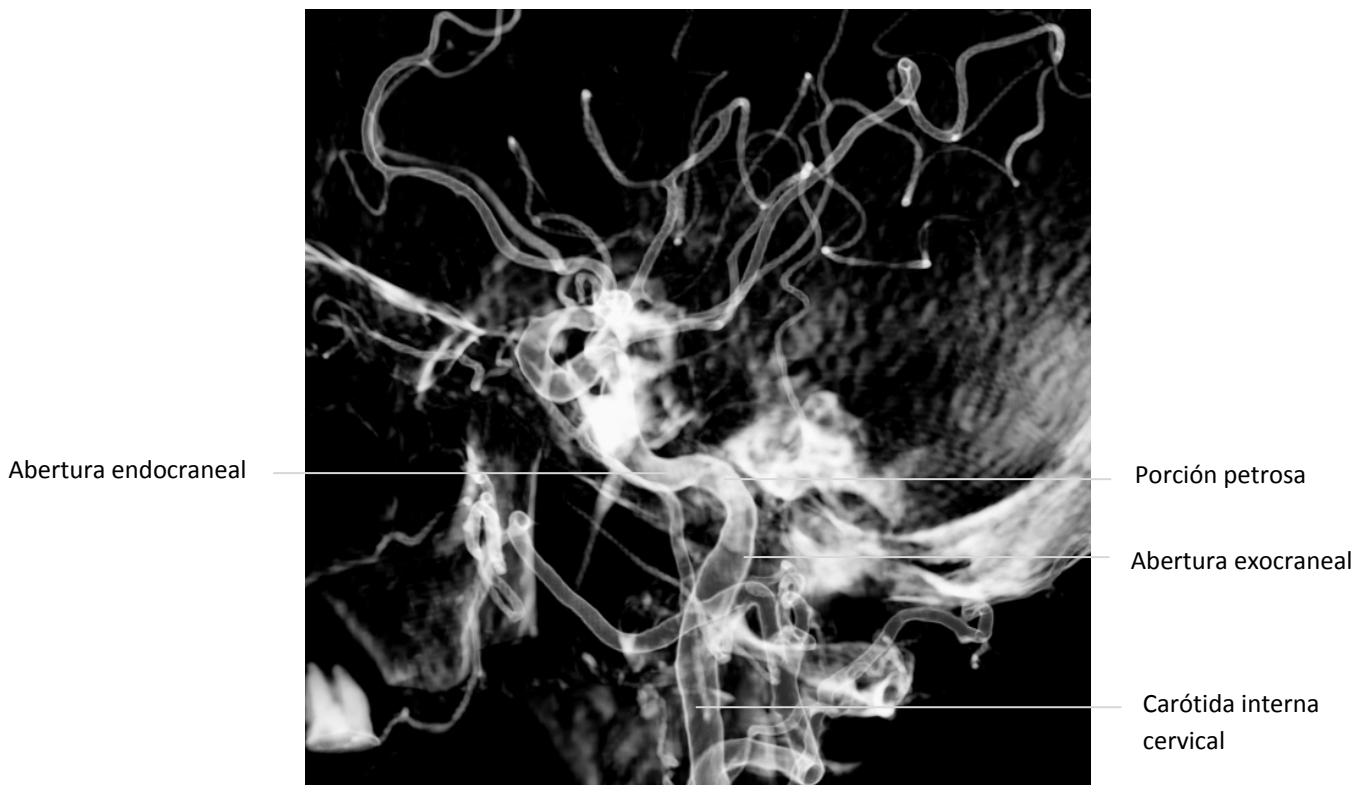
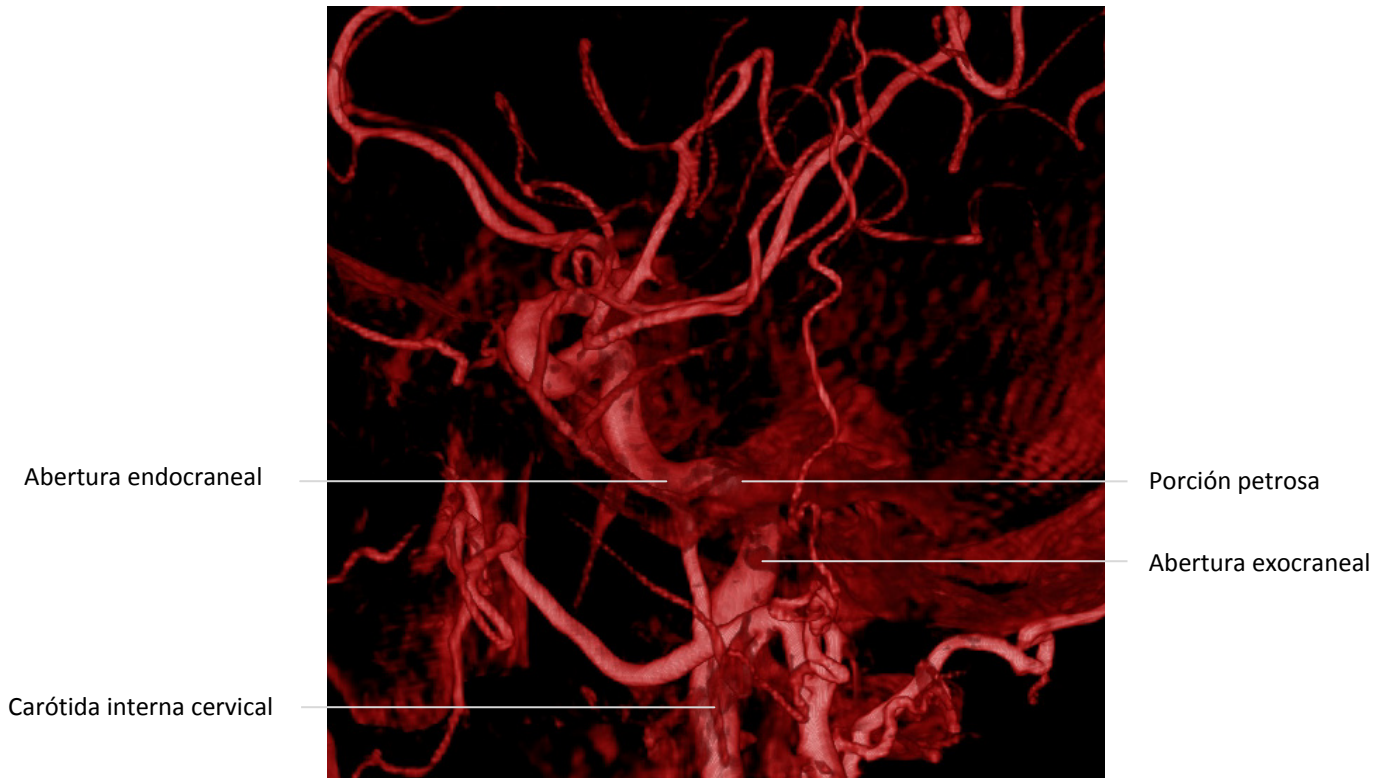
**Figs. 110, 111 y 112.** Estudio vascular mediante TC en plano sagital (superior y centro) y axial (inferior) donde se aprecia la entrada de la carótida interna a la base del cráneo. Obsérvese su relación, a este nivel, con la vena yugular. La imagen inferior muestra a la carótida interna sobre el agujero rasgado anterior, justo antes de entrar al seno cavernoso. Mediante esta técnica, además de un correcto estudio de los elementos vasculares, se continúan observando tanto las estructuras de partes blandas como las óseas.



**Figs. 113 y 114.** Estudio vascular mediante angio-RM de los diferentes segmentos de la carótida interna (superior) y del polígono de Willis (inferior). En la imagen superior se identifican los segmentos y el nivel teórico donde entra y sale de la base del cráneo (segmento petroso). En la imagen inferior es posible visualizar la carótida interna desde su abertura endocraneal hasta originar sus ramas distales que formarán parte del polígono de Willis (circulación cerebral anterior).

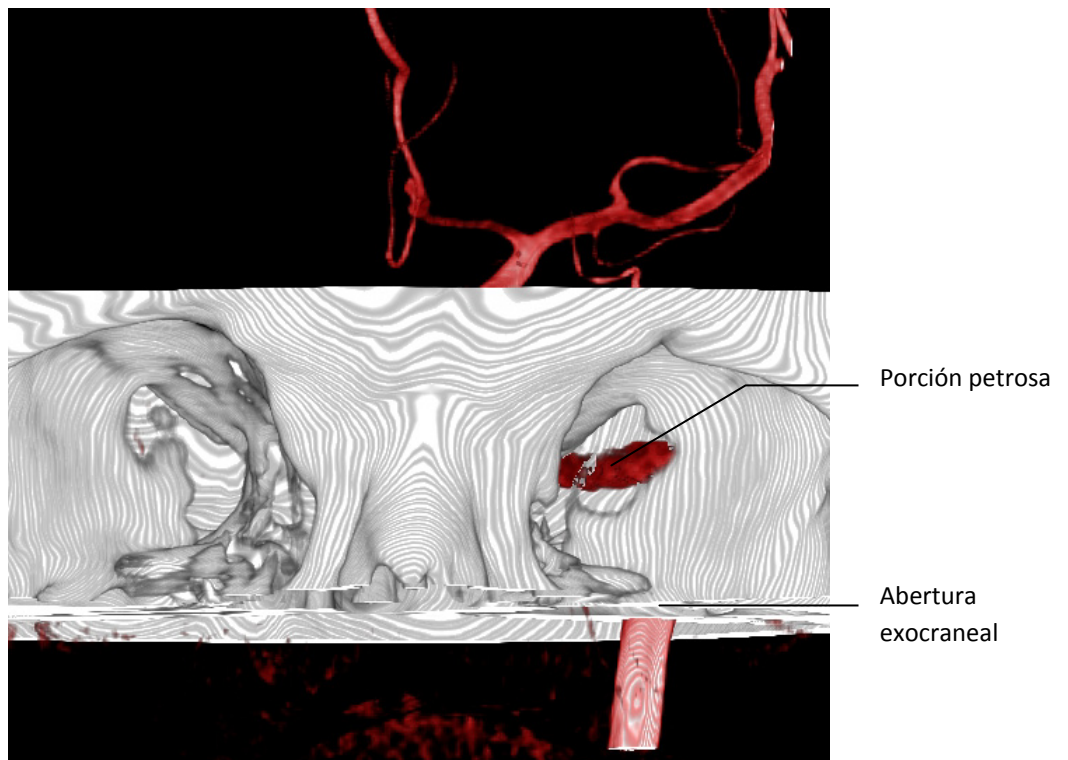
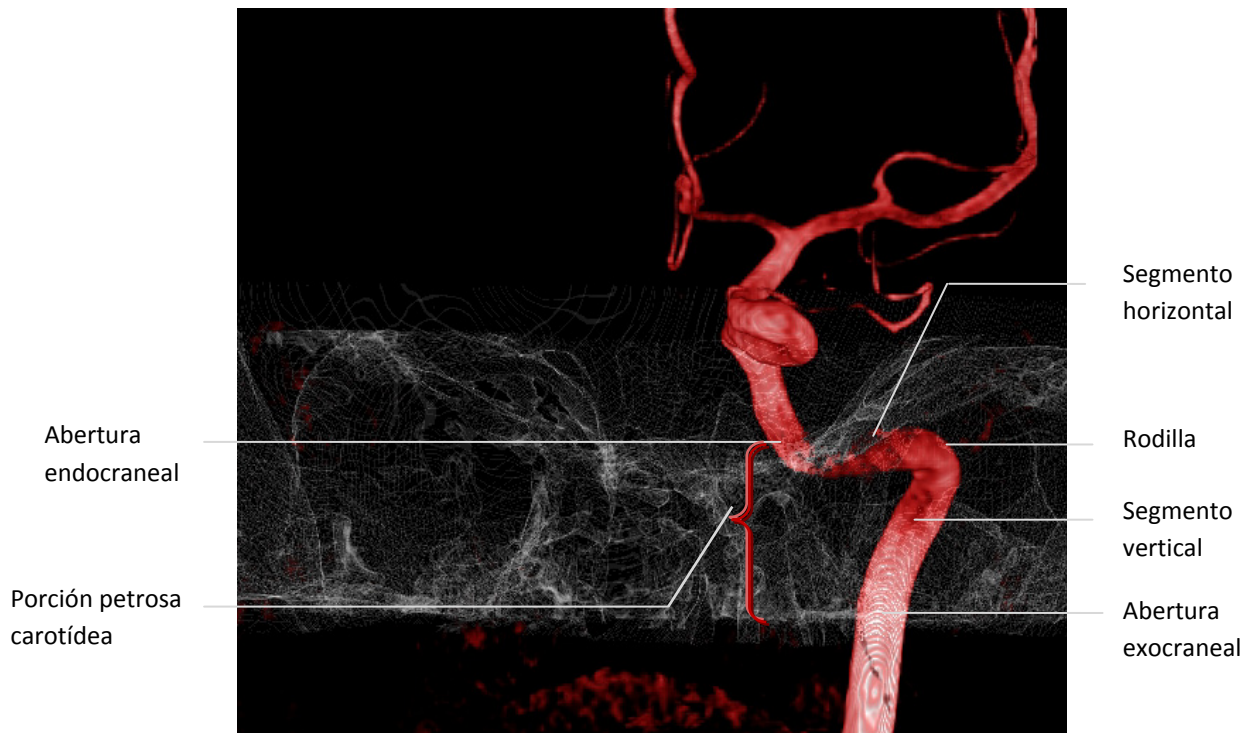


**Figs. 115, 116 y 117.** Imágenes de arteriografía selectiva de arteria carótida interna (figs. superior y centro) que ilustran sus diferentes segmentos intracraneales, la entrada y salida a través de la base del cráneo. La imagen inferior es una superposición vascular en 3D con TC, aplicación del angiógrafo utilizado. Incidentalmente se observa un aneurisma en la arteria cerebral anterior (círculo).

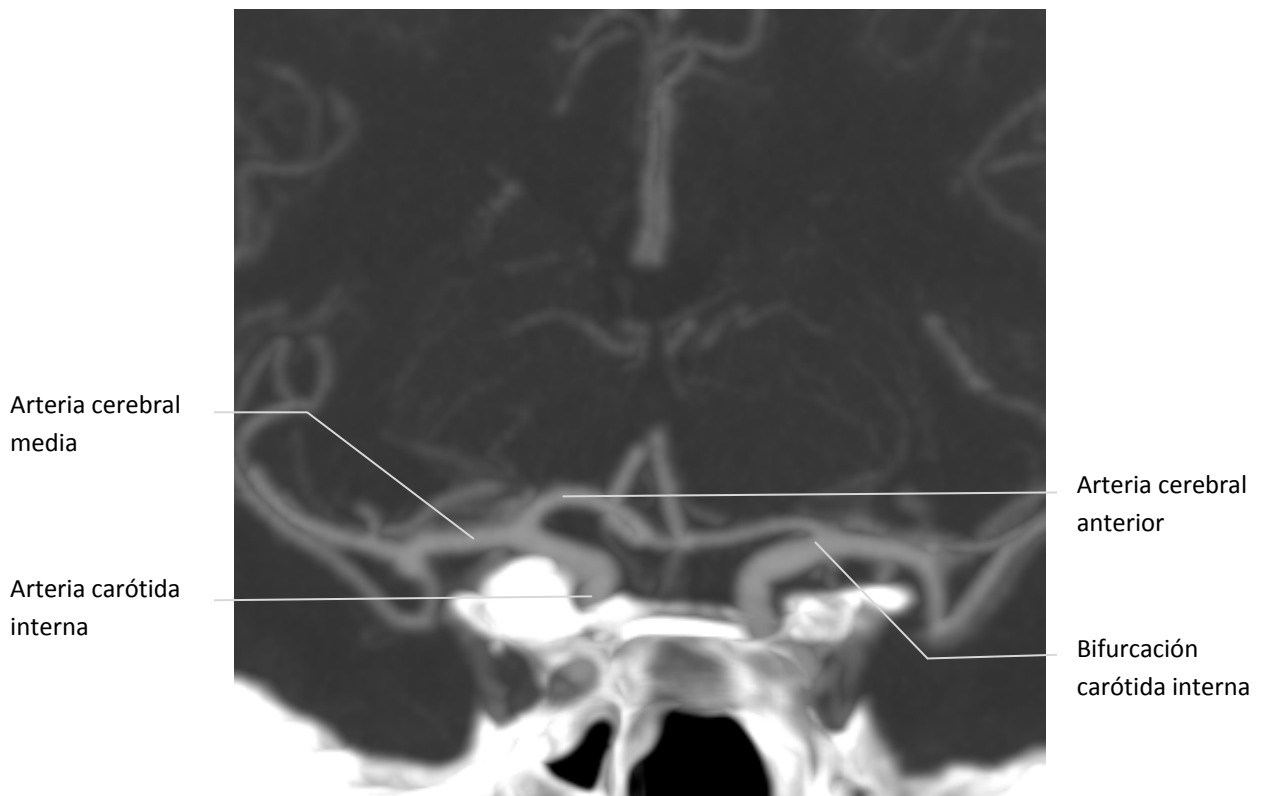
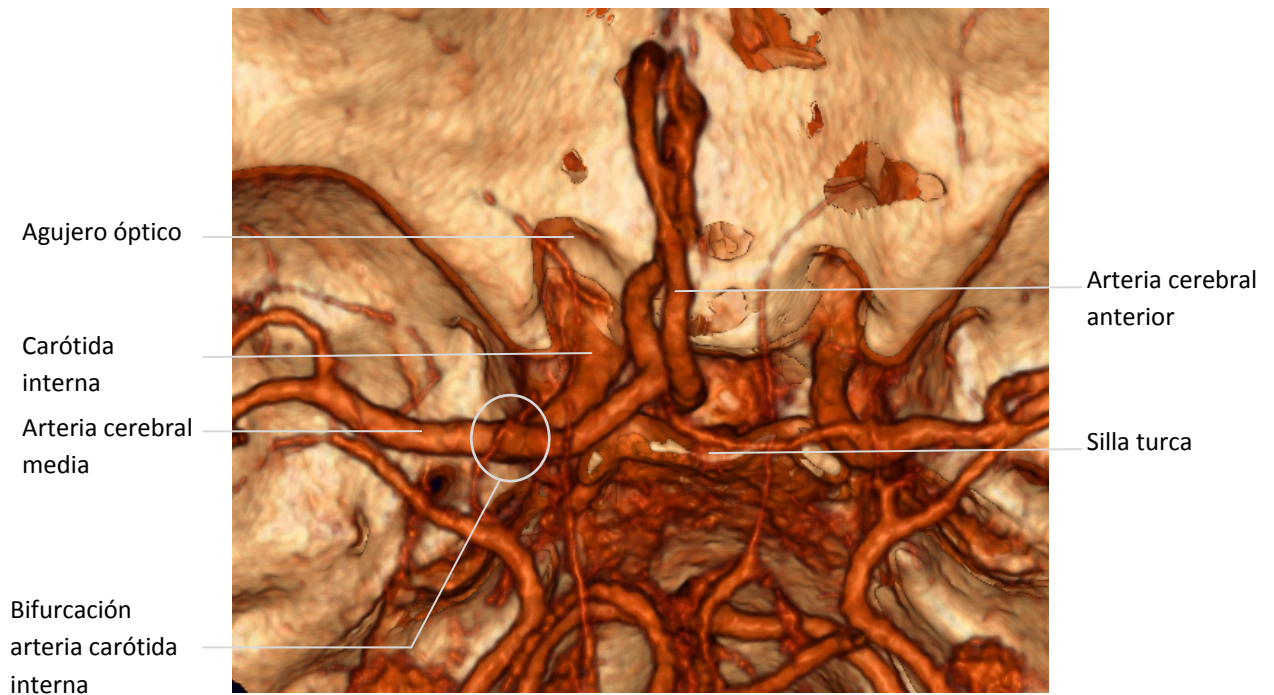


**Figs. 118 y 119.** Angiografías por sustracción digital de la carótida interna con reconstrucciones en 3D, que ilustran la entrada al conducto carotídeo, la porción petrosa que recorre, para posteriormente salir de este y recorrer los distintos segmentos cerebrales y distalmente formar parte del polígono de Willis.

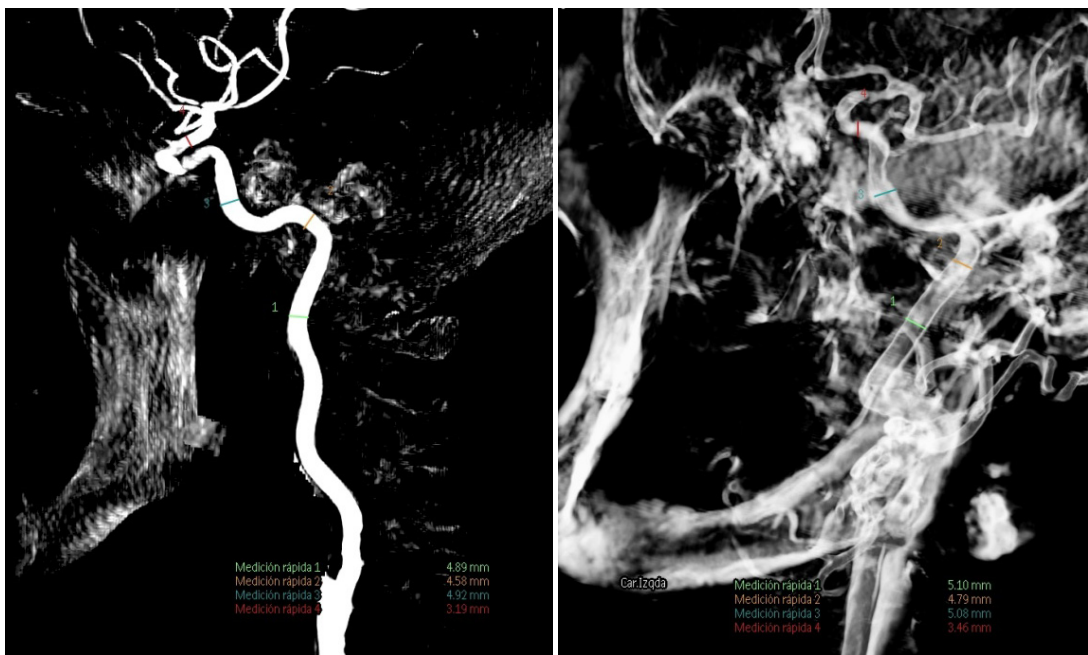
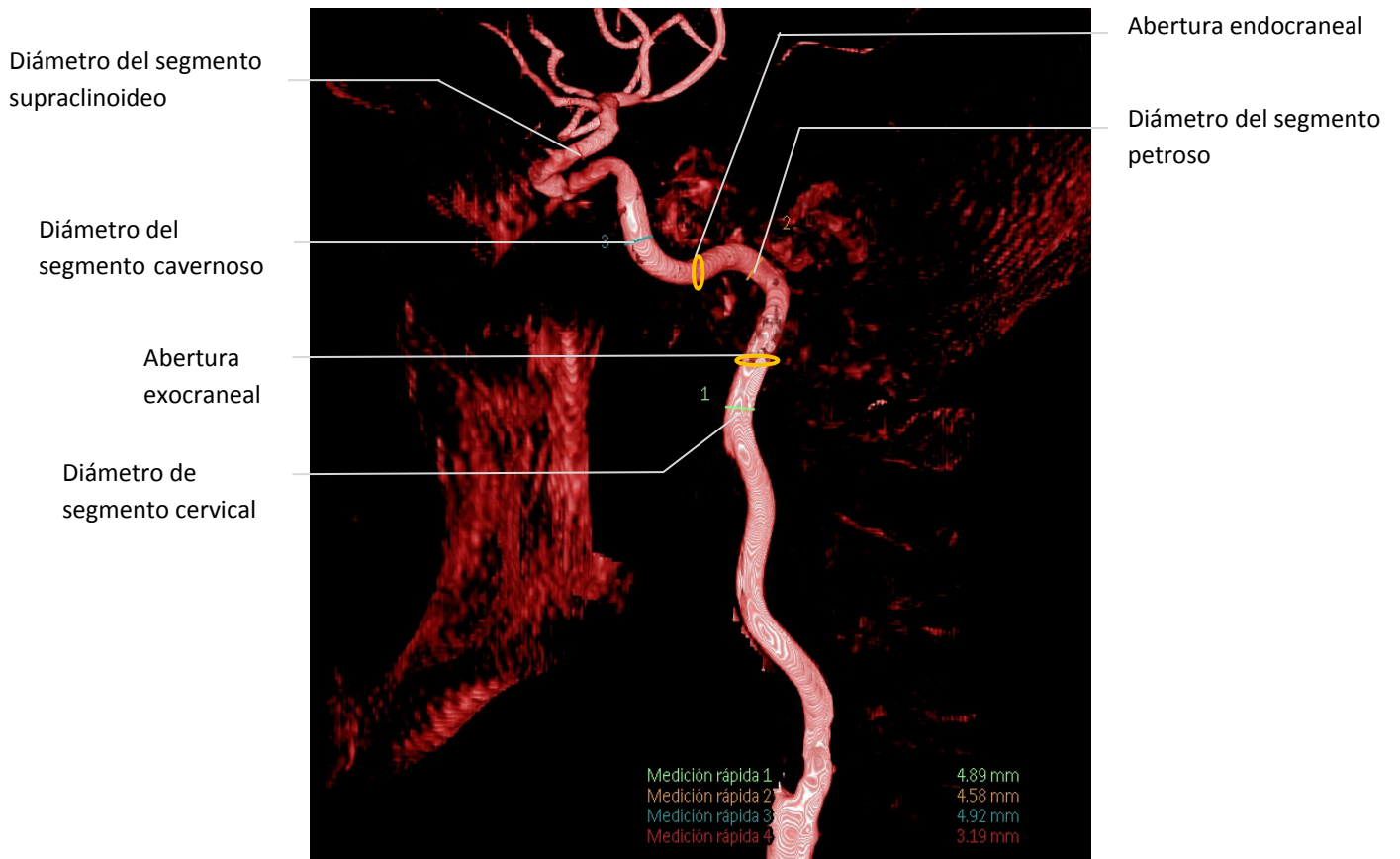




**Figs. 120 y 121.** Se muestran dos reconstrucciones en 3D de un estudio vascular mediante angiografía por sustracción digital, con superposición de imágenes de TC en proyección frontal, obtenidas en el mismo procedimiento y con el mismo angiógrafo, que ilustran el recorrido petroso de la arteria carótida interna, segmento que forma parte de la base del cráneo.



**Figs. 122 y 123.** Reconstrucciones 3D de TCMD en plano axial y con vista endocraneal (superior) y estudio vascular mediante técnica MIP, en proyección coronal (inferior), donde observamos la bifurcación intracerebral de la carótida interna. En las dos imágenes se observa de forma adecuada la bifurcación carotídea y sus diferentes ramificaciones. Ambas técnicas aportan datos fiables del estudio vascular cerebral.

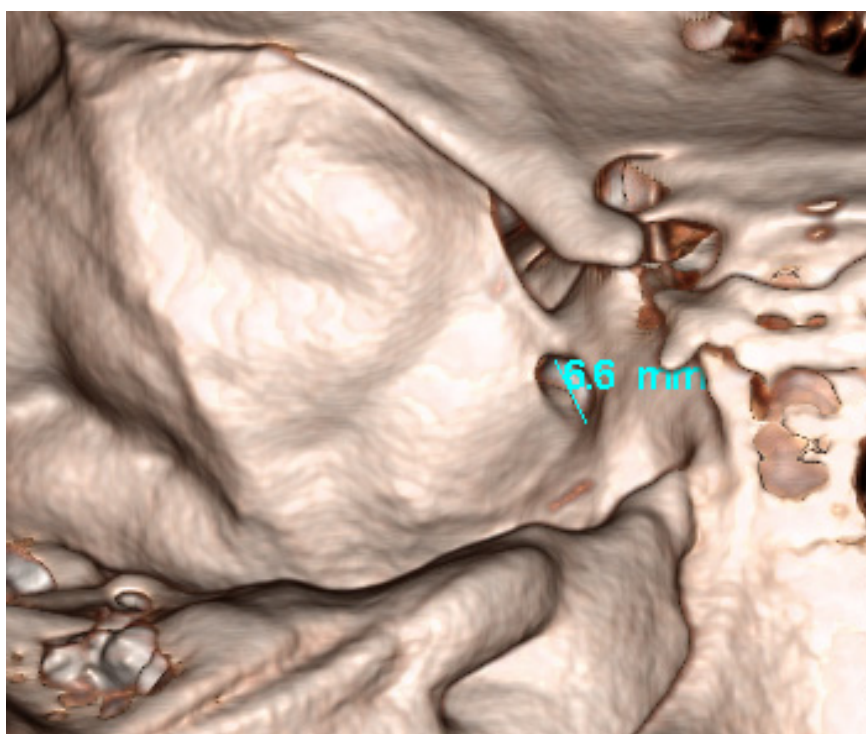
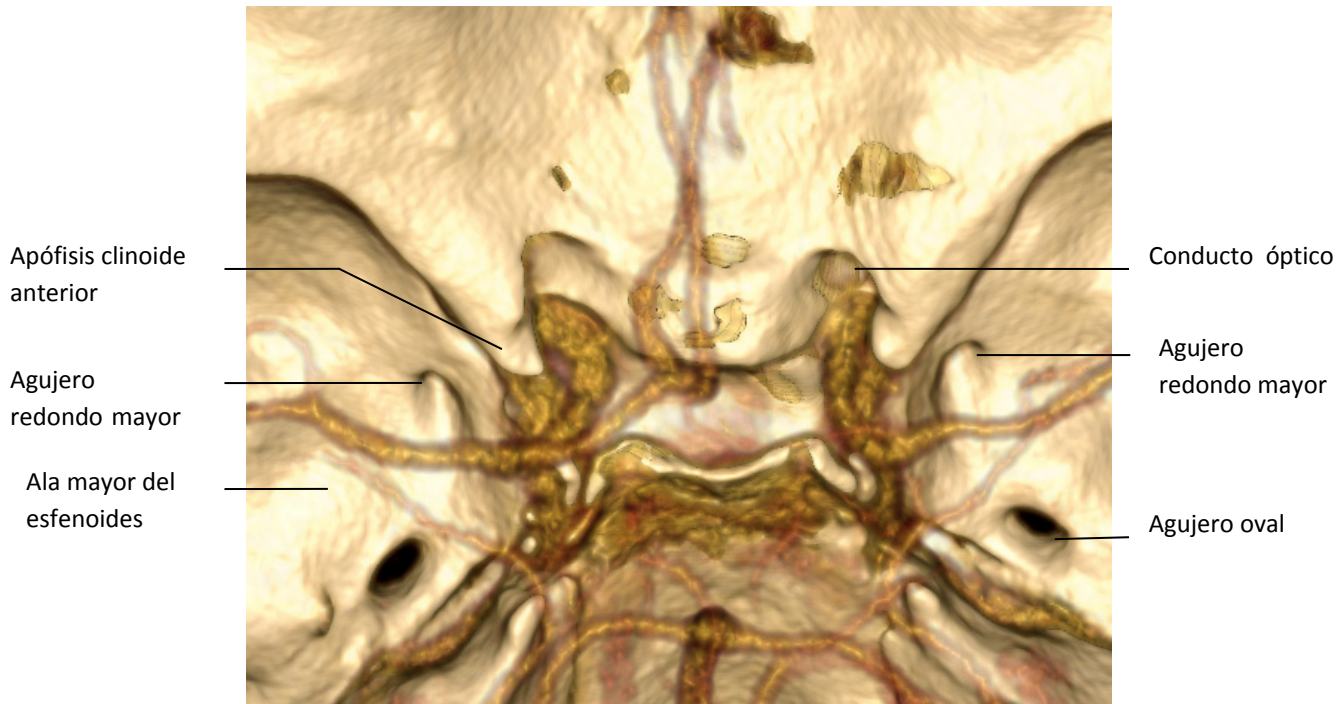


**Figs. 124, 125 y 126.** Estudio morfológico y morfométrico mediante reconstrucciones 3D de angiografía por sustracción digital de los diferentes segmentos de la arteria carótida interna. Mediante la realización de estos protocolos es posible obtener unos datos morfométricos de gran fiabilidad de las estructuras vasculares y de esta forma identificar cualquier cambio de calibre que sugiera patología. Obsérvese que a medida que la carótida interna avanza cranealmente, el cambio de calibre no es significativo, excepto en su segmento supraclinoideo donde ya ha salido la rama oftálmica.

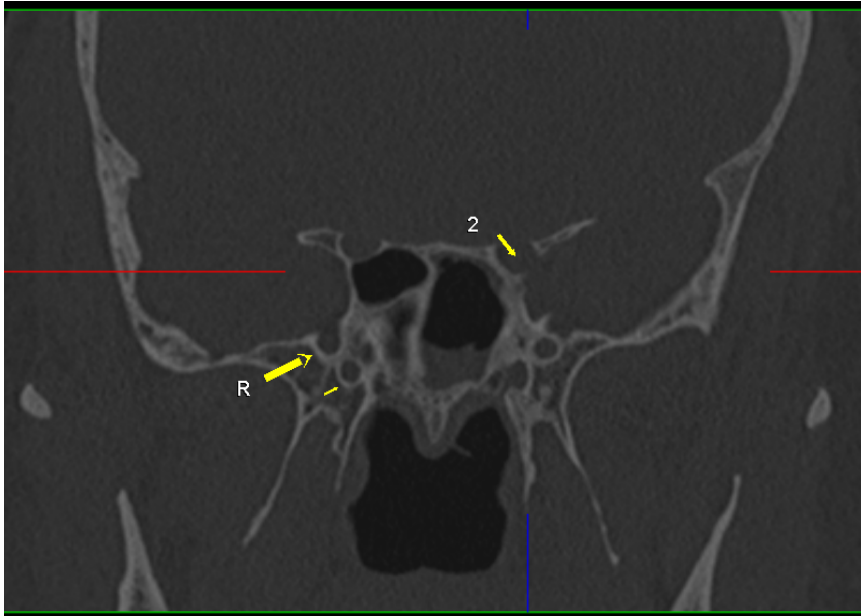
Para el estudio del conducto carotídeo y la carótida interna, como elemento que lo cruza, las tres técnicas que utilizamos en nuestro trabajo aportan datos significativos. Como hemos referido para otros detalles anatómicos anteriores, el TCMD es la técnica indicada para el estudio de la porción ósea, no obstante el estudio vascular es recomendado el mismo TCMD, con su variante angio-TC, la angio-RM y sobre todo la angiografía por sustracción digital, aclarando, que ésta es de mucho valor cuando queremos apreciar la luz vascular, debido a que mediante esta técnica no se identifican las estructuras adyacentes, aspecto que si es visualizado correctamente con TCMD y RM.

En el ala mayor del esfenoides y en forma de arco podemos encontrar otros agujeros de la fosa cerebral media: **el agujero redondo mayor** (figs. 127-130) localizado en la base del ala mayor del esfenoides, inferolateral a la hendidura esfenoidal. En imágenes axiales de TC se observa como un canal que bordea la pared del seno esfenoidal y conecta la fosa craneal media con la fosa pterigopalatina. En reconstrucción coronal se ve inferior y lateral a la hendidura esfenoidal. La pared medial del agujero suele ser la pared lateral del seno esfenoidal, pero en función del grado de neumatización de dicho seno puede encontrarse localizado en el interior del mismo. El agujero redondo mayor es atravesado por el nervio maxilar (V2) (figs. 131 y 132).

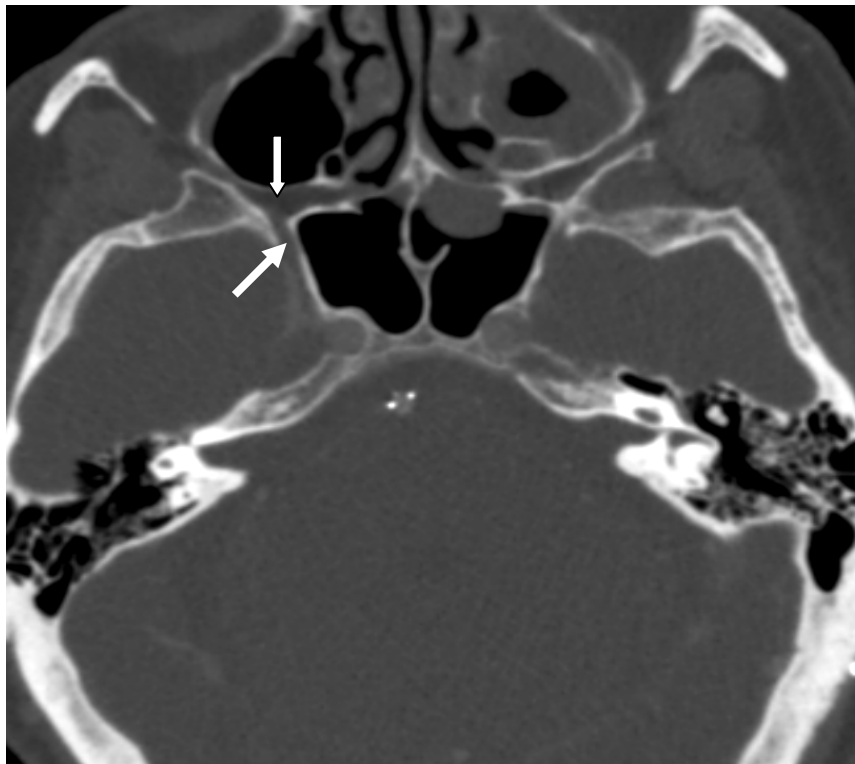
El agujero redondo mayor tiene un diámetro transversal medio de 5,2 +/- 1,8mm (fig. 128).



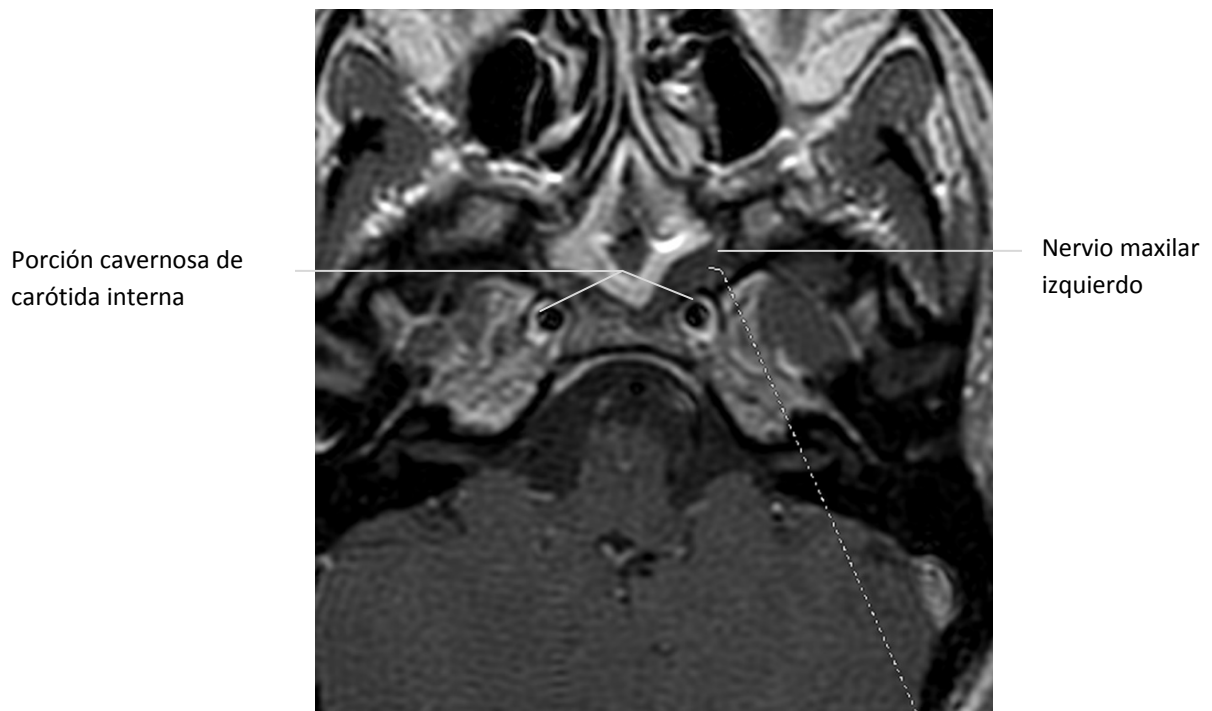
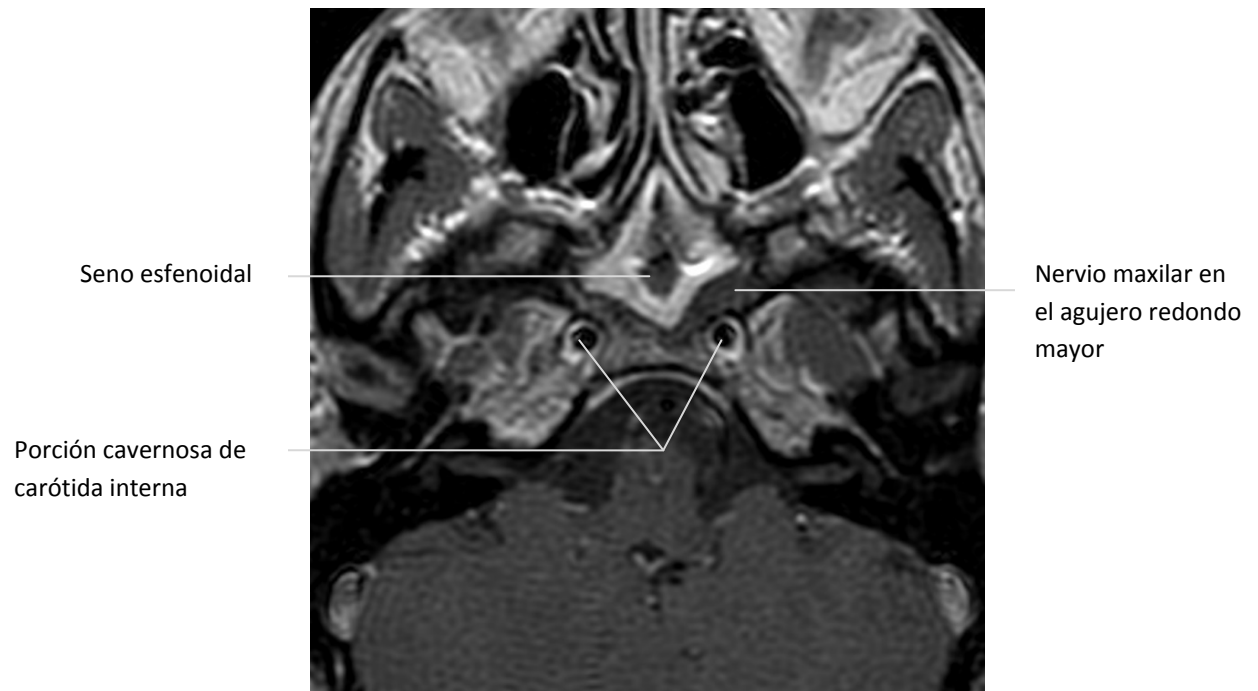
**Figs. 127 y 128.** Estudio mediante TCMD con reconstrucción en 3D a nivel de fosa cerebral media donde se aprecia el agujero redondo mayor y su relación con estructuras adyacentes. Se localiza en el ala mayor del esfenoides pósterolateral a la apófisis clinoides anterior y al conducto óptico, así como anterior al agujero oval. En la imagen inferior apreciamos una medición de este agujero.



**Fig. 129.** TC coronal con ventana ósea a nivel del agujero redondo mayor (R) muestra su relación con el conducto vidiano (flecha corta) en el cuerpo del esfenoides. Se ve el conducto óptico (2) justo en la zona medial de la apófisis clinoides anterior.



**Fig. 130.** TC axial que muestra el agujero redondo mayor (flecha inferior) al lado del seno esfenoidal, que comunica la fosa pterigopalatina (flecha superior) con la fosa craneal media. Incidentalmente se visualiza ocupación del seno maxilar izquierdo en relación a cambios inflamatorios.



**Figs. 131 y 132.** RM potenciada en T1 con contraste intravenoso, en incidencia axial donde observamos el nervio maxilar izquierdo a través del agujero redondo mayor, a la altura de la fosa cerebral media.

**El agujero oval y el agujero redondo menor** (figs. 133-139) se aprecian en la mayoría de los casos en el mismo corte de estudio, principalmente en proyecciones axiales y coronales.

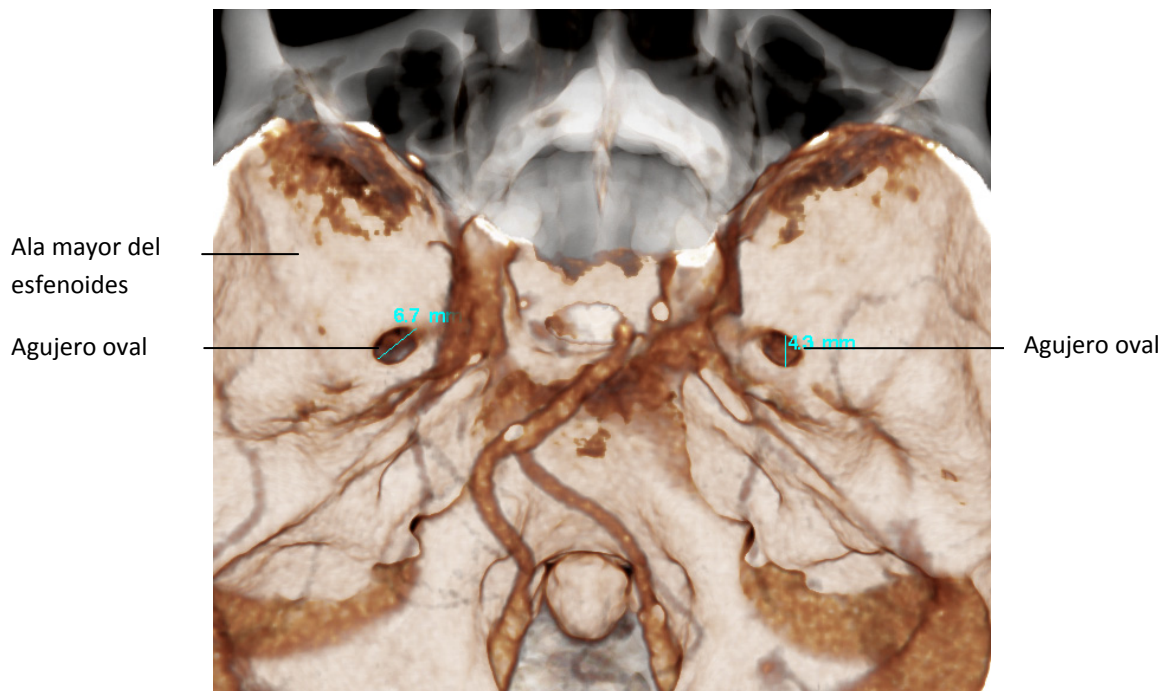
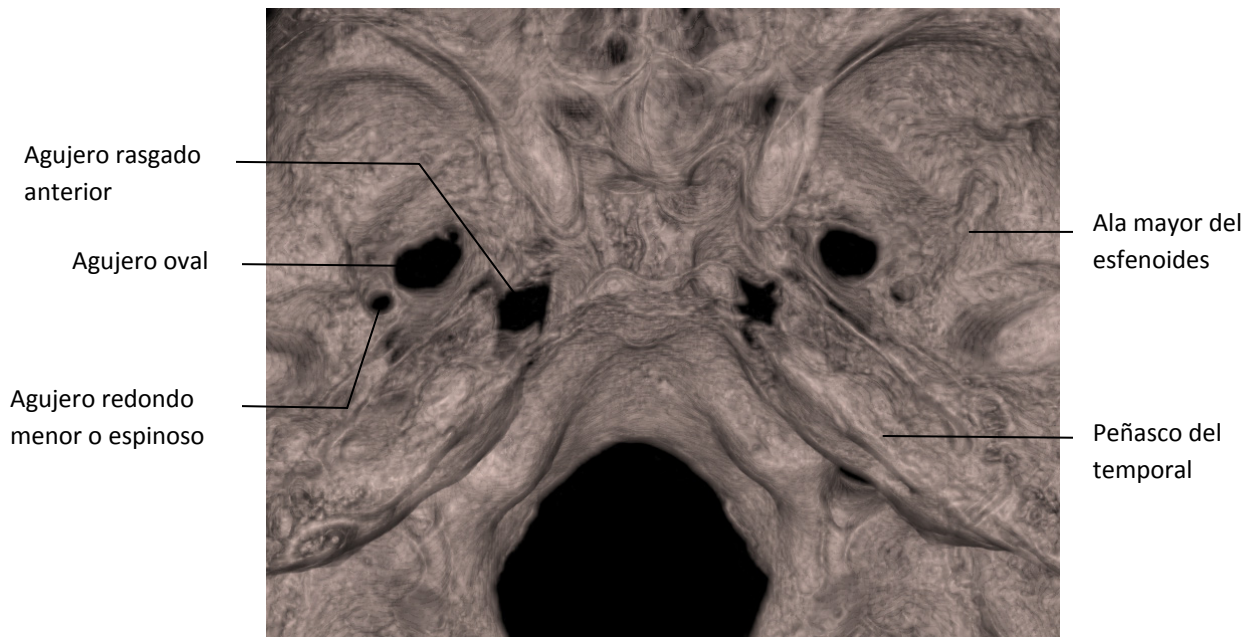
**El agujero oval** atraviesa la porción medial del ala mayor del esfenoides y conecta la fosa craneal media con la fosa infratemporal. Conduce la tercera rama del V par craneal o nervio mandibular (V3). En relación con las estructuras neurovasculares que atraviesan este agujero, se ha comprobado que cuando el agujero de Vesalio no existe la vena emisaria esfenoidal, que normalmente lo atraviesa, transcurre por el agujero oval. En nuestro estudio fue visualizado en todos los casos.

El tamaño del agujero oval suele ser variable resultando un diámetro mayor, que generalmente es el transverso, en torno a  $7,3 \pm 2,8$  mm y un diámetro anteroposterior de  $4,6 \pm 1,5$  mm (figs. 134, 136 y 138).

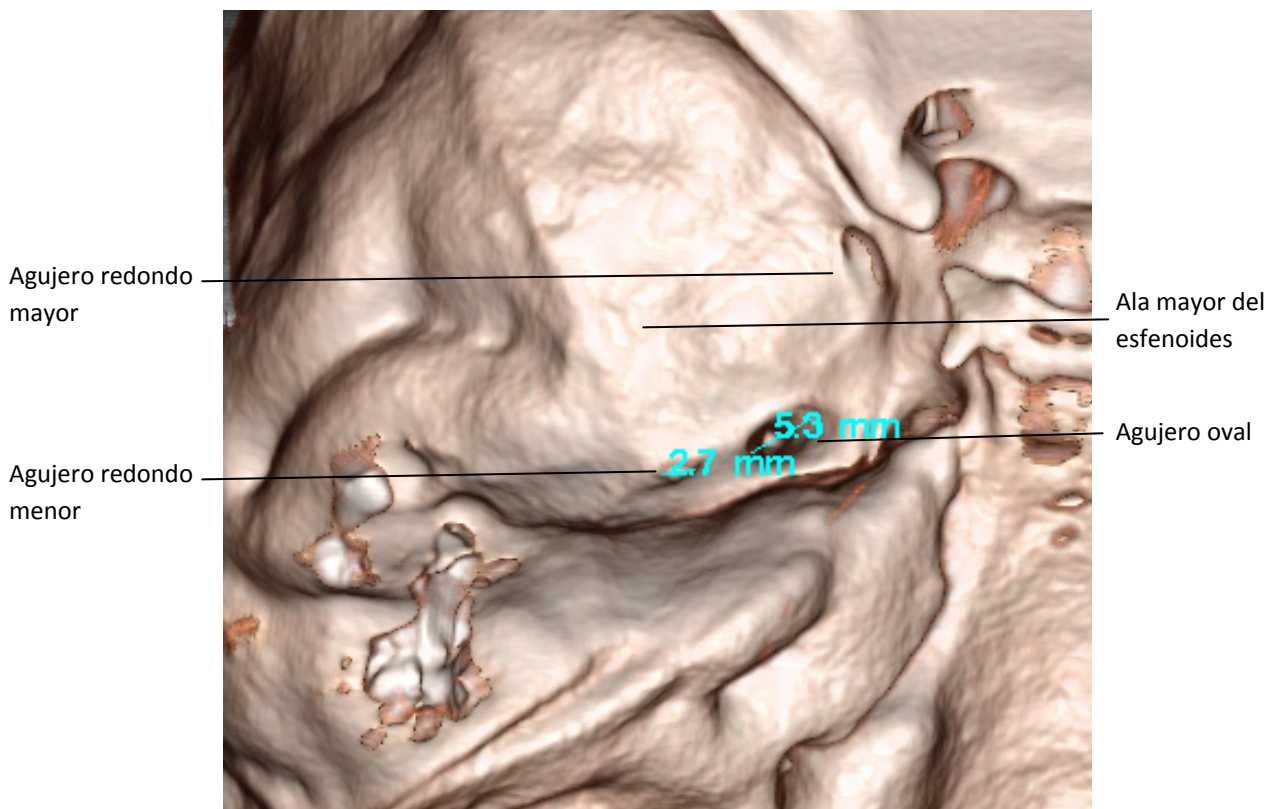
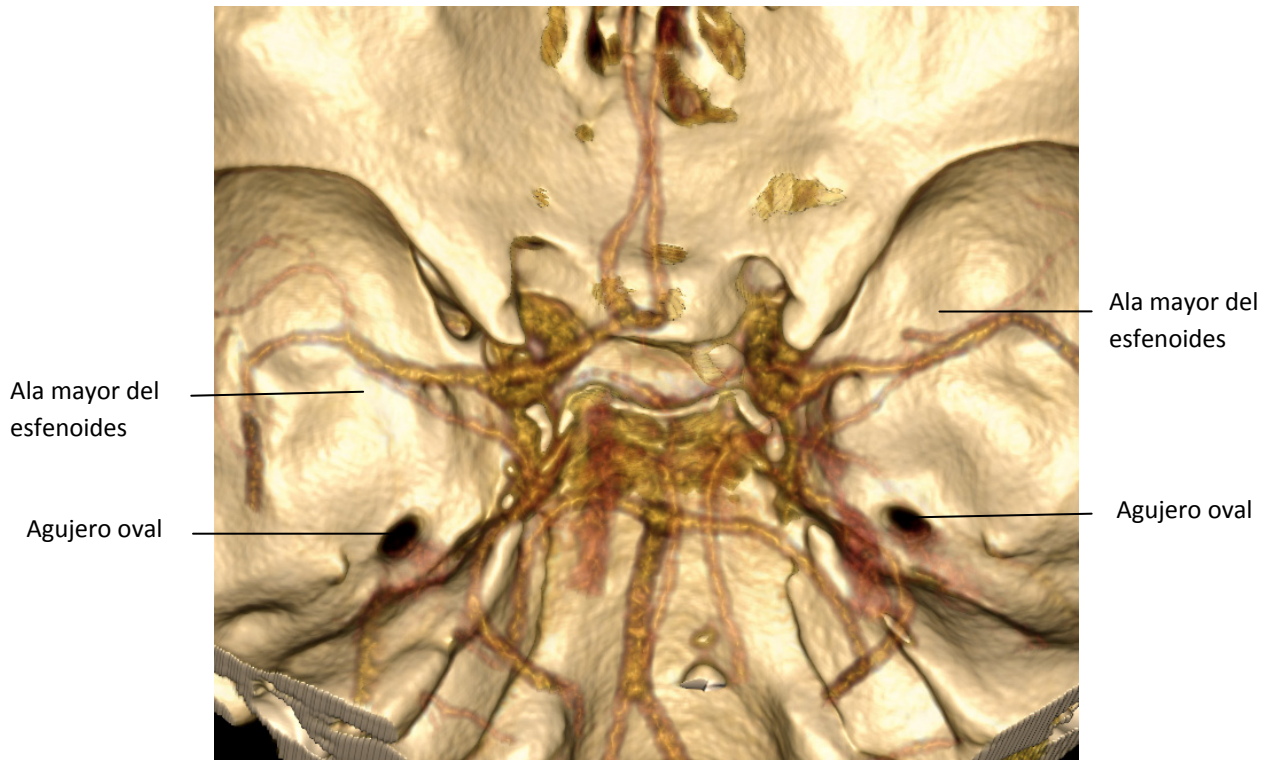
No observamos ninguna variante, como la ausencia del agujero oval, cambios en su localización o confluencias con el agujero menor, ausencia de la pared media ósea que supondría una comunicación con el agujero rasgado anterior.

**El agujero redondo menor**, se estudia en planos axiales, mediante TC como técnica radiológica de elección, y se localiza posteromedial en el ala mayor del esfenoides, por detrás y lateral al agujero oval (figs. 133, 136, 137 y 138). A su través pasa la arteria meníngea media (fig. 137), la vena meníngea media y la rama recurrente del nervio mandibular. Conecta la fosa craneal media con la fosa infratemporal, igual que el agujero oval. Presenta un diámetro transversal medio de unos  $2,2 \pm 0,8$  mm (fig. 136).

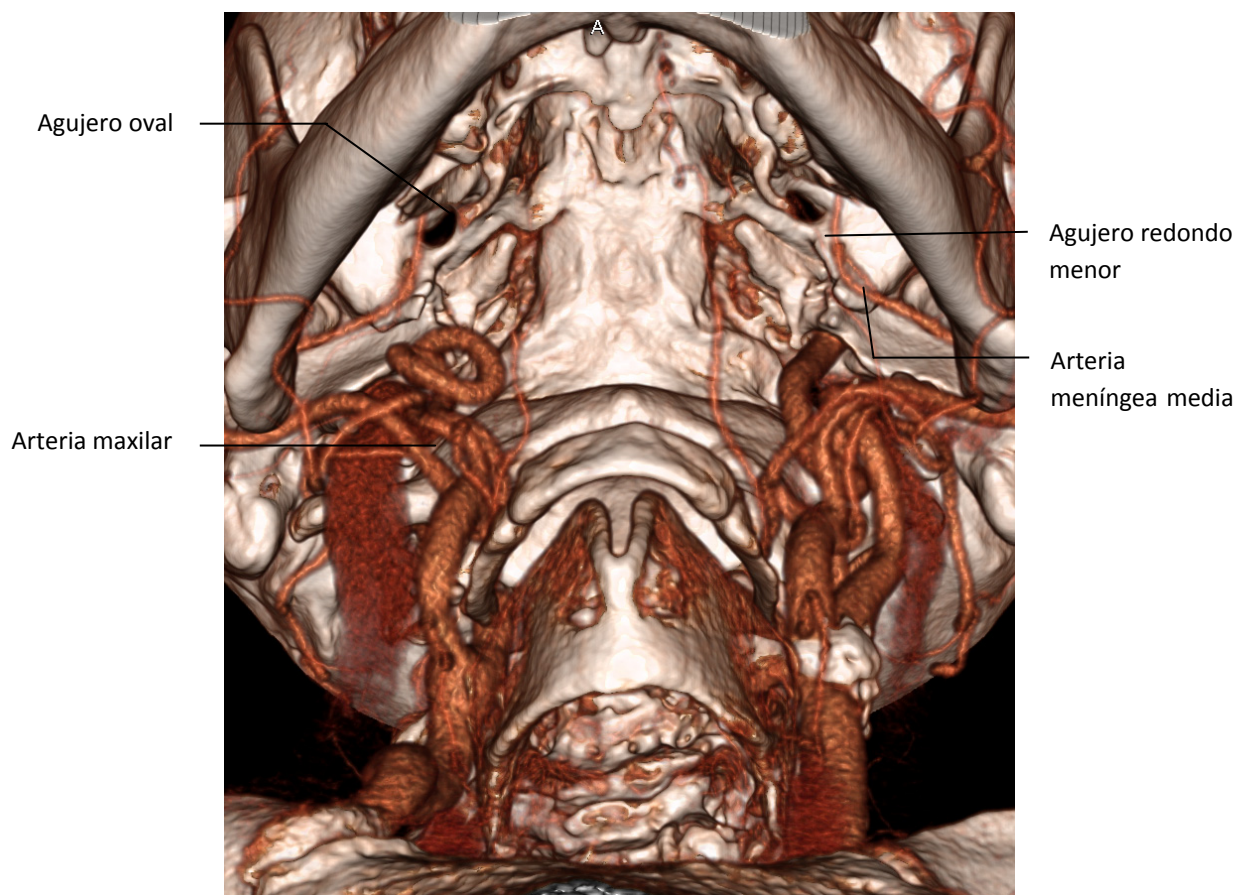




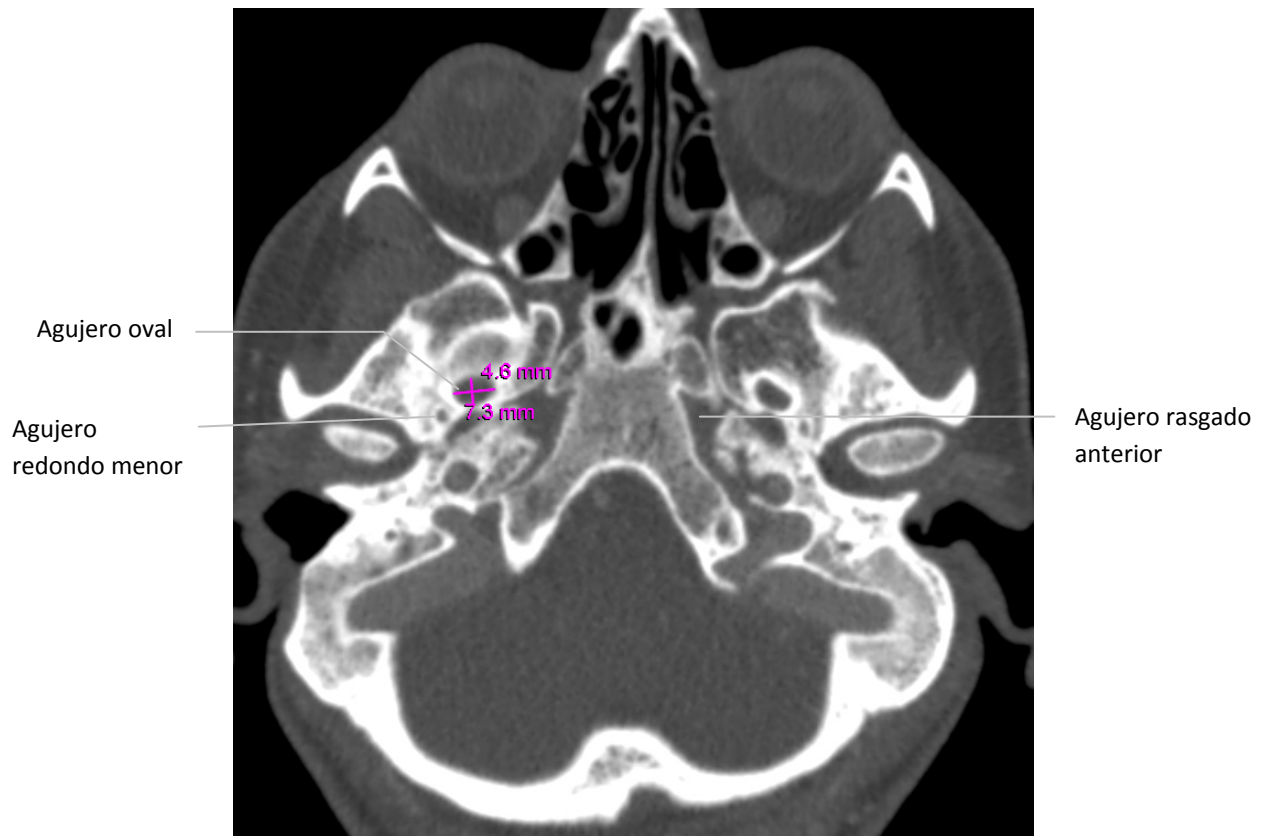
**Figs. 133 y 134.** Reconstrucciones 3D de TCMD, en plano axial, con una visión endocraneal que demuestran la morfología y localización de los agujeros oval y redondo menor (superior) ubicados en el ala mayor del esfenoides, en íntima relación uno con el otro y laterales al agujero rasgado anterior. En la imagen inferior se observa una medición en el plano transverso y ánteroposterior del agujero oval, la herramienta métrica de nuestra estación de trabajo nos aporta una medición fiable de esta estructura ósea.



**Figs. 135 y 136.** Reconstrucciones de TCMD en 3D con visión axial y endocraneal a nivel del agujero oval y redondo menor, localizados en el ala mayor del esfenoides. En la imagen inferior se observa el estudio morfométrico de ambos agujeros.

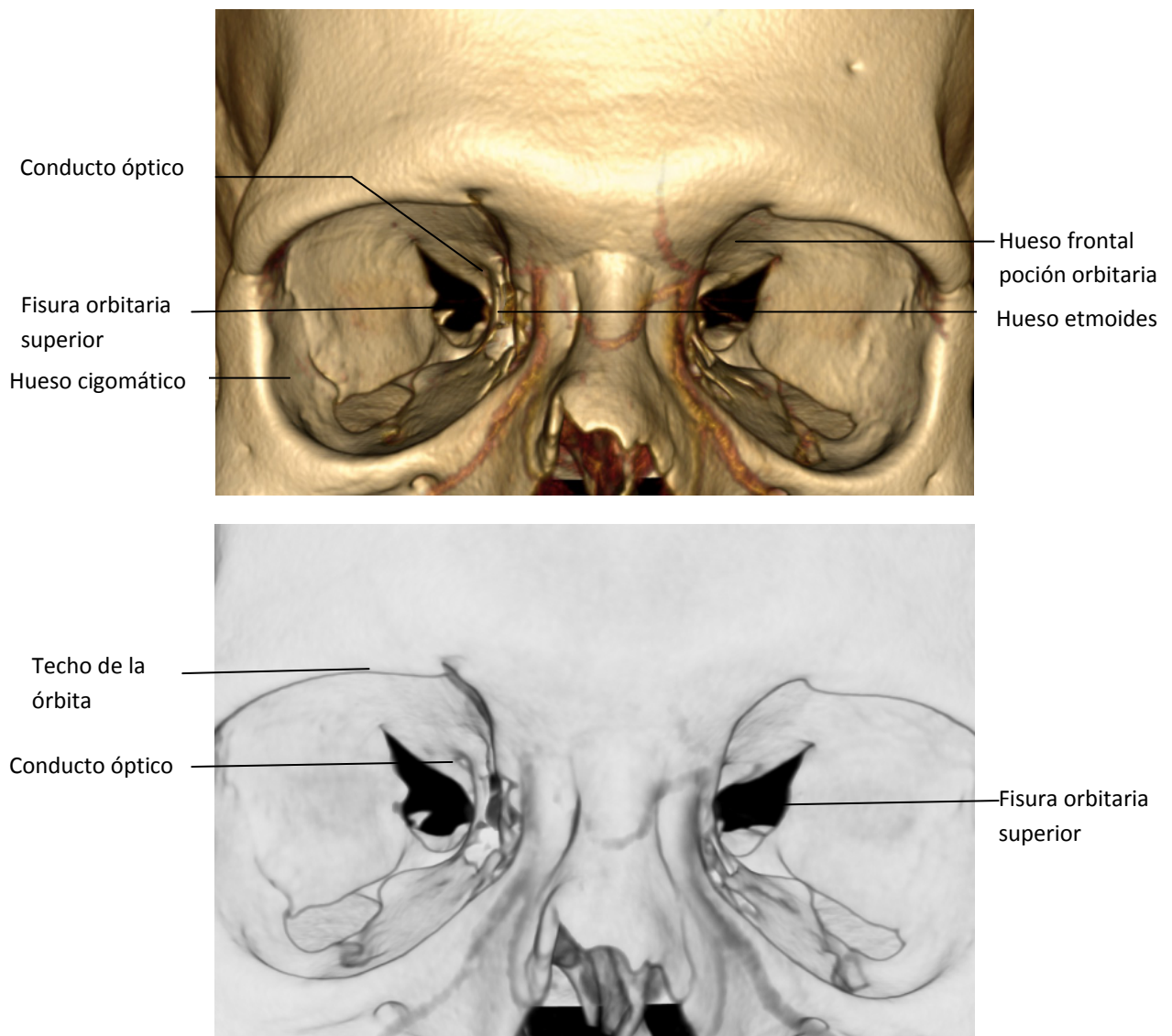


**Figs. 137.** Reconstrucción vascular y ósea de TCMD en 3D con visión exocraneal que ilustra el agujero oval y redondo menor localizados en el ala mayor del esfenoides. En esta imagen de alta resolución y ampliada es posible identificar la entrada de la arteria meníngica media, rama de la arteria maxilar (carótida externa), a través del agujero redondo menor.

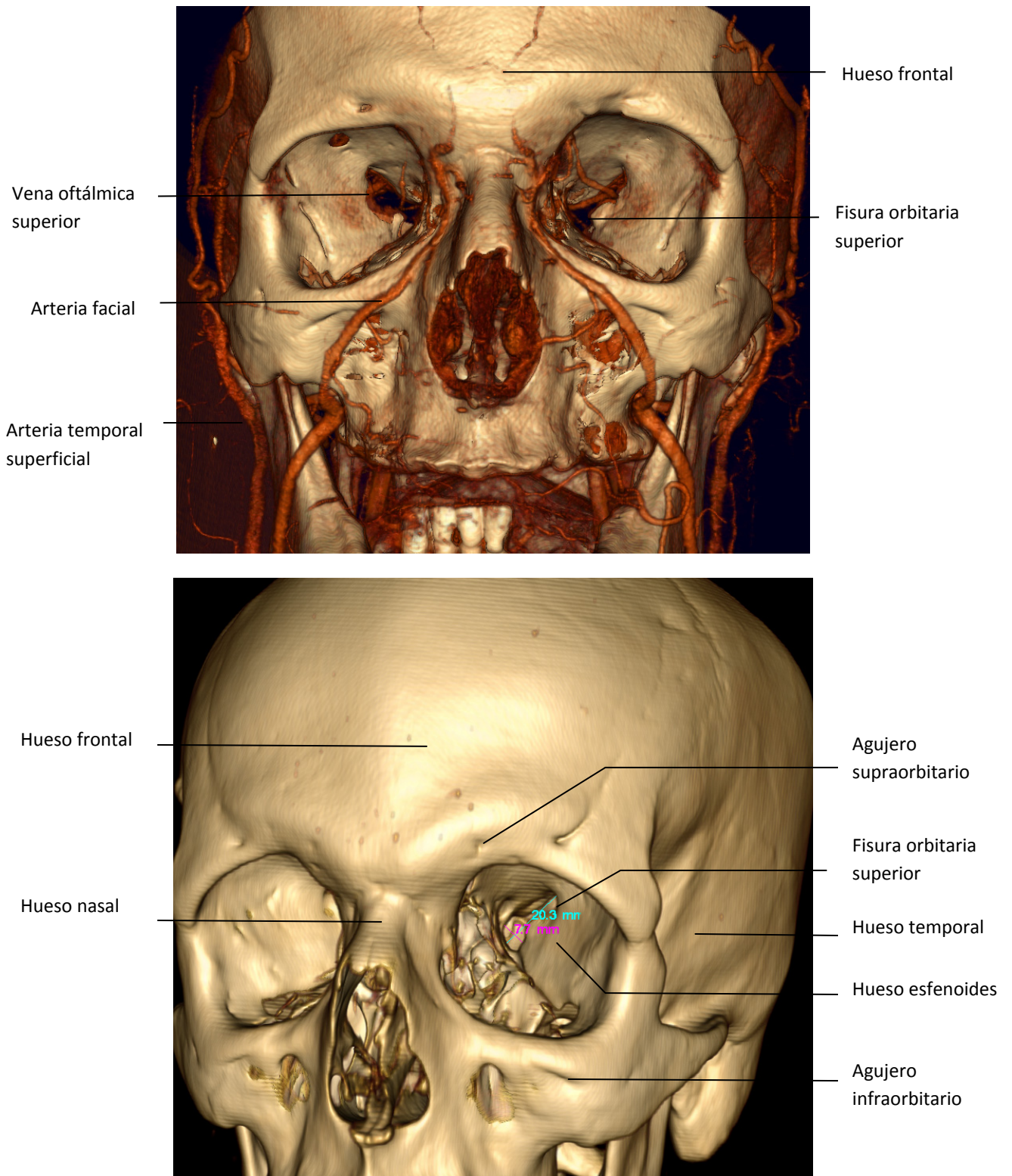


**Figs. 138 y 139.** Estudio mediante TCMD, ambos con diferentes ventanas óseas en plano axial (superior) y coronal (inferior) a través de la base del cráneo en la que se puede identificar el agujero oval y su relación con el agujero redondo menor, por donde pasan el nervio mandibular (V3) y arteria meníngea media respectivamente. Este agujero es visualizado adecuadamente tanto en proyección axial como en coronal.

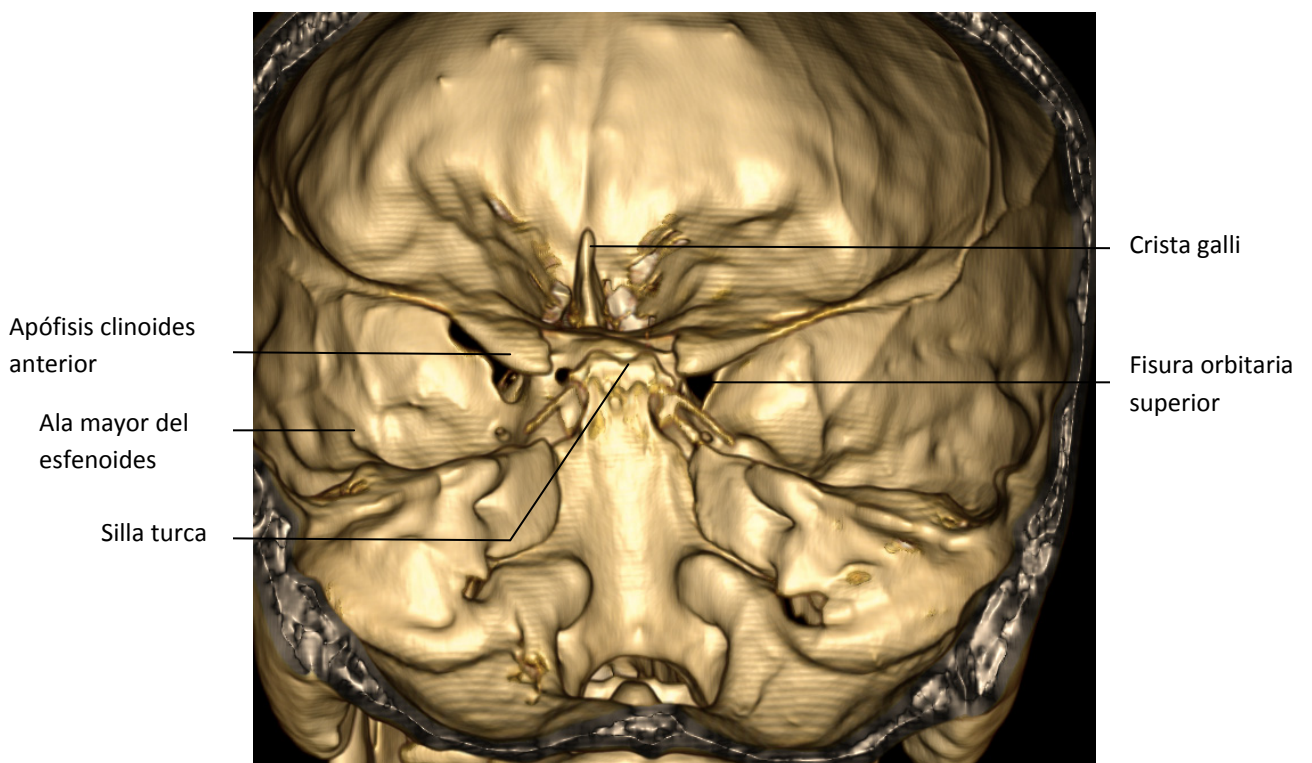
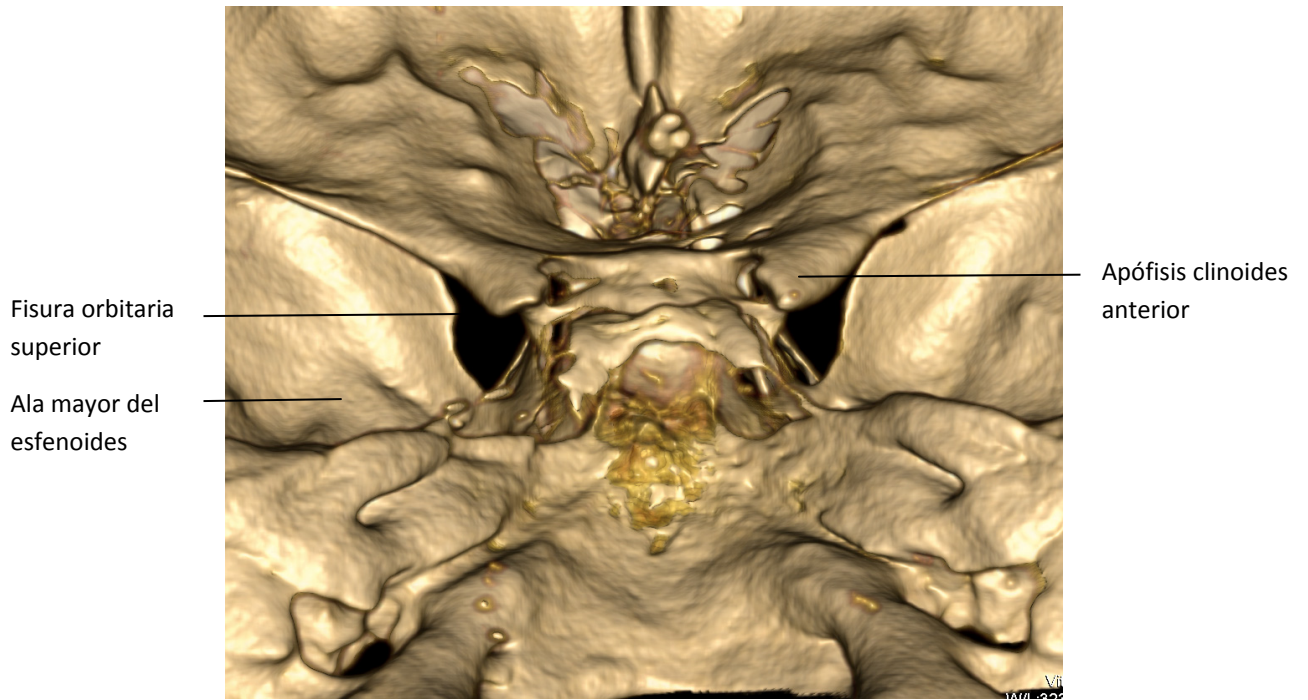
En la parte más anterior, entre las alas mayores y menores del esfenoides, inferolateral al conducto óptico está la fisura orbitaria superior (figs. 140-147) con unas medidas de 22,2 +/- 4,1 x 7,5 +/- 2,7 mm de diámetros longitudinal y ánteroposterior respectivamente (fig. 143). Contiene el nervio motor ocular común (III), nervio troclear (IV), nervio motor ocular externo (VI), nervio oftálmico (V<sub>1</sub>) y vena oftálmica superior (figs. 148 a la 161).



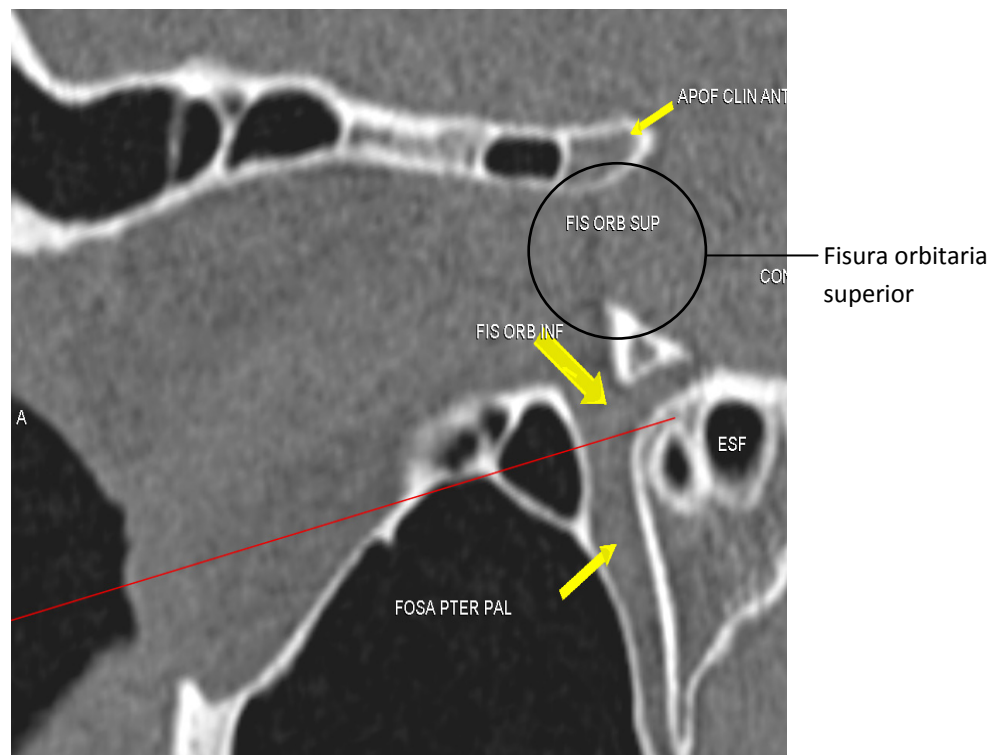
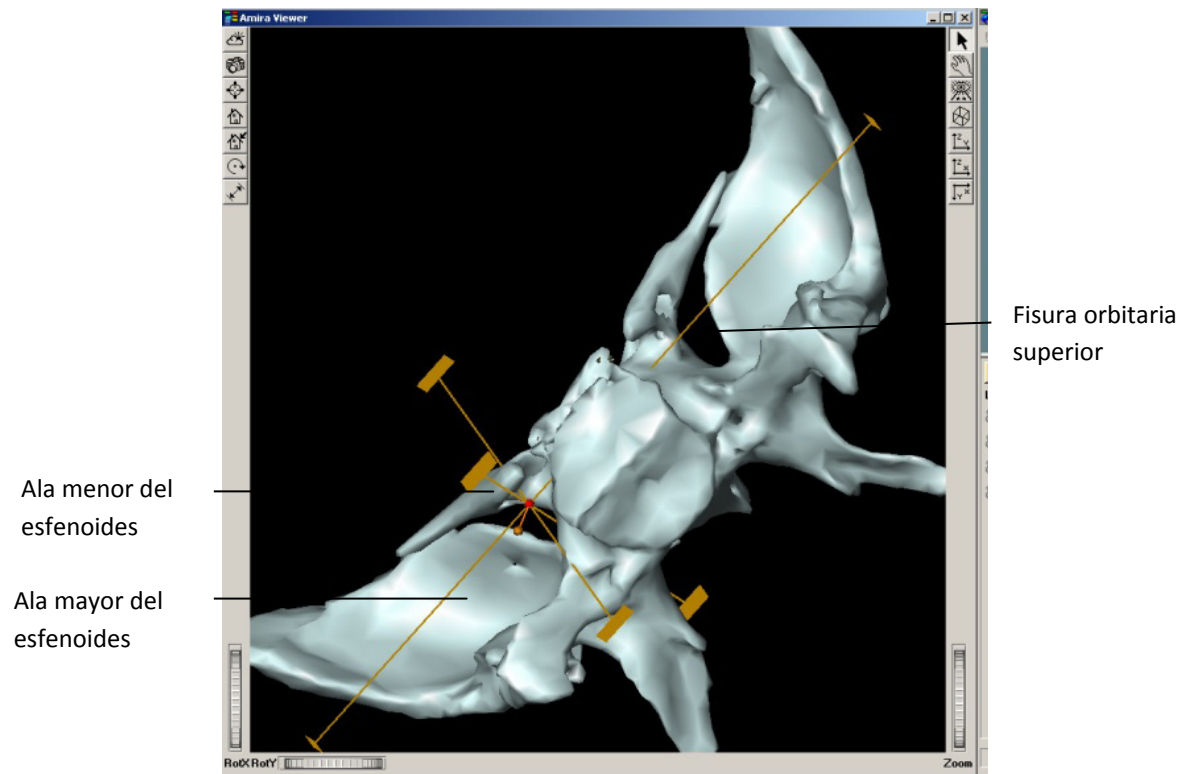
**Figs. 140 y 141.** Reconstrucciones de TCMD en 3D que ilustran la fisura orbitaria superior desde una visión exocraneal-frontal y su relación con el resto de las estructuras óseas. Adyacente a ésta y en localización superior y medial se encuentra el conducto óptico que dará paso al nervio óptico y a la arteria oftálmica.



**Figs. 142 y 143.** Estudio de cráneo mediante TCMD con reconstrucciones 3D con protocolo de hueso-vascular, visión exocraneal-frontal (superior) y oblicua derecha (inferior) que ilustran de forma clara la fisura orbitaria superior, ubicada entre las alas mayores y menores del esfenoides. En la primera imagen se aprecia la vena oftálmica superior atravesando la fisura orbitaria superior. En la imagen inferior se observa la morfometría de dos diámetros de la misma.

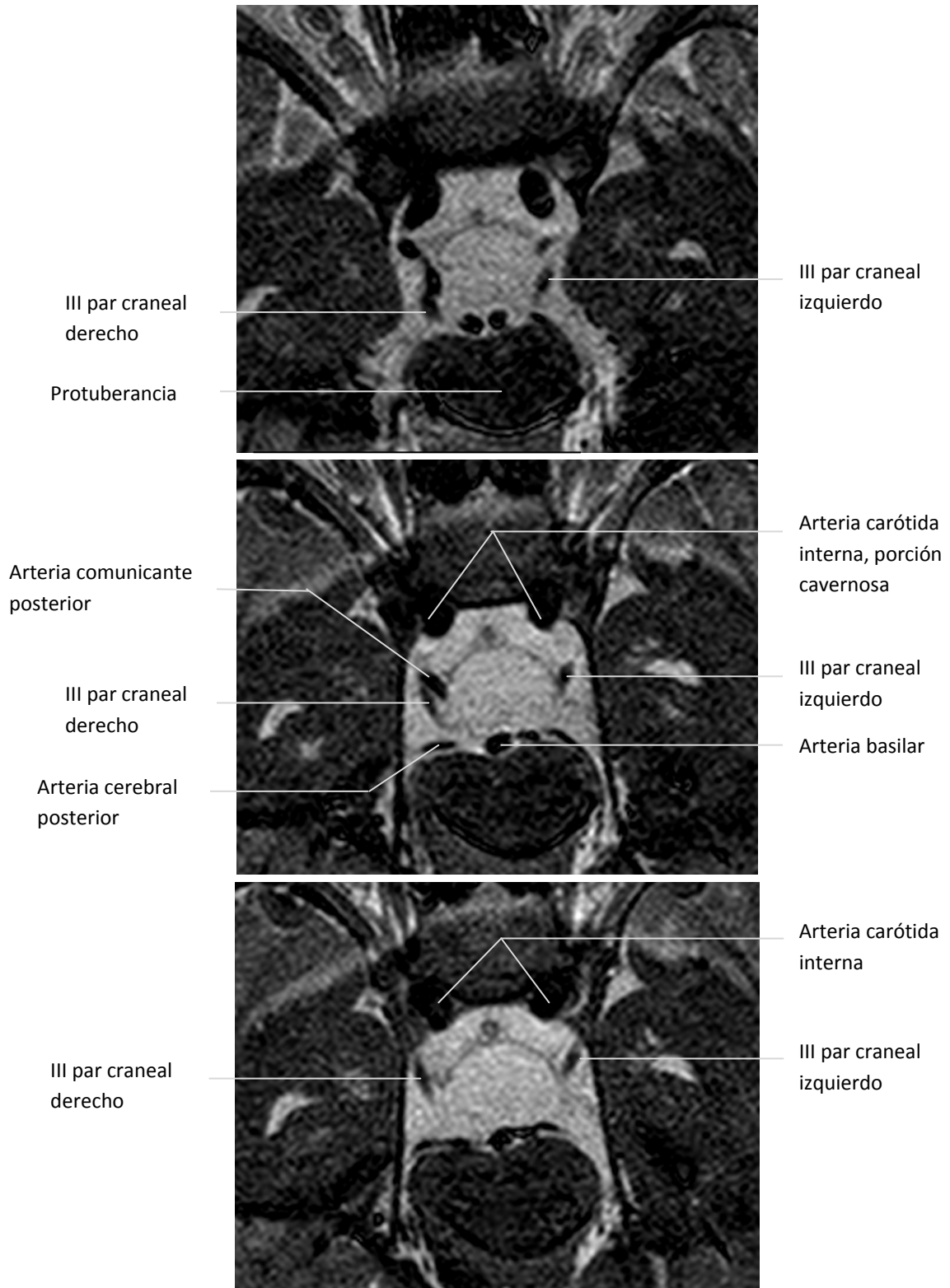


**Figs. 144 y 145.** Estudio de TCMD con reconstrucciones 3D con protocolo de hueso, visión endocraneal y vista desde la parte posterior, donde se observa la fisura orbitaria superior. En estas dos imágenes se aprecia su localización entre las alas mayores y menores del esfenoides, prácticamente en los límites entre la fosa cerebral anterior y media. Las apófisis clinoides anteriores se encuentran superiores a la misma.

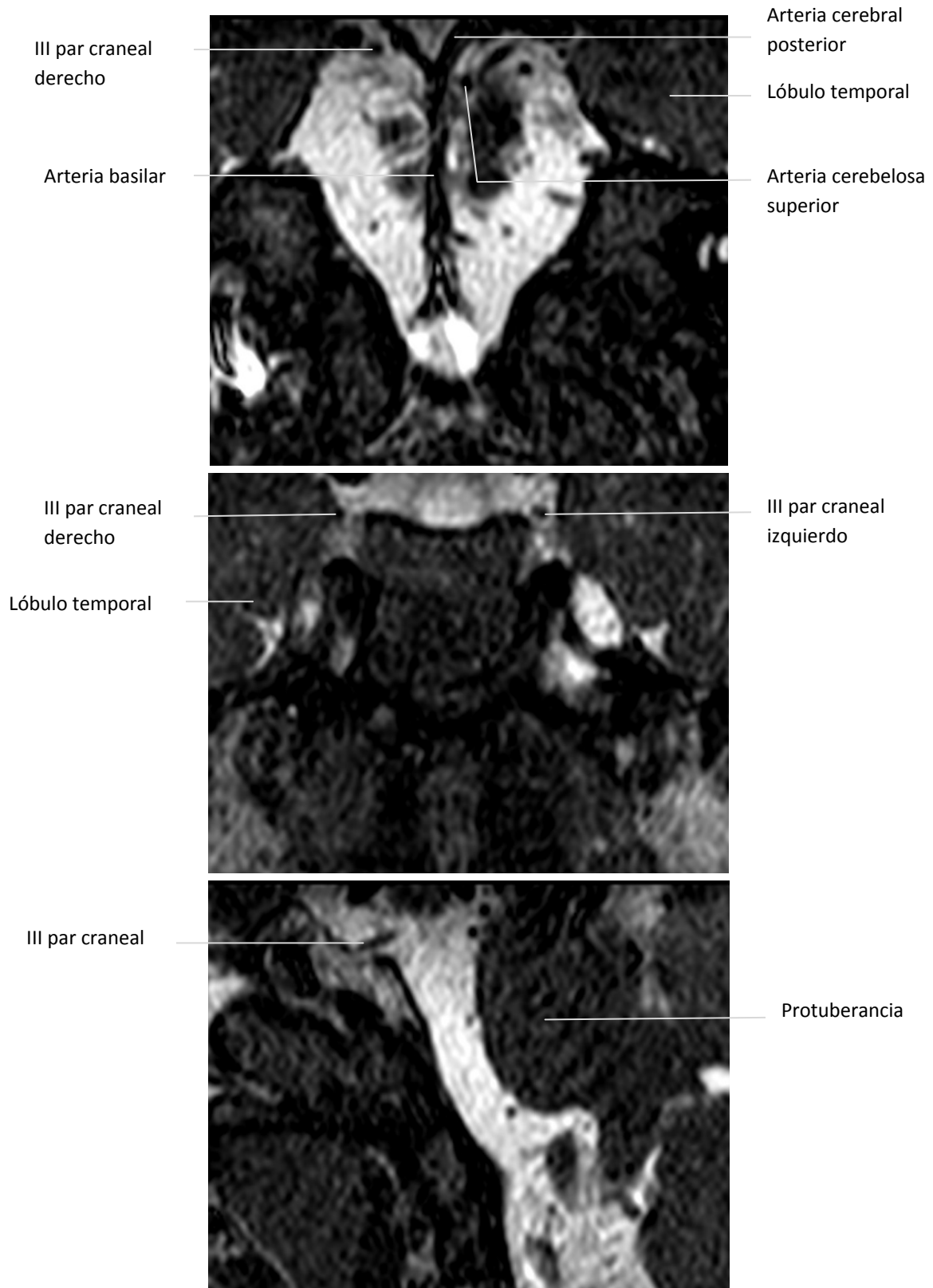


**Figs. 146 y 147.** Reconstrucción del hueso esfenoides mediante el software Amira (superior) y TC sagital con ventana ósea que muestran la fisura orbitaria superior entre las alas mayores y menores del esfenoides.

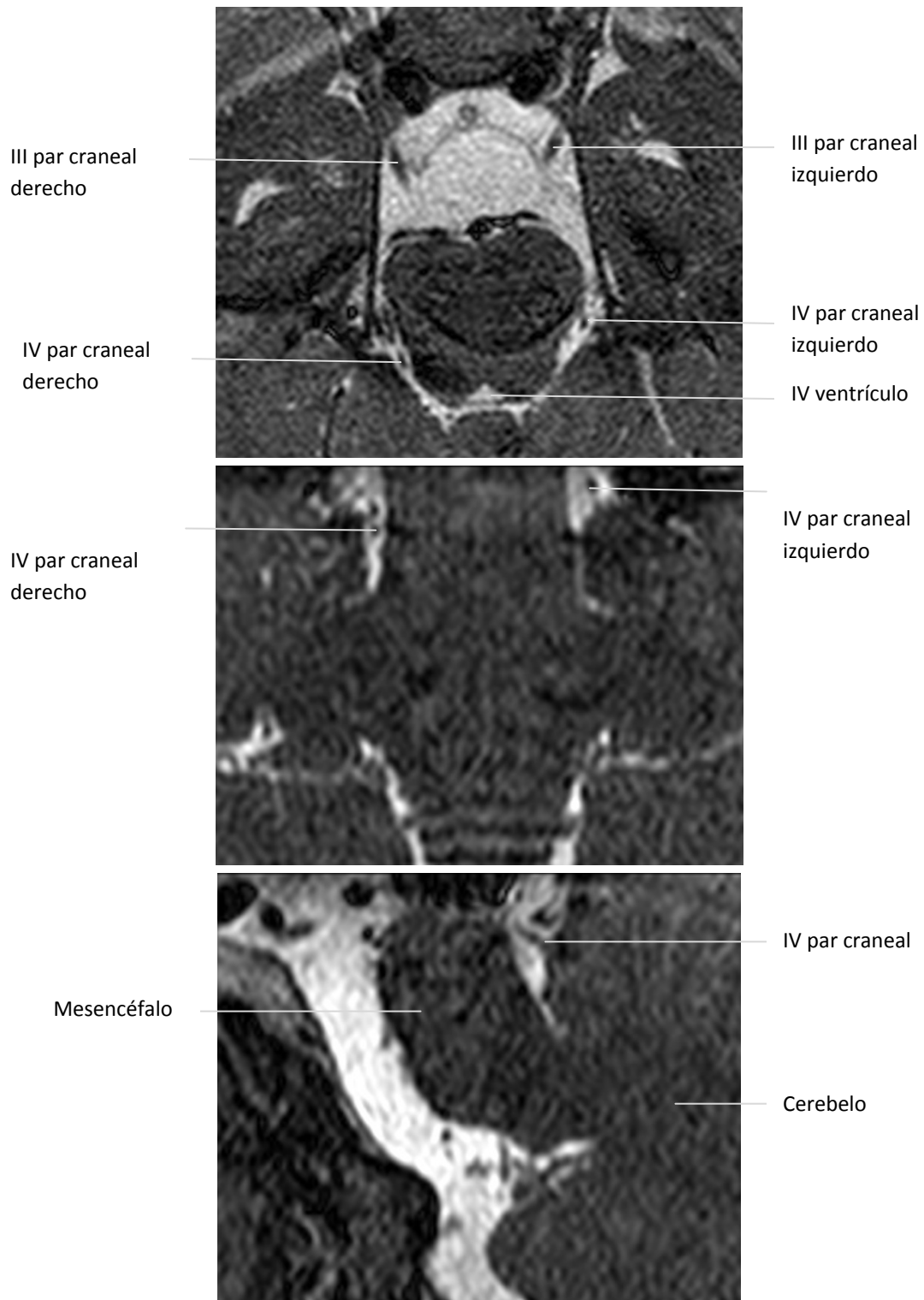




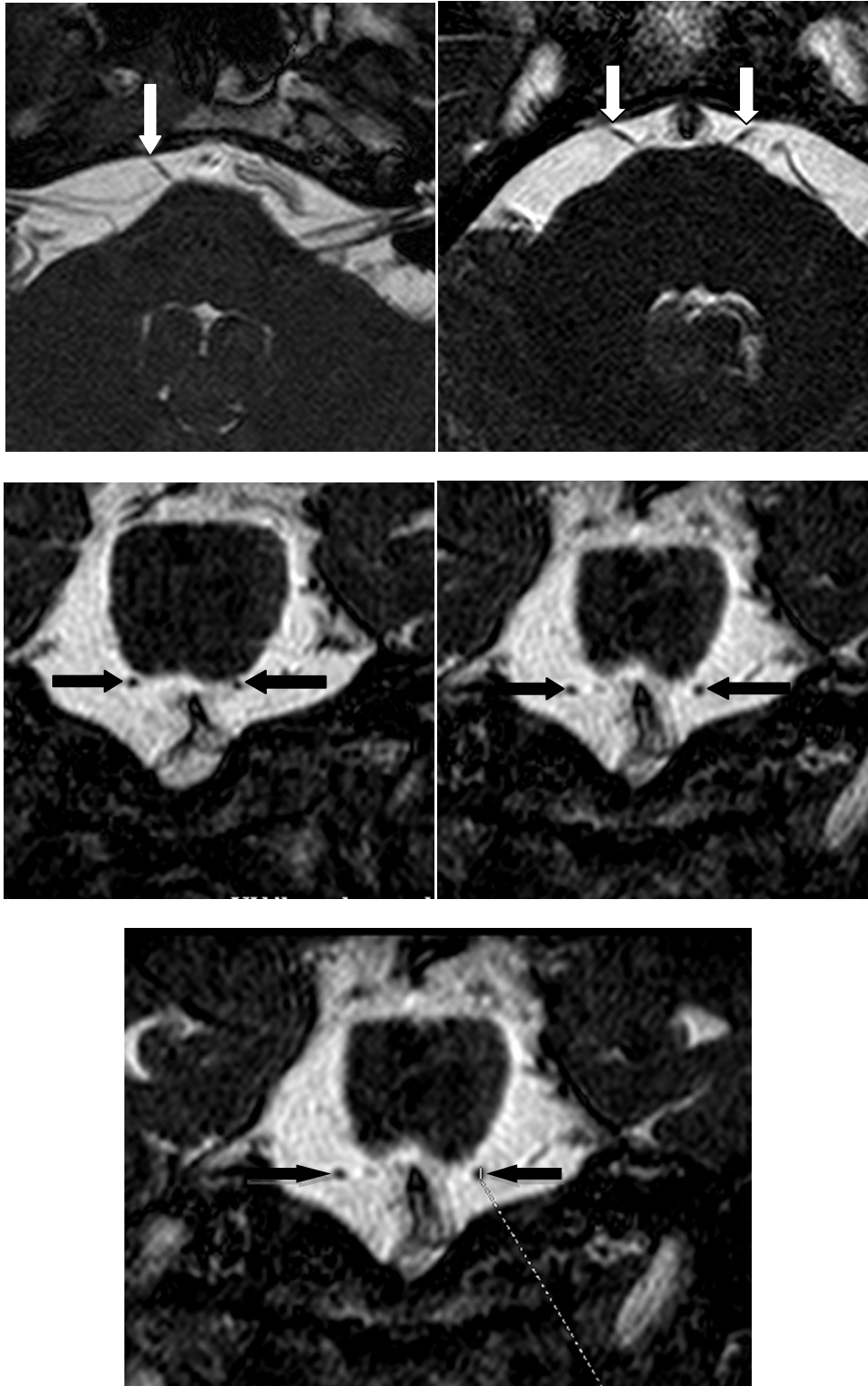
**Figs. 148, 149 y 150.** Imágenes de RM potenciadas en T2 (FIESTA), en incidencias axiales presentadas de superior a inferior, que demuestran el recorrido cisternal del nervio motor ocular común (III par craneal), posterior al seno cavernoso. Este nervio cursa a través de la cisterna prepontina inferolateral a la arteria comunicante posterior (centro). Mediante esta secuencia (FIESTA) es posible identificar adecuadamente los pares craneales, debido a que aporta una alta resolución espacial y a su alta potenciación en T2.



**Figs. 151, 152 y 153.** Imágenes de RM potenciadas en T2 (FIESTA) en incidencias coronales (superior y centro) y sagital (inferior) donde observamos adecuadamente el nervio motor ocular común en su recorrido cisternal. En la imagen superior podemos apreciar que este par craneal cursa entre la arteria cerebral posterior y la arteria cerebelosa superior. Una dilatación aneurismática de estas arterias puede provocar sintomatología por compresión de este par craneal.



**Figs. 154, 155 y 156.** Imágenes de RM potenciadas en T2 (FIESTA), en incidencia axial (superior), coronal (centro) y sagital (inferior) centrada a nivel de mesencéfalo, donde podemos observar el IV par craneal (nervio troclear) en su recorrido cisternal en la base del cráneo. Distalmente este nervio craneal cruza la fisura orbitaria superior. Es visualizado mediante esta secuencia, por su alta potenciación en T2 y el empleo de cortes finos. Este par craneal tiene dos características anatomorradiológicas que lo diferencian de los demás, es el único que emerge por la cara posterior del tronco encefálico y que después de dejar el tronco cerebral, se decusa con el nervio contralateral.



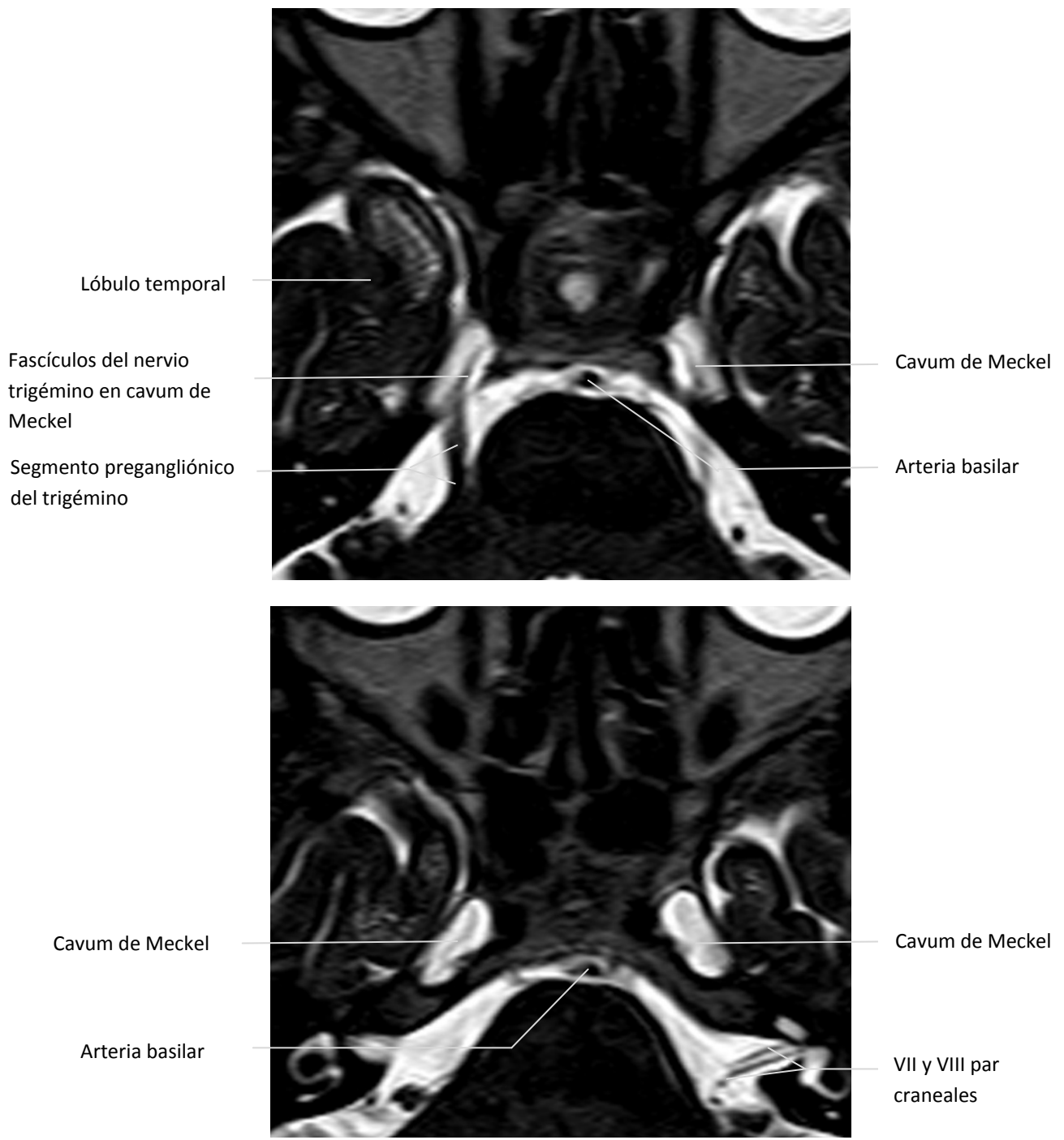
**Figs. 157-161.** Imágenes de RM potenciadas en T2 (FIESTA) en incidencias axiales (superiores) y coronales (centro e inferior) que ilustran varios segmentos del VI par craneal (flechas) en la base del cráneo. Desde aquí abandonará la cavidad endocraneal a través de la fisura orbitaria superior para inervar las estructuras correspondientes. En la fig. superior izquierda también se observan el VII y VIII para craneal.

Ilustramos en este apartado el estudio del nervio trigémino (V par craneal) por su relación anatómica que tiene con los pares craneales III, IV y VI en esta área de la base del cráneo, principalmente en su recorrido a nivel del seno cavernoso, alojado en el desdoblamiento de la duramadre, denominado cavum de Meckel.

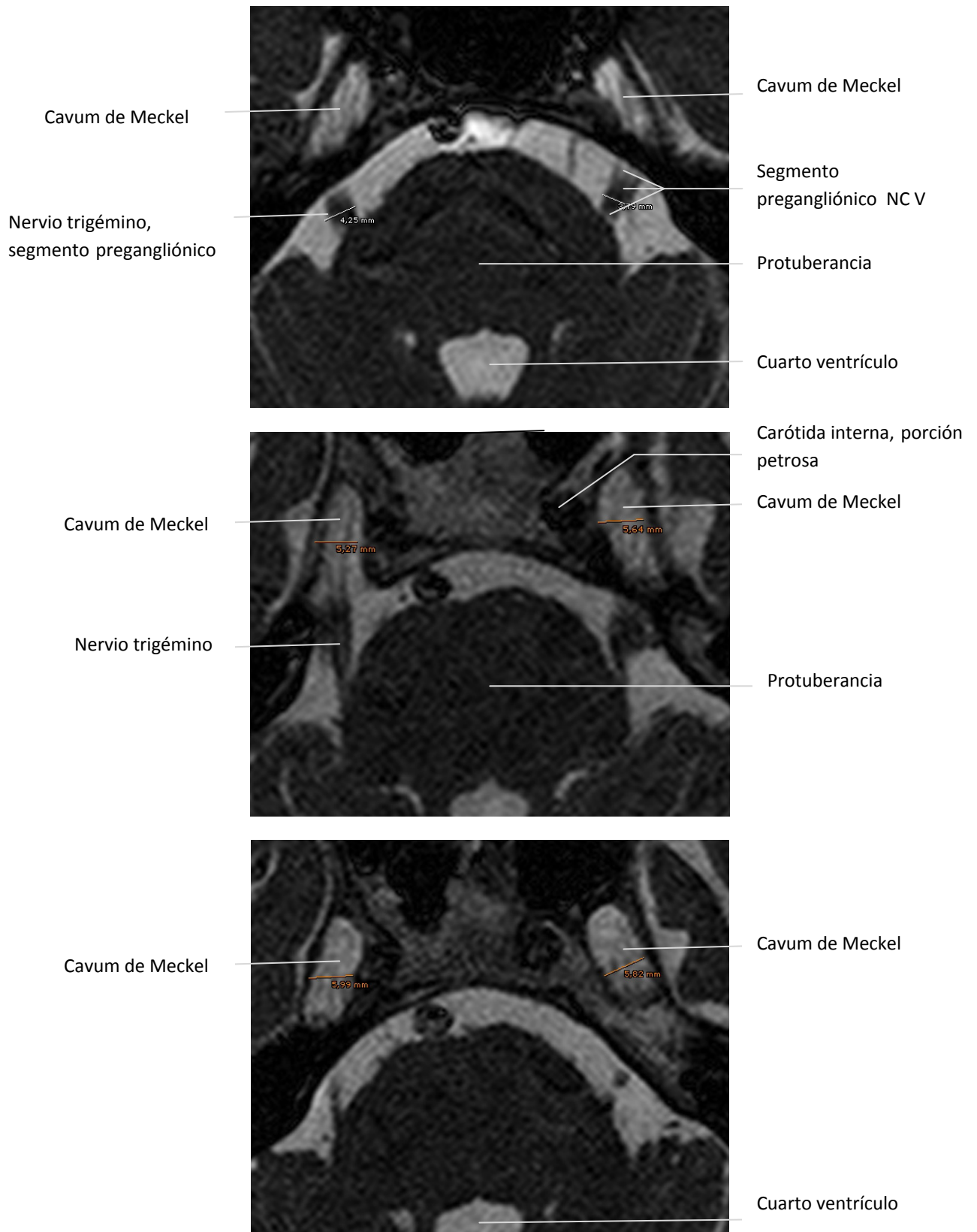
Este par craneal es el más voluminoso de todos los pares craneales, por lo tanto, es identificado sin ninguna dificultad mediante resonancia magnética con sus diferentes secuencias, y en los tres planos del espacio, no obstante, sigue siendo la secuencia potenciada en T2 en 3D FIESTA (Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition) o CISS (Constructive Interference in Steady State) las que nos ofrecen una mejor resolución, debido a que emplean cortes muy finos (0,4-1mm) y aportan una alta resolución espacial, debido a su alta potenciación en T2, ofrecen un contraste excelente entre el líquido cefalorraquídeo y los tejidos de partes blandas (figs. 162-169).

Además, por su mayor tamaño con relación al resto de los pares craneales es posible realizar, sin ninguna dificultad, un análisis morfométrico en sus diferentes segmentos (figs. 164, 165 y 166).

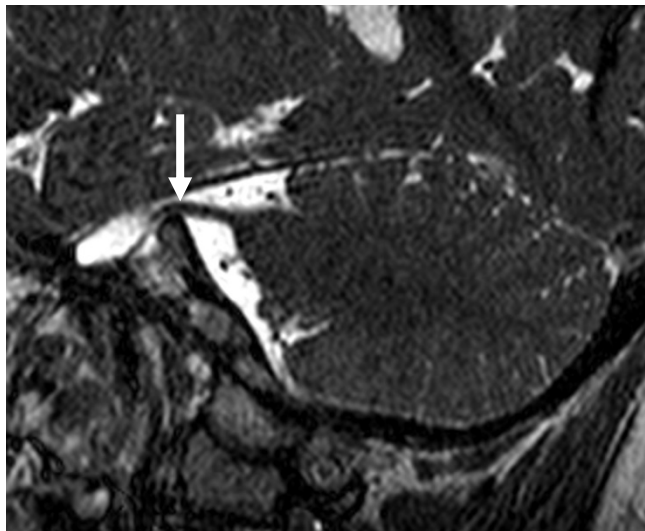
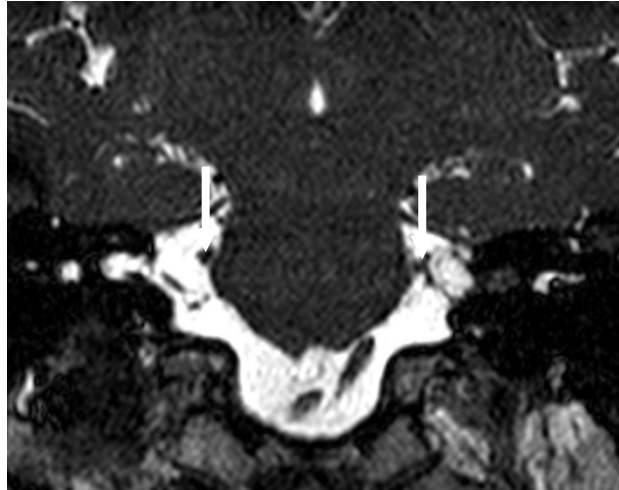
En nuestro estudio fue identificado en el 100% de todos los pacientes y no encontramos ninguna anomalía ni variante anatómica de la normalidad.



**Figs. 162 y 163.** Estudio mediante RM con secuencia potenciada en T2 (3D) en planos axiales a través del cavum de Meckel que muestra el recorrido cisternal o preganglionar del nervio trigémino entrando al cavum de Meckel. Mediante estas secuencias que son T2 con cortes muy finos (0,4mm) es posible observar los nervios craneales, principalmente en sus recorridos cisternales, ya que la diferencia de contraste entre LCR y el nervio nos permiten su visualización. Por esta razón, su observación fuera de las cisternas (sus ramas) se dificulta y muchas veces hay que recurrir a estructuras de referencia. Sí es posible, identificarlos en procesos patológicos donde pueden presentar aumento de calibre o alteración en la intensidad de señal.



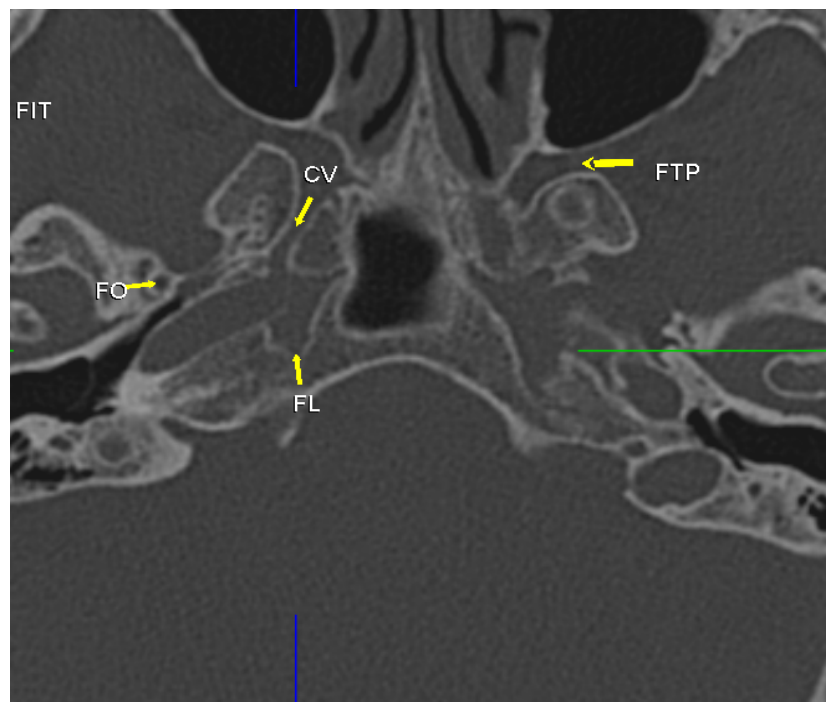
**Figs. 164, 165 y 166.** RM con secuencias potenciadas en T2 (FIESTA) en plano axial que muestran el recorrido cisternal del nervio trigémino y su entrada al cavum de Meckel. En la imagen central es posible identificar ramas neurales dentro del cavum de Meckel. A este nivel se puede realizar una medición tanto del recorrido cisternal (superior) como del cavum de Meckel (centro e inferior).



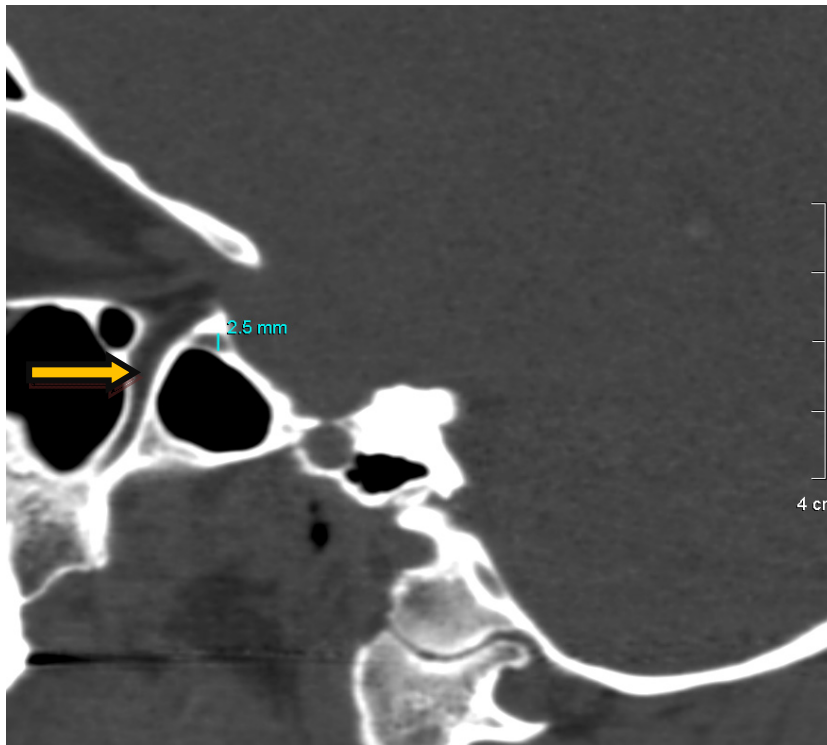
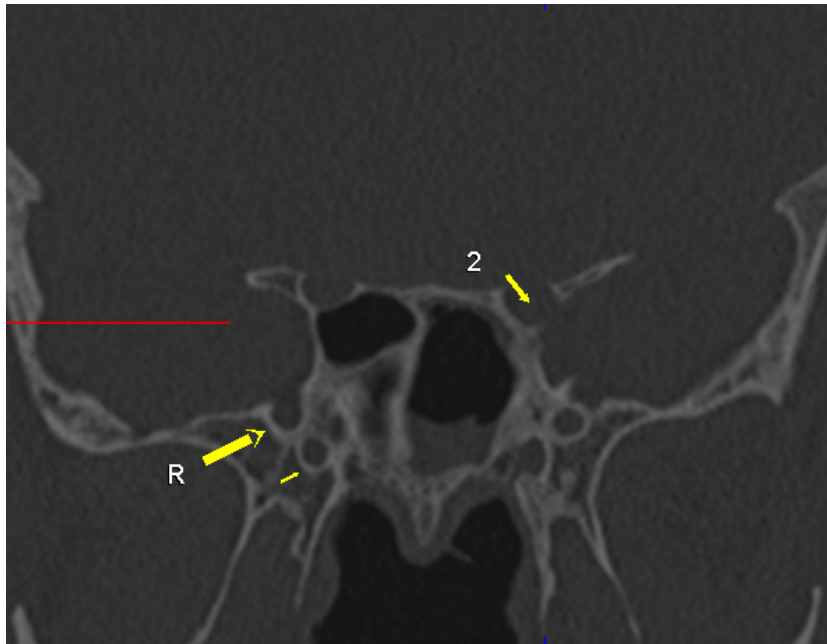
**Figs. 167, 168 y 169.** Imágenes de RM potenciadas en T2 (FIESTA) en incidencia coronal (superior y centro) y sagital (inferior) donde observamos diferentes segmentos del nervio trigémino (flechas). Presenta una hipointensidad con respecto al líquido cefalorraquídeo que le rodea.



En situación inferomedial al agujero redondo mayor, se localiza el **conducto vidiano** que en planos axiales (fig. 170), se ve cuando se puede identificar el canal carotídeo, concretamente en imágenes inferiores con respecto al agujero redondo mayor. En planos coronales (fig. 171) lo veremos localizado en la porción inferior del cuerpo del esfenoides, por debajo y por dentro del agujero redondo mayor. También es posible su observación en un corte sagital, por detrás de la fosa pterigopalatina (fig. 172). Circula a través del cuerpo del esfenoides y conecta la fosa pterigopalatina con el agujero rasgado anterior o foramen lacerum. Presenta un diámetro cráneo-caudal de 2,5 +/- 0,8 mm.



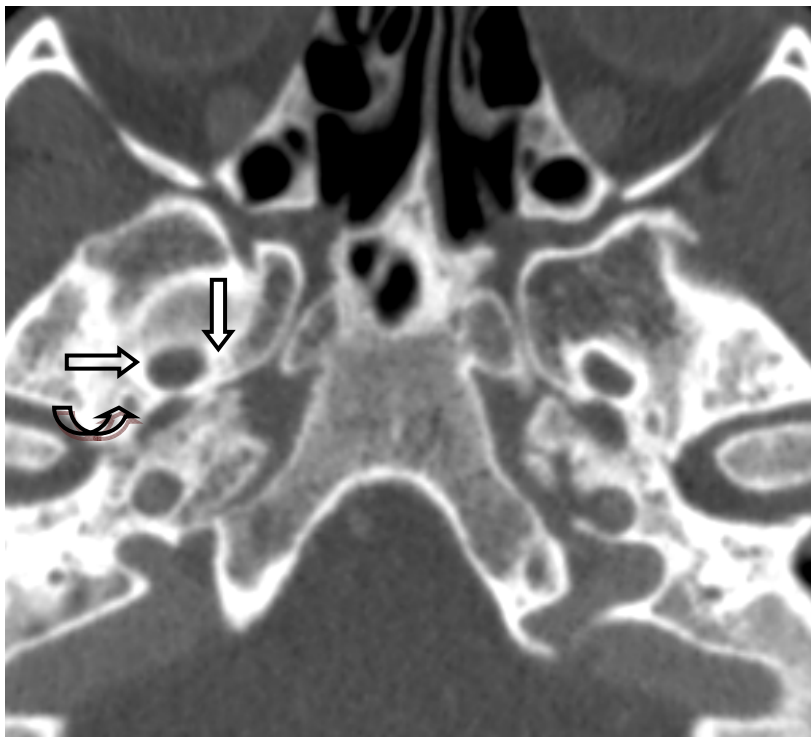
**Fig. 170.** TC axial con ventana de hueso a través de la base del cráneo en la que se observa el conducto vidiano (CV) anterior al canal carotídeo. También se visualizan la fosa infratemporal (FIT), la fosa pterigopalatina (FTP), el agujero oval (FO) y el agujero rasgado anterior (FL).



**Figs. 171 y 172.** Imágenes de TCMD con ventana ósea en plano coronal (superior) y sagital (inferior) en las que se identifica el conducto vidiano (flecha corta). En la primera imagen observamos su estrecha relación con el agujero redondo mayor (R), en localización inferomedial. También se identifica el conducto óptico (2). En la imagen inferior se muestra su localización posterior con respecto a la porción superior de la fosa pterigopalatina (flecha), en este plano y con ventana ósea es posible presentar un diámetro cráneo-caudal exacto.

**El agujero de Vesalio** (fig. 173), se localiza en el ala mayor del esfenoides. En los planos axiales se visualiza antero medial al agujero oval, anterolateral al agujero rasgado anterior y posterolateral al conducto vidiano. Conecta la fosa cerebral media con la fosa escafoidea, próxima al origen del músculo tensor del velo del paladar. Puede presentar múltiples variantes anatómicas y confluencia con el agujero oval.

Debemos señalar que este agujero es tan pequeño que dificulta su estudio morfométrico y en ninguna medición realizada en el plano axial de TC, que es la técnica de elección, supera los 2 mm de diámetro, obteniendo una media de 1,2 +/- 0,5 mm de diámetro transverso. Solamente fue visualizado en el 41% de las exploraciones.



**Fig. 173.** TC axial (ampliado) donde se visualiza el agujero de Vesalio (flecha vertical) en la base craneal media derecha, medial al agujero oval (flecha horizontal). También se identifica el agujero redondo menor (Flecha curva). A pesar de su pequeño tamaño, en algunos casos es posible visualizar este agujero.

Las estructuras de la fosa cerebral media son bien visualizadas mediante las técnicas empleadas en nuestro trabajo, no obstante algunas presentan ventajas sobre otras, tal es el caso, las estructuras óseas son mejor identificadas mediante TCMD, los pares craneales y partes blandas, la técnica de elección es la RM, sin descartar la importancia que tiene el TCMD como técnica secundaria. En los estudios vasculares la técnica ideal es la angiografía, si lo que nos interesa es visualizar la luz del vaso, sin embargo, la angio-TC y la angio-RM, además de aportarnos datos del calibre del vaso, nos ofrece un estudio más amplio de las estructuras adyacentes.

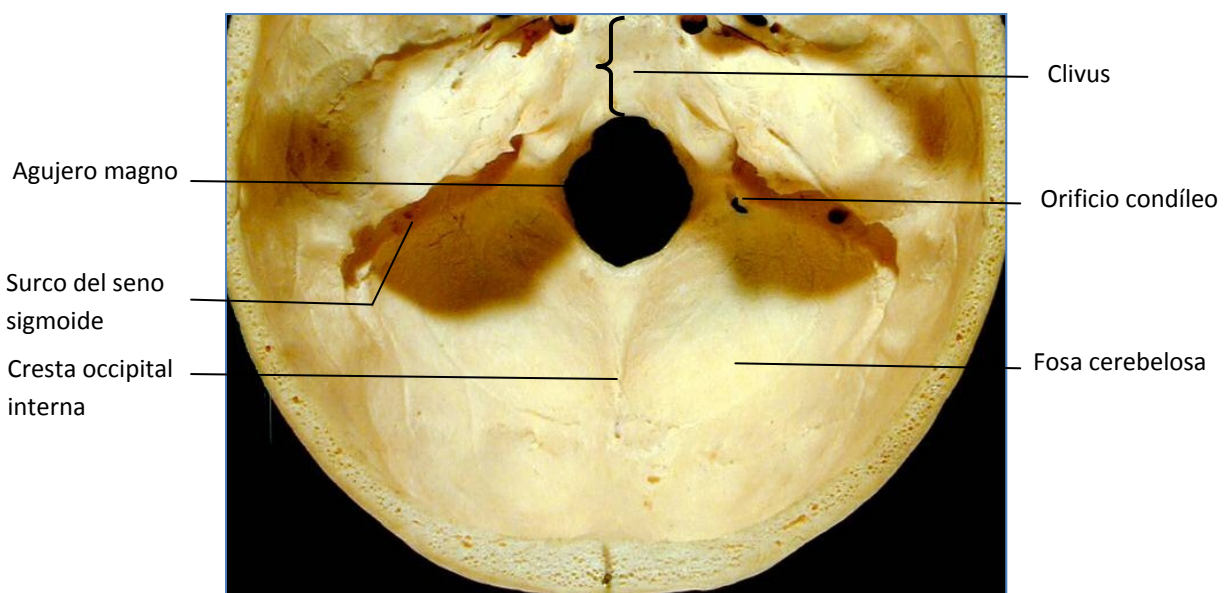
**Tabla 2.** Estudio morfométrico de los agujeros y elementos vasculo-nerviosos de la fosa cerebral media.

| Agujero/elemento vasculo-nervioso     | Diámetro (mm) |
|---------------------------------------|---------------|
| Conducto carotídeo                    | 7,0 +/- 3,3   |
| Agujero redondo mayor                 | 5,2 +/- 1,8   |
| Agujero oval                          | 7,3 +/- 2,8   |
| Agujero redondo menor                 | 2,2 +/- 0,8   |
| Fisura orbitaria superior             | 22,2 +/- 4,1  |
| Conducto vidiano                      | 2,5 +/- 0,8   |
| Agujero de Vesalio                    | 1,2 +/- 0,5   |
| Carótida interna:                     |               |
| Segmento cervical                     | 5,1 +/- 3,4   |
| Segmento petroso                      | 4,6 +/- 3,3   |
| Segmento cavernoso                    | 4,9 +/- 3,1   |
| Segmento supraclinoideo               | 3,2 +/- 2,1   |
| III par craneal                       | 0,9 +/- 0,4   |
| IV par craneal                        | 0,8 +/- 0,2   |
| V par craneal segmento pregangliónico | 4,2 +/- 1,3   |
| VI par craneal                        | 1,0 +/- 0,3   |
| Cavum de Meckel                       | 5,6 +/- 1,2   |
| Nervio maxilar                        | 1,1 +/- 0,3   |
| Hipófisis                             | 6,0 +/- 4,4   |

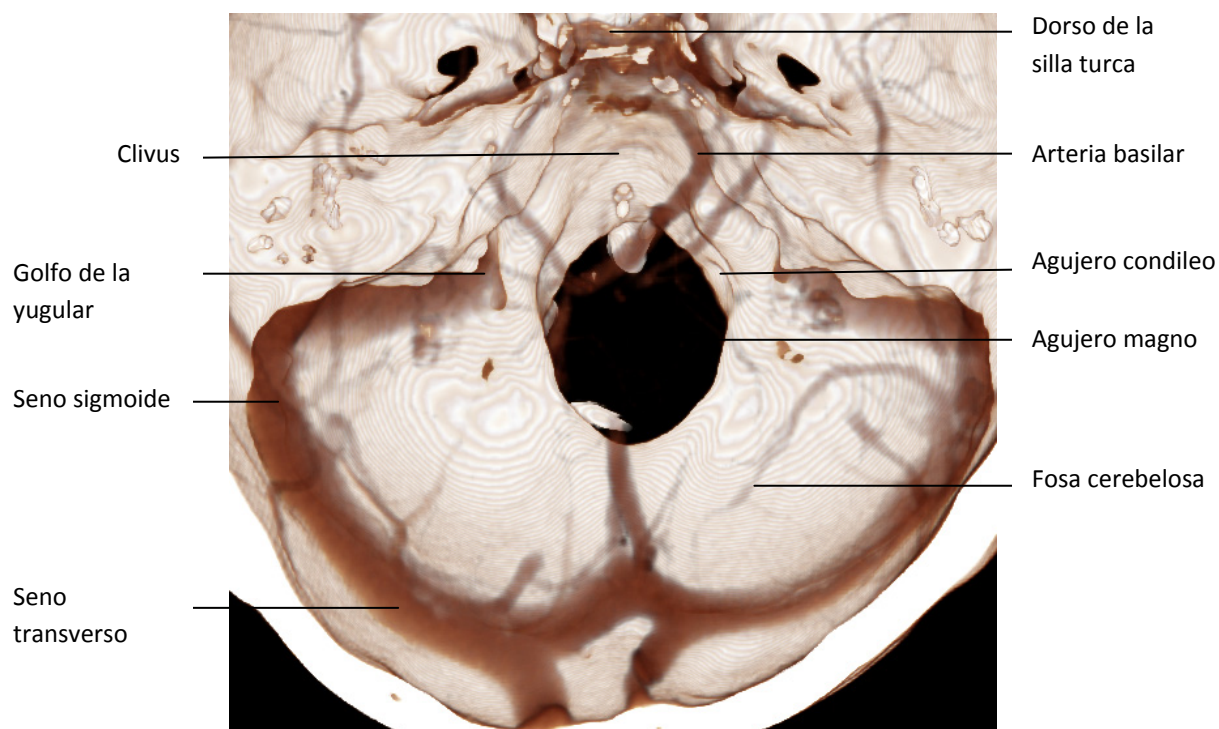
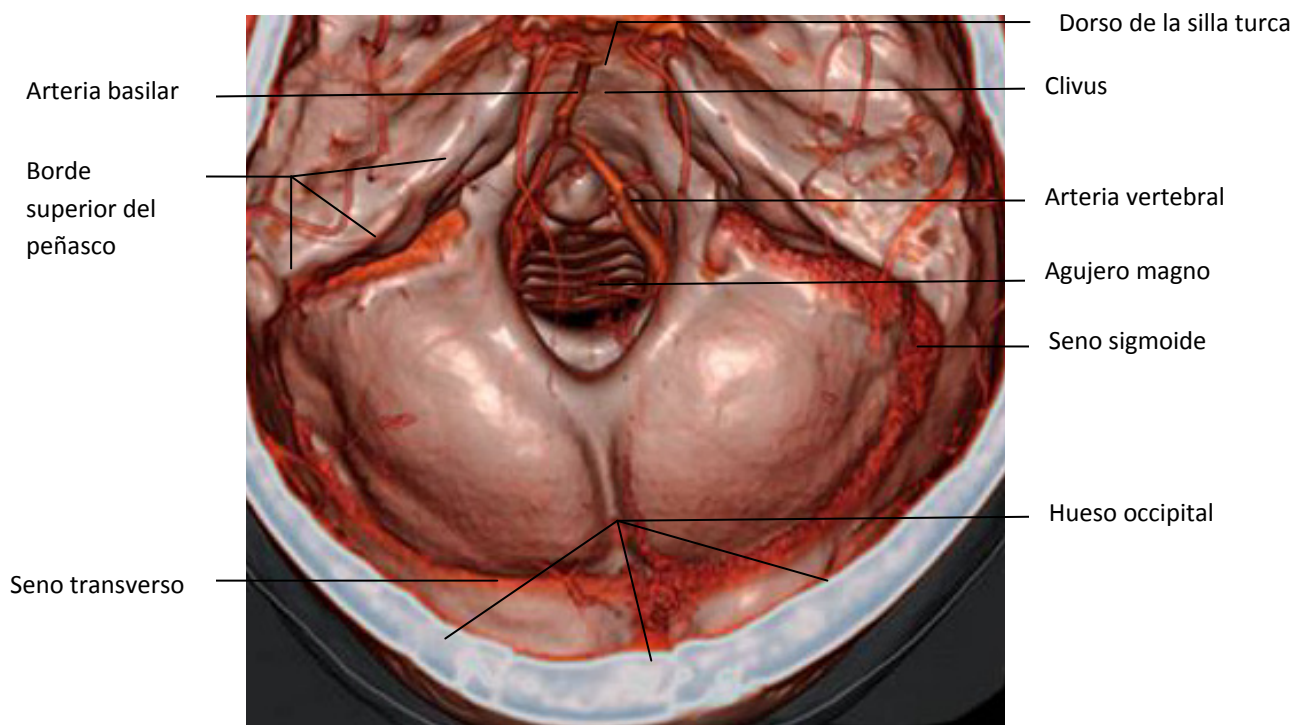
### 6.3 ESTRUCTURAS DE LA FOSA CEREBRAL POSTERIOR

La fosa cerebral posterior, está limitada en su porción anterior por el dorso de la silla turca y lateralmente por el borde superior de los peñascos temporales. Su límite posterior es el hueso occipital (figs.174-176).

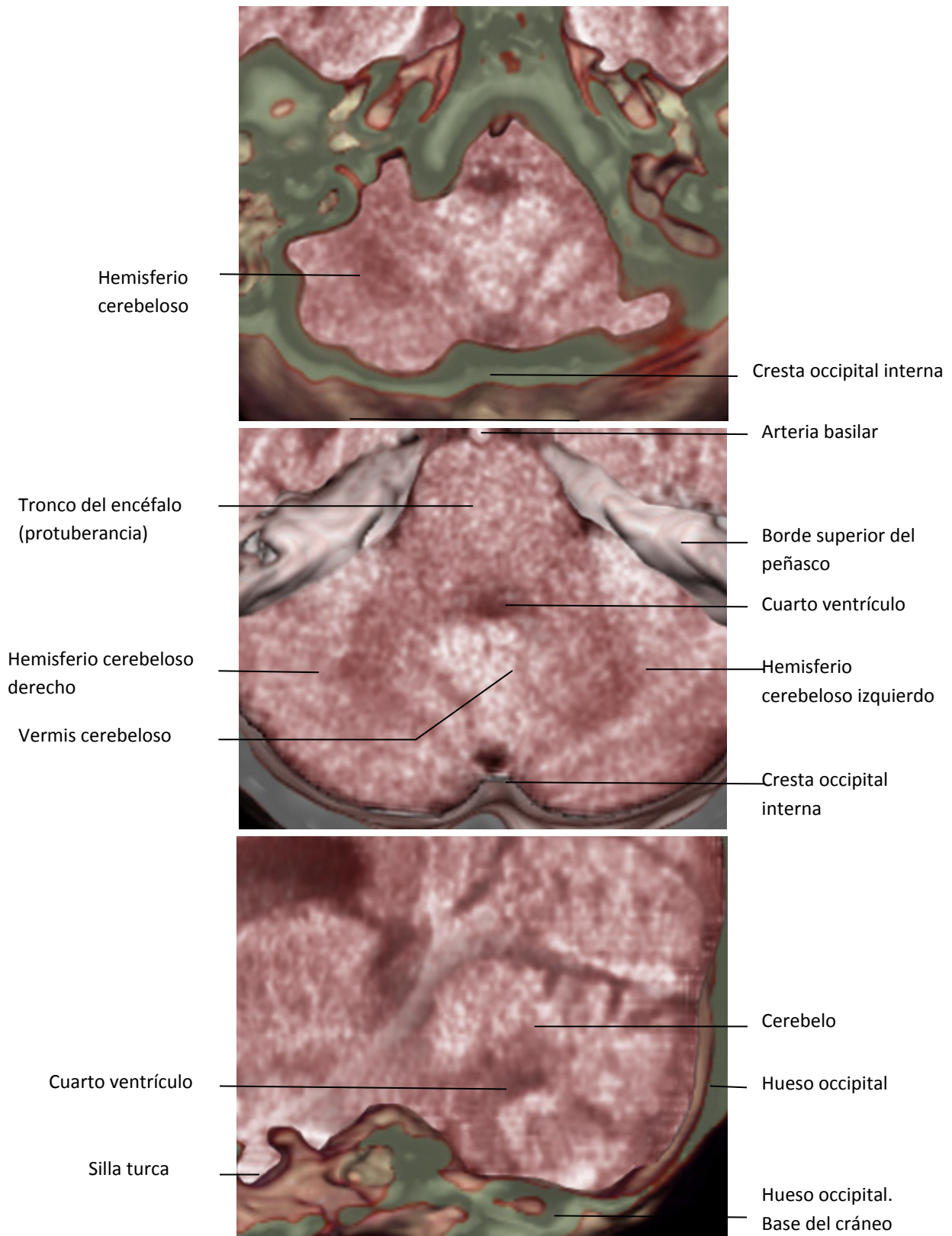
Se relaciona, en su porción inferior, con el techo posterior del espacio mucoso faríngeo, la carótida, espacio retrofaríngeo, espacios perivertebrales y la columna cervical. Superiormente se relaciona con el tronco del encéfalo, cerebelo, los pares craneales VII-VIII y IX al XII, los senos venosos transversos y sigmoides (figs. 175, 176, 177-183).



**Fig. 174.** Imagen de la fosa cerebral posterior de una calavera, visión endocraneal que muestra sus detalles anatómicos. Estos detalles son correctamente visualizados mediante las técnicas radiológicas empleadas en nuestro estudio.

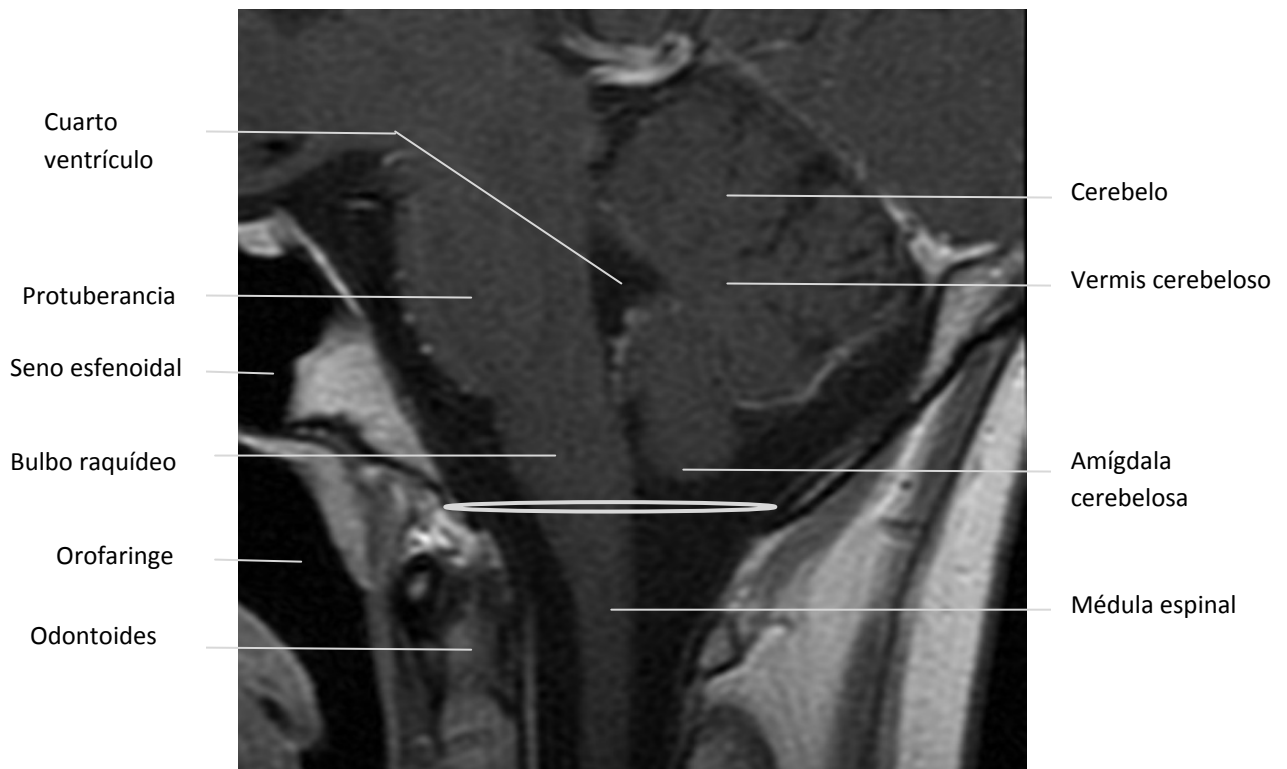
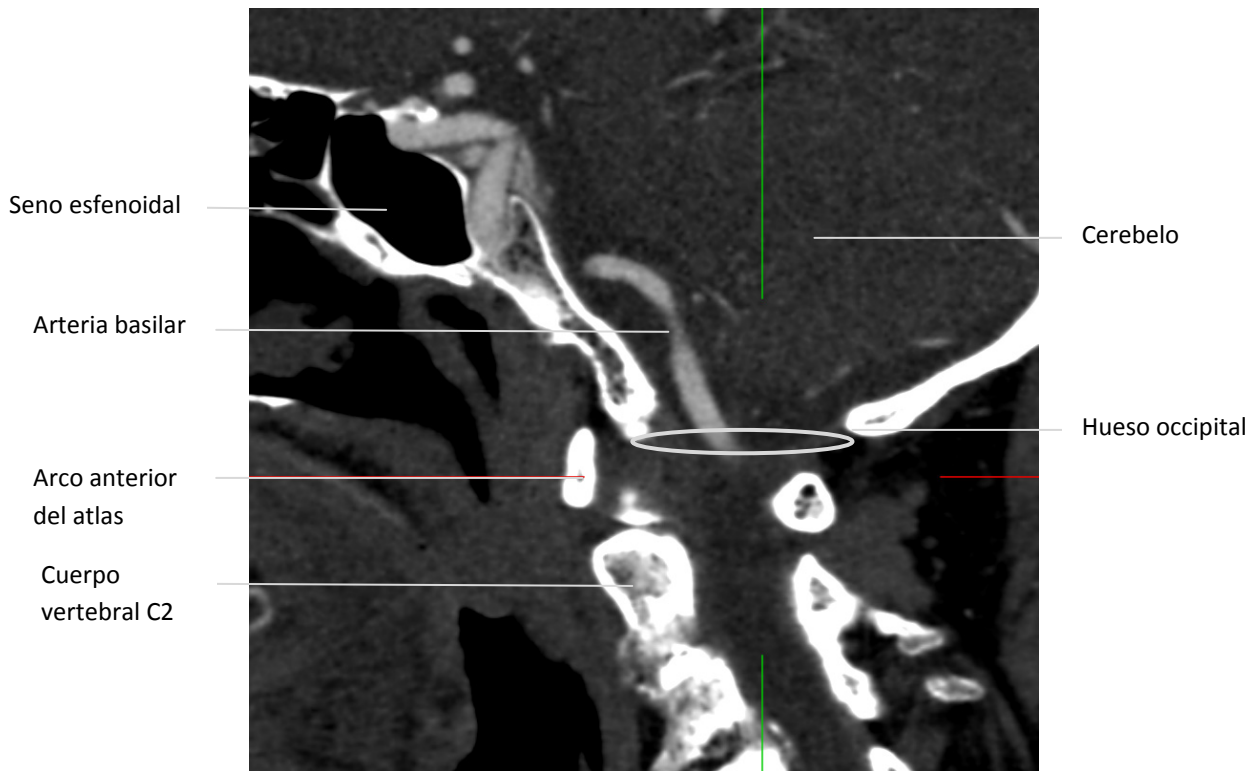


**Figs. 175 y 176.** Estudio mediante TCMD con reconstrucciones en 3D con ventana ósea-vascular, que presentan una visión panorámica endocraneal de la fosa cerebral posterior. En la imagen superior mostramos los límites de dicha fosa, perfectamente bien delimitado en su porción anterolateral por el borde superior del peñasco, en el centro por el dorso de la silla turca y posteriormente limitada por el hueso occipital. En la imagen inferior se muestran algunos de sus detalles anatómicos.

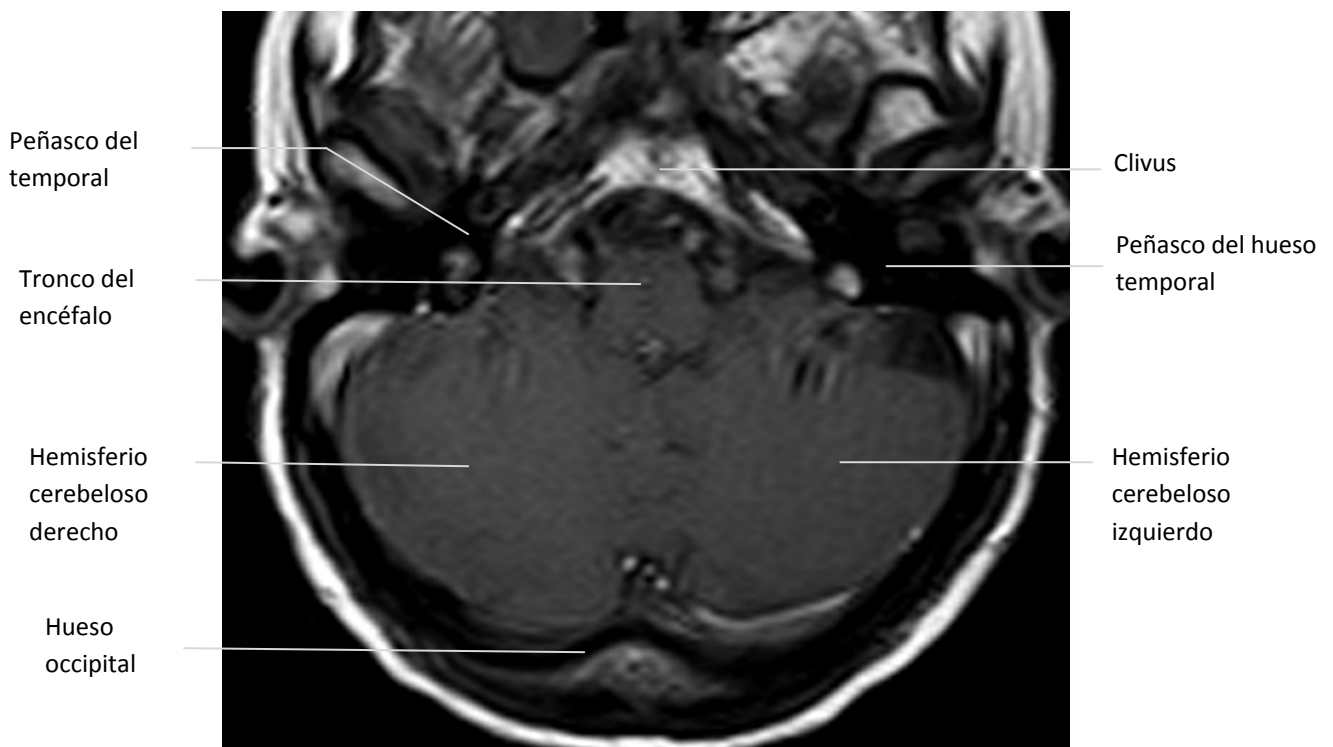
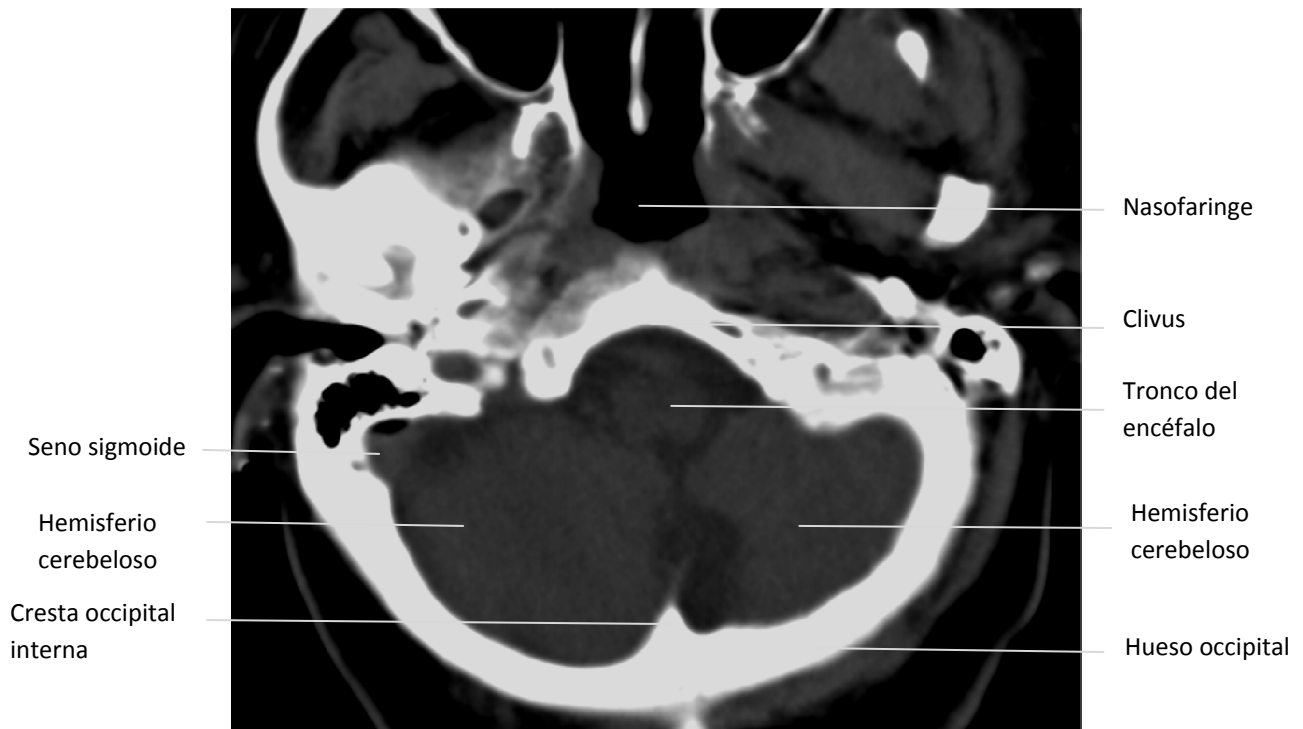


**Figs. 177, 178 y 179.** Estudios mediante TCMD con reconstrucciones 3D de la fosa cerebral posterior en plano axial (superior y centro) y sagital (inferior) que presentan la relación que tiene con el cerebelo y el tronco del encéfalo. Obsérvese como el cerebelo “descansa” y adquiere la morfología de esta fosa.



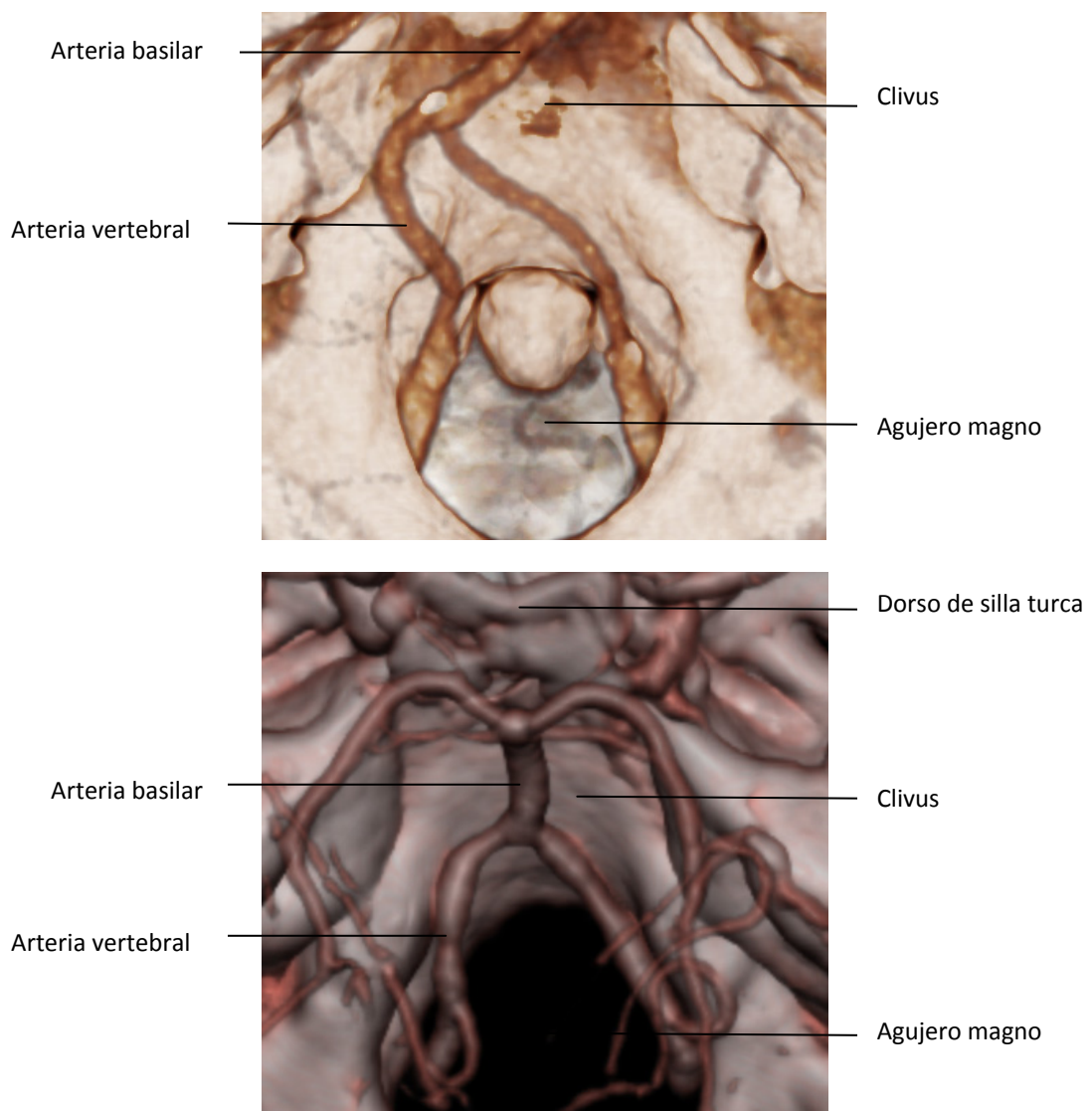


**Figs. 180 y 181.** Estudio mediante TCMD con contraste intravenoso en plano sagital y ventana vascular (superior) y RM potenciada en T1 en plano sagital (inferior) que muestran la fosa cerebral posterior y sus relaciones con estructuras adyacentes. Las elipses blancas marcan el lugar que ocupa el agujero magno u occipital y divide a este nivel los compartimientos intra y extracraneales.

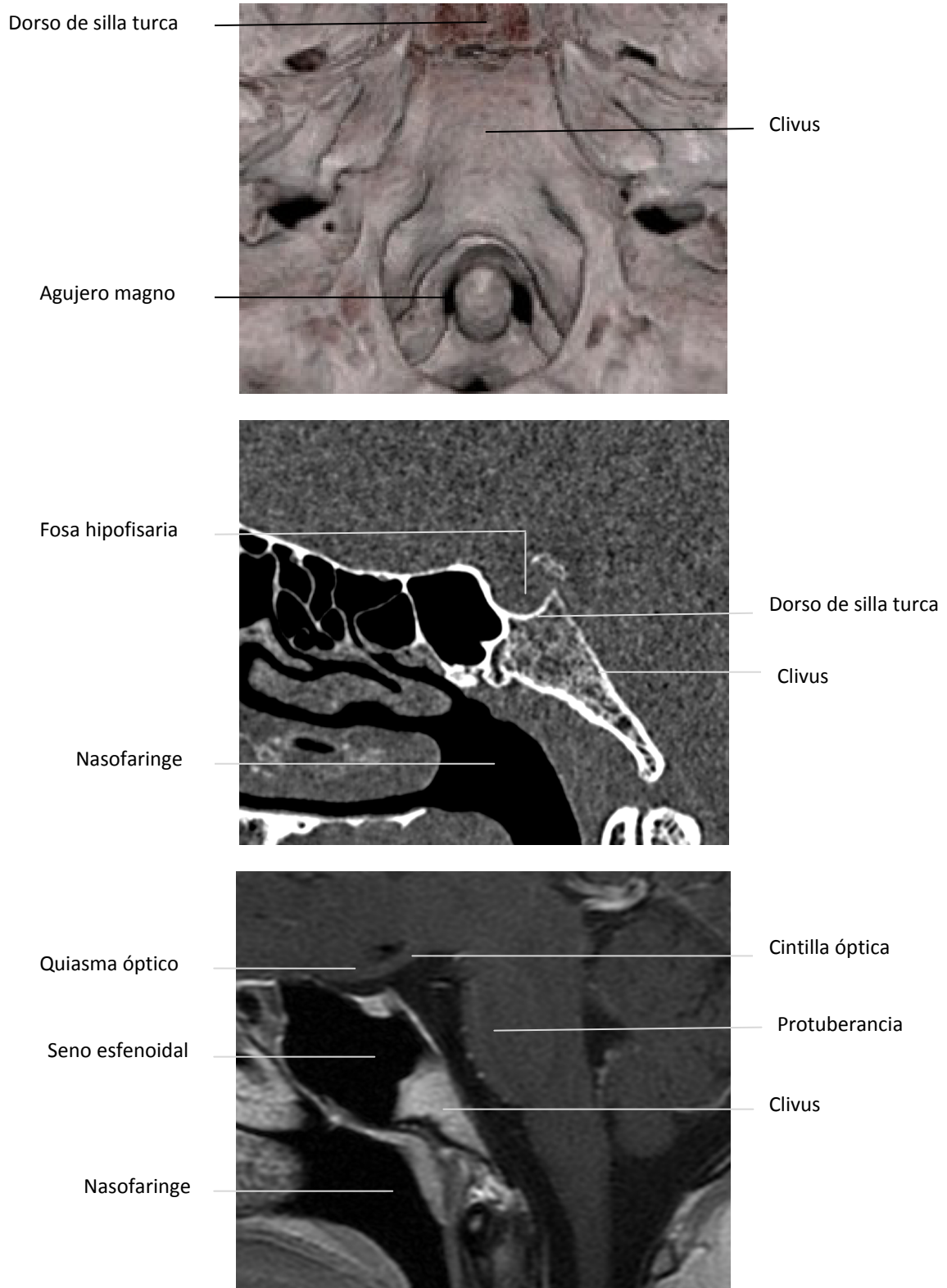


**Figs. 182 y 183.** Estudio mediante TCMD en plano axial y con ventana de partes blandas (superior) y RM potenciada en T1 en incidencia axial a través de la fosa cerebral posterior que muestran el cerebelo, el tronco del encéfalo y las demás estructuras que se relacionan en este corte con la fosa cerebral posterior. En la imagen inferior se puede visualizar que el cerebelo y el tronco del encéfalo son hiperintensos con respecto al hueso occipital y temporal, que típicamente presentan baja intensidad de señal en el estudio mediante RM.

En la línea media, desde la silla turca se observa una gran pendiente, que conecta el dorso de la silla turca y el agujero magno, está formada por parte del cuerpo del esfenoides y el basioccipucio, esta región es casi vertical y forma la separación del cráneo con la faringe, es el clivus, también en íntima relación con las arterias vertebrales y basilar (figs. 184-188). El clivus tiene gran importancia en la evolución de los tumores de la línea media y es muy bien visualizado mediante estudio de TC, principalmente en cortes axiales y sagitales.



**Figs. 184 y 185.** Estudio mediante TCMD con reconstrucciones 3D, con protocolo vascular y óseo, en planos axiales y con vista endocraneal, donde apreciamos la gran pendiente que conecta el dorso de la silla turca con el agujero magno: el clivus, en íntima relación con las arterias vertebral y basilar.

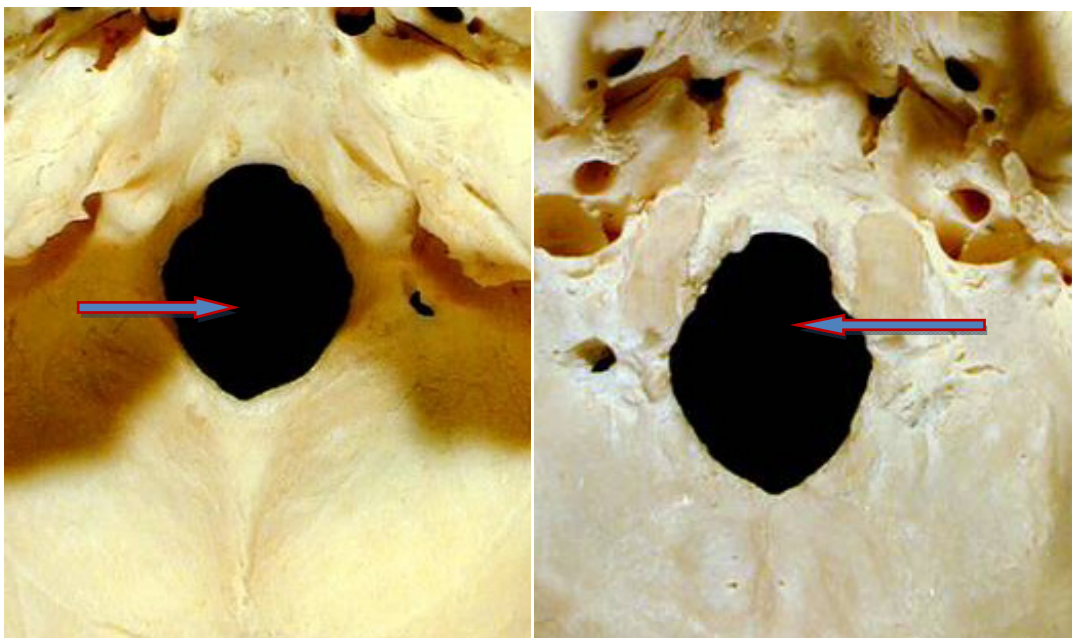


**Figs. 186, 187 y 188.** Estudio mediante TCMD con reconstrucción 3D, vista endocraneal (superior), sagital con ventana ósea (centro) y RM con secuencia potenciada en T1 sagital, donde se observa adecuadamente el clivus y su relación con el resto de las estructuras. Obsérvese que el estudio mediante TCMD con ventana ósea aporta mejor resolución, con respecto a la RM para la identificación y el análisis de esta estructura ósea.

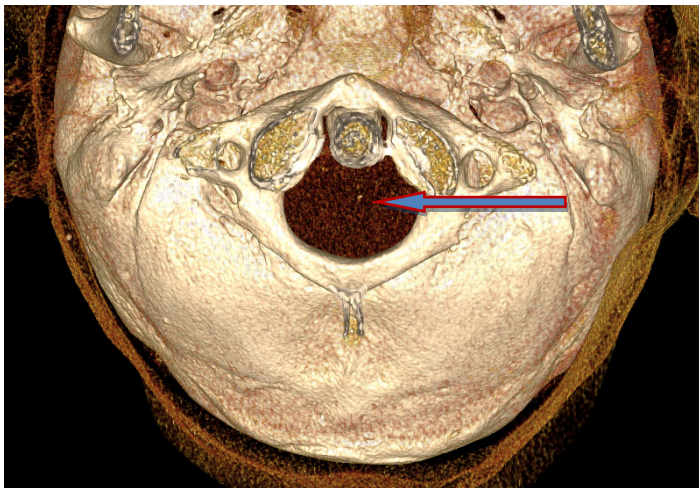
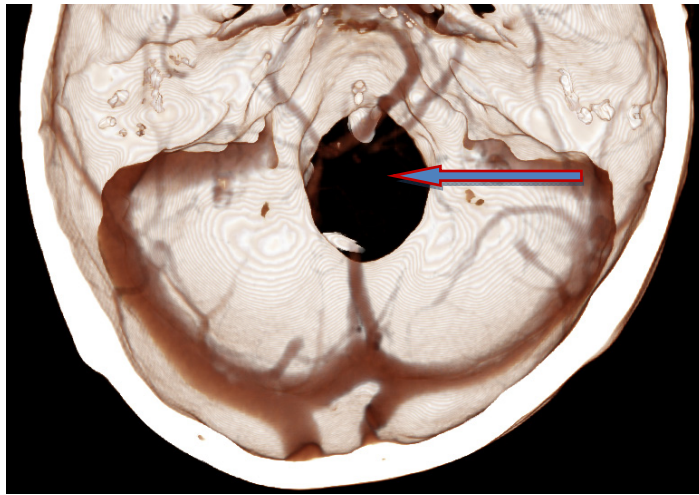
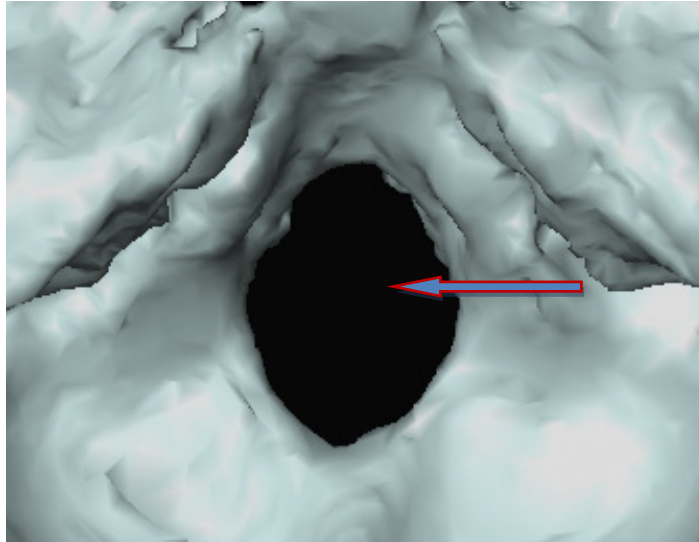
Entre los agujeros que forman la fosa cerebral posterior destaca **el agujero occipital o magno** que es un gran orificio situado en la parte inferior del occipital (figs. 189-198) por donde pasan el bulbo raquídeo/médula espinal (figs. 194 y 195), arterias vertebrales, meninges, nervio accesorio (XI): raíces espinales y arterias y venas espinales (presentadas más adelante). Es el agujero donde el sistema nervioso central se proyecta y continúa con la médula espinal.

Es visualizado sin ninguna dificultad mediante RM y TC, en todos los planos del espacio, no obstante en plano axial puede ser observado en todo su diámetro.

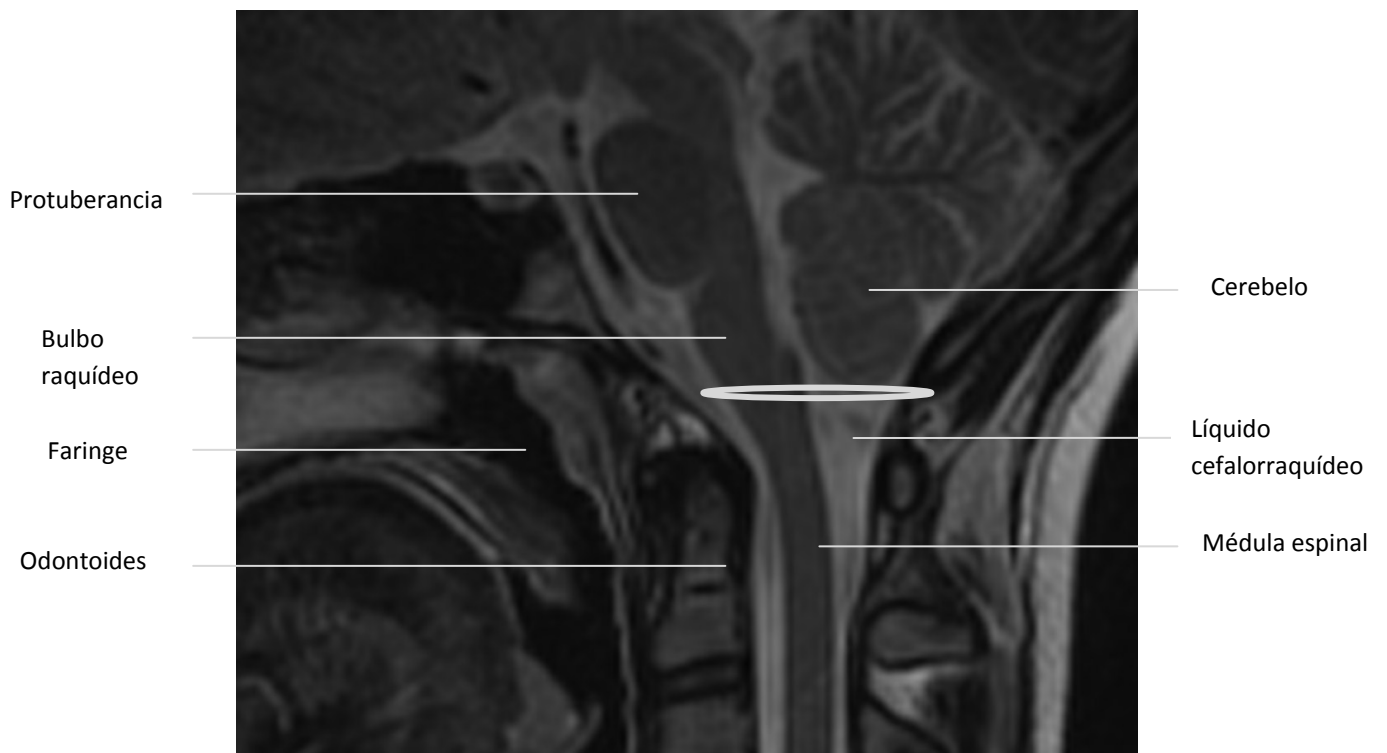
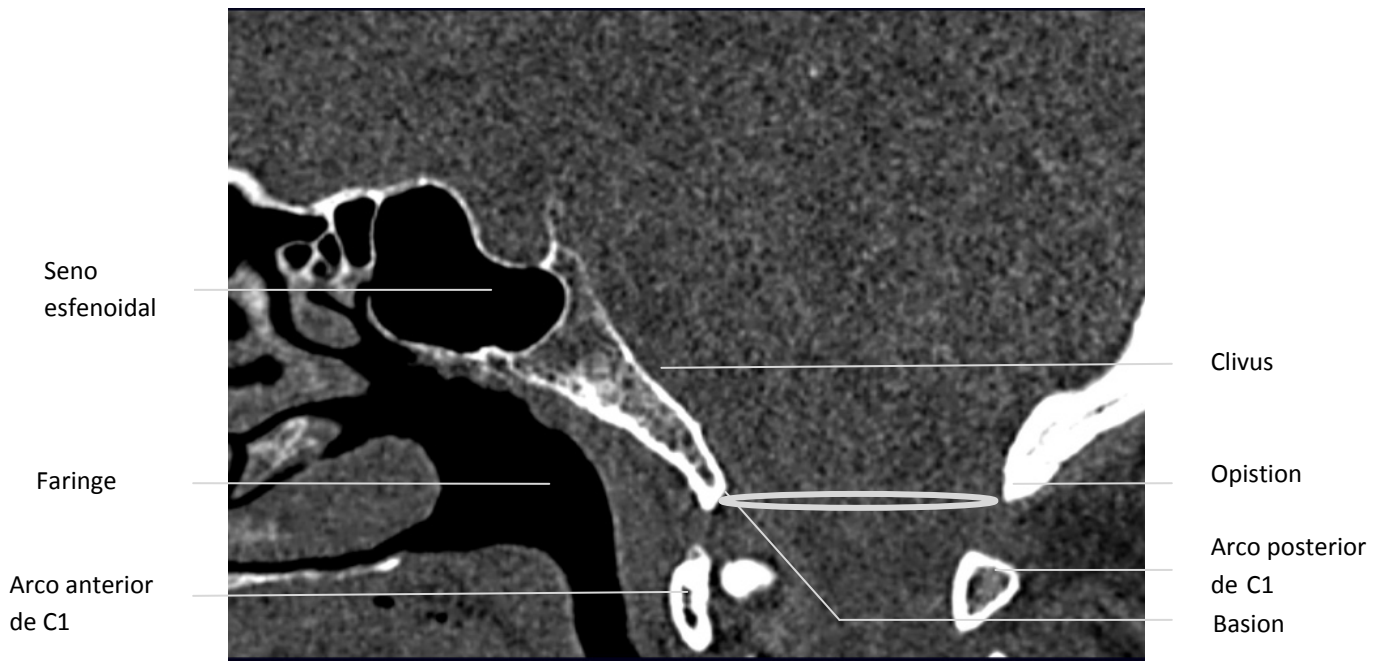
En el estudio morfométrico realizado en plano axial, existen algunas diferencias significativas de un paciente a otro, con una media de 34,5 x 38,4 mm de diámetros transverso y anteroposterior respectivamente, y un rango de +/- 8 mm.



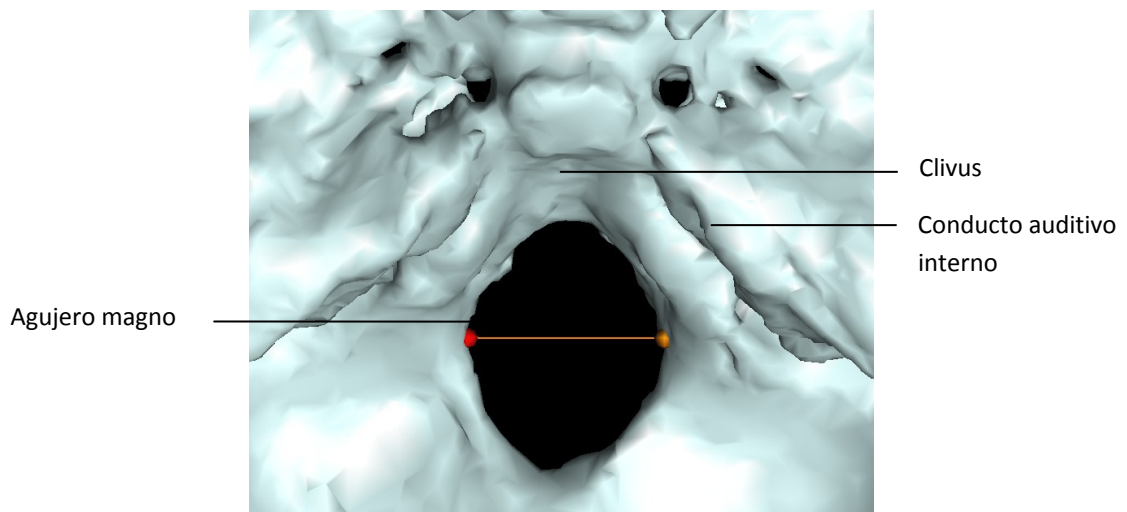
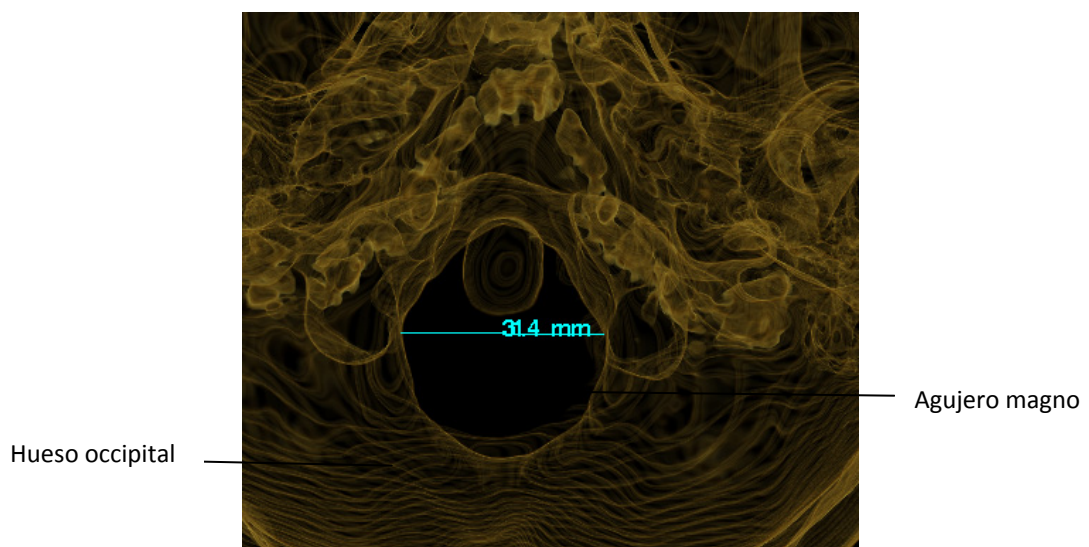
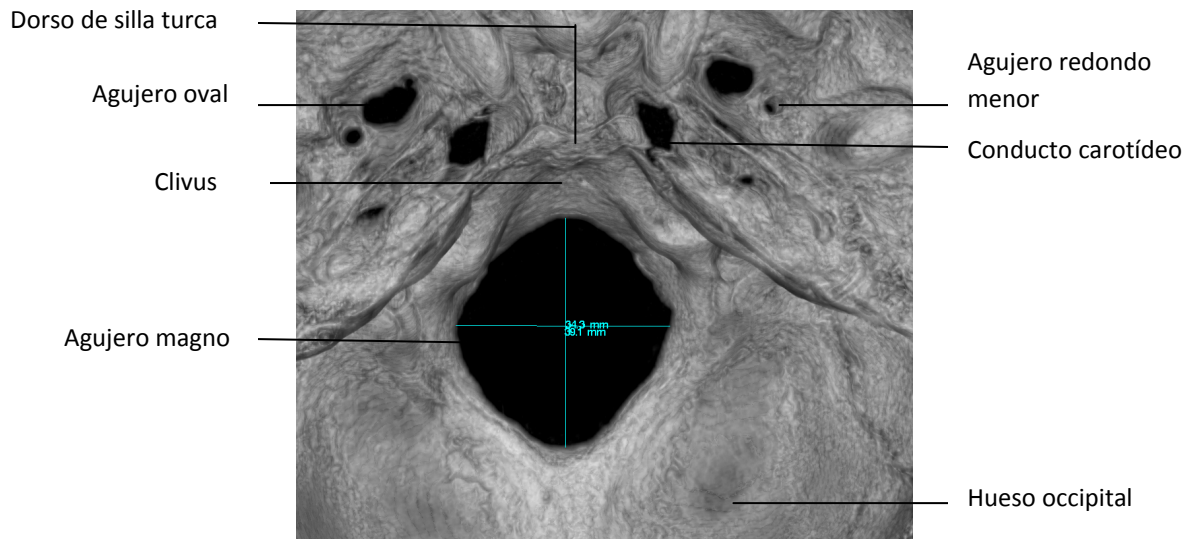
**Figs. 189 y 190.** Imágenes de calavera con visión endocraneal (izquierda) y exocraneal (derecha) que muestran el agujero magno (flechas) en el centro de la fosa cerebral posterior.



**Figs. 191, 192 y 193.** Imágenes de TCMD con reconstrucción en 3D a través del agujero magno, visión endocraneal (superior y centro) y exocraneal (inferior). En las tres imágenes se visualiza el agujero magno que servirá de comunicación del encéfalo con la médula espinal.



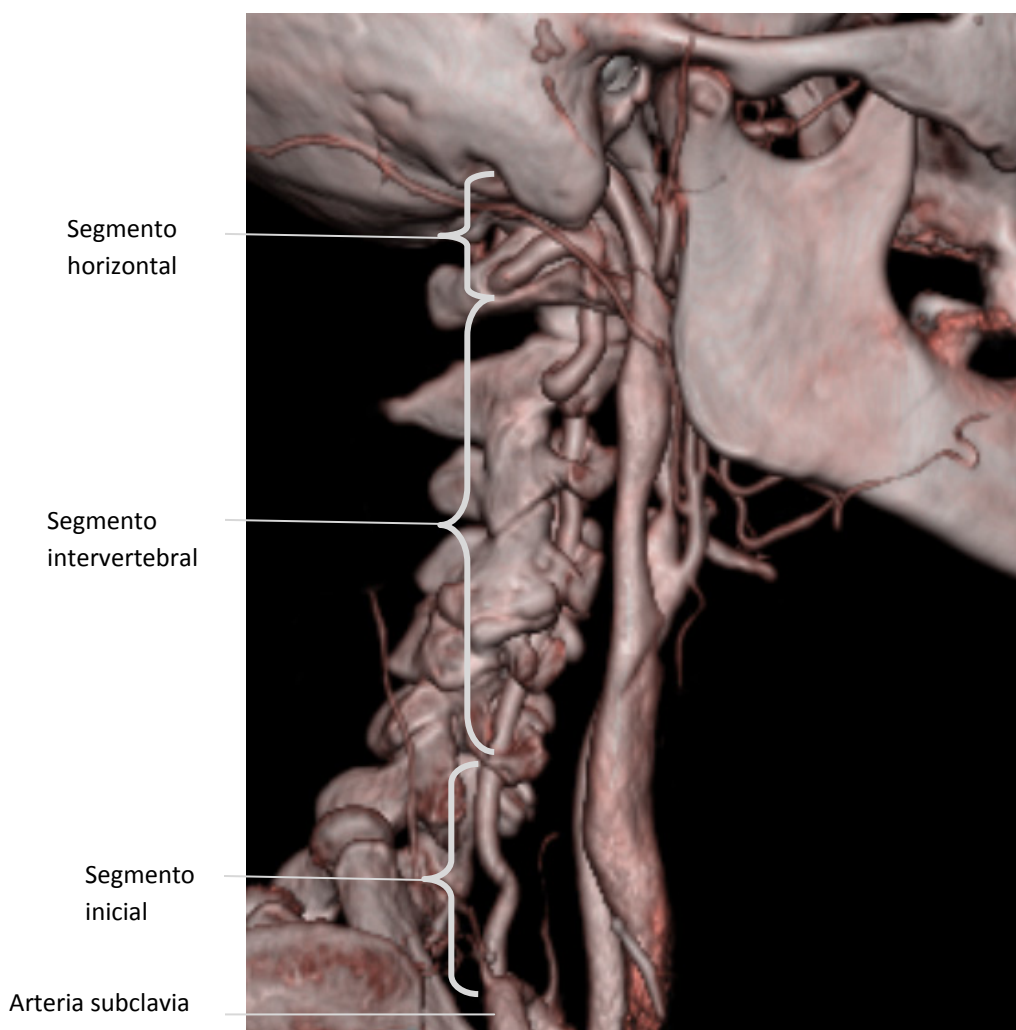
**Figs. 194 y 195** Corte de TCMD sagital con ventana ósea (fig. superior) y RM sagital potenciada en T2, que ilustra el nivel del agujero occipital (elipses). En la imagen de RM se aprecia el límite del bulbo raquídeo/médula espinal a través del agujero occipital. Se observa el líquido cefalorraquídeo rodeando al tronco cerebral y cordón medular. En estas dos imágenes se observa la mejor resolución de la RM para la visualización de las partes blandas y del LCR.



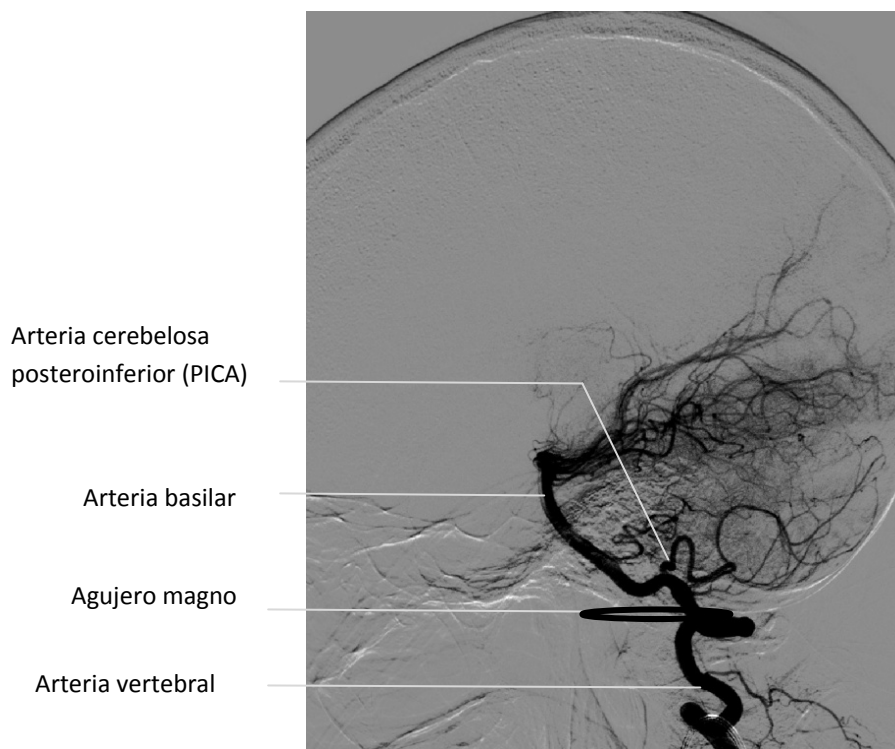
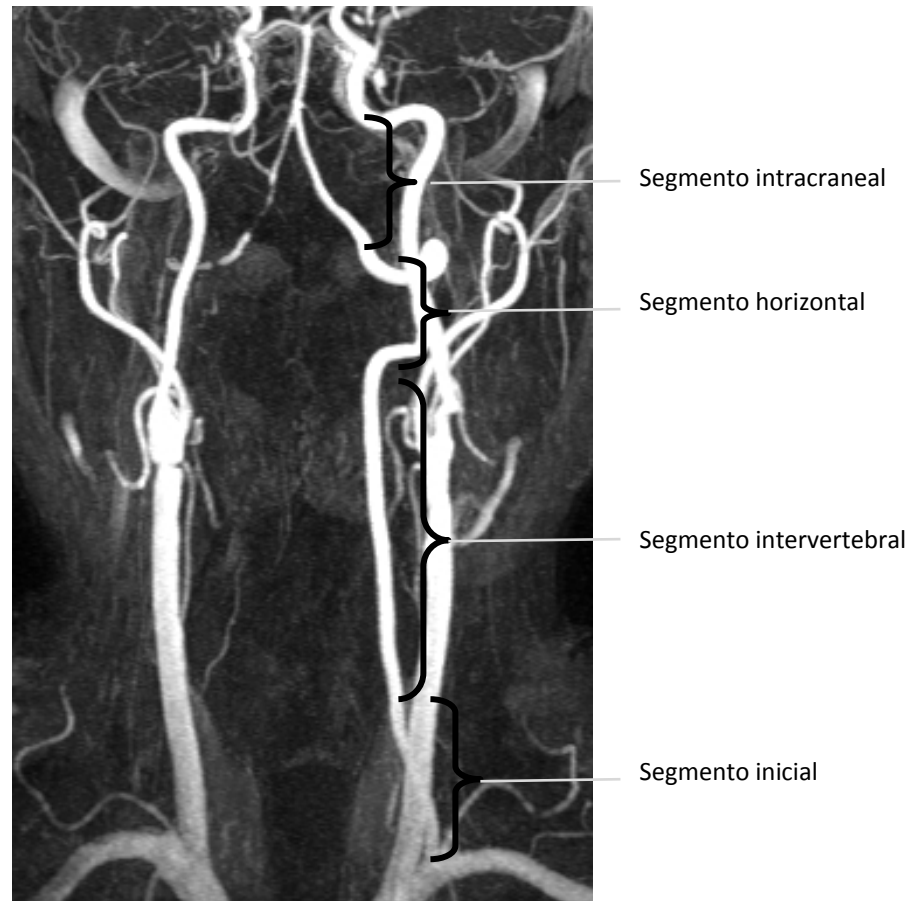
**Figs. 196, 197 y 198.** Reconstrucciones 3D de TCMD mostrando el estudio morfométrico del agujero occipital. Este agujero es perfectamente medible mediante las aplicaciones de informática que nos ofrecen las estaciones de trabajo.



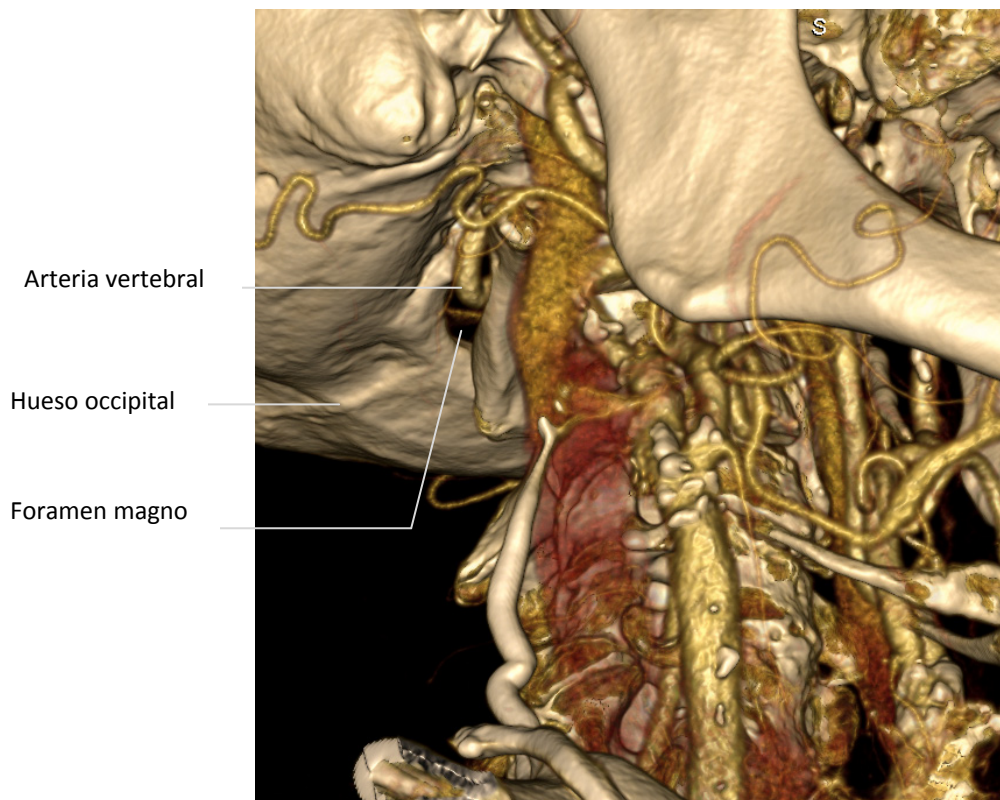
Como mencionamos en párrafos anteriores, a través del agujero magno u occipital pasa la arteria vertebral, que se divide en cuatro segmentos: el inicial, intervertebral, horizontal y el intracraneal. Es el segmento intracraneal que incluye la rama espinal anterior y la arteria cerebelosa posteroinferior (PICA), que irriga la cara lateral del bulbo raquídeo, el vermis inferior, el cuarto ventrículo y la cara inferior de los hemisferios cerebelosos (figs. 199-214).



**Fig. 199.** Reconstrucción vascular 3D de TCMD en plano sagital que ilustra los segmentos extracraneales de la arteria vertebral derecha. En esta imagen se observa claramente su segmento inicial, que se origina de la arteria subclavia, asciende y se introduce en los agujeros costotransversarios de los cuerpos vertebrales cervicales, posteriormente busca el agujero magno y se introduce en la cavidad craneal.

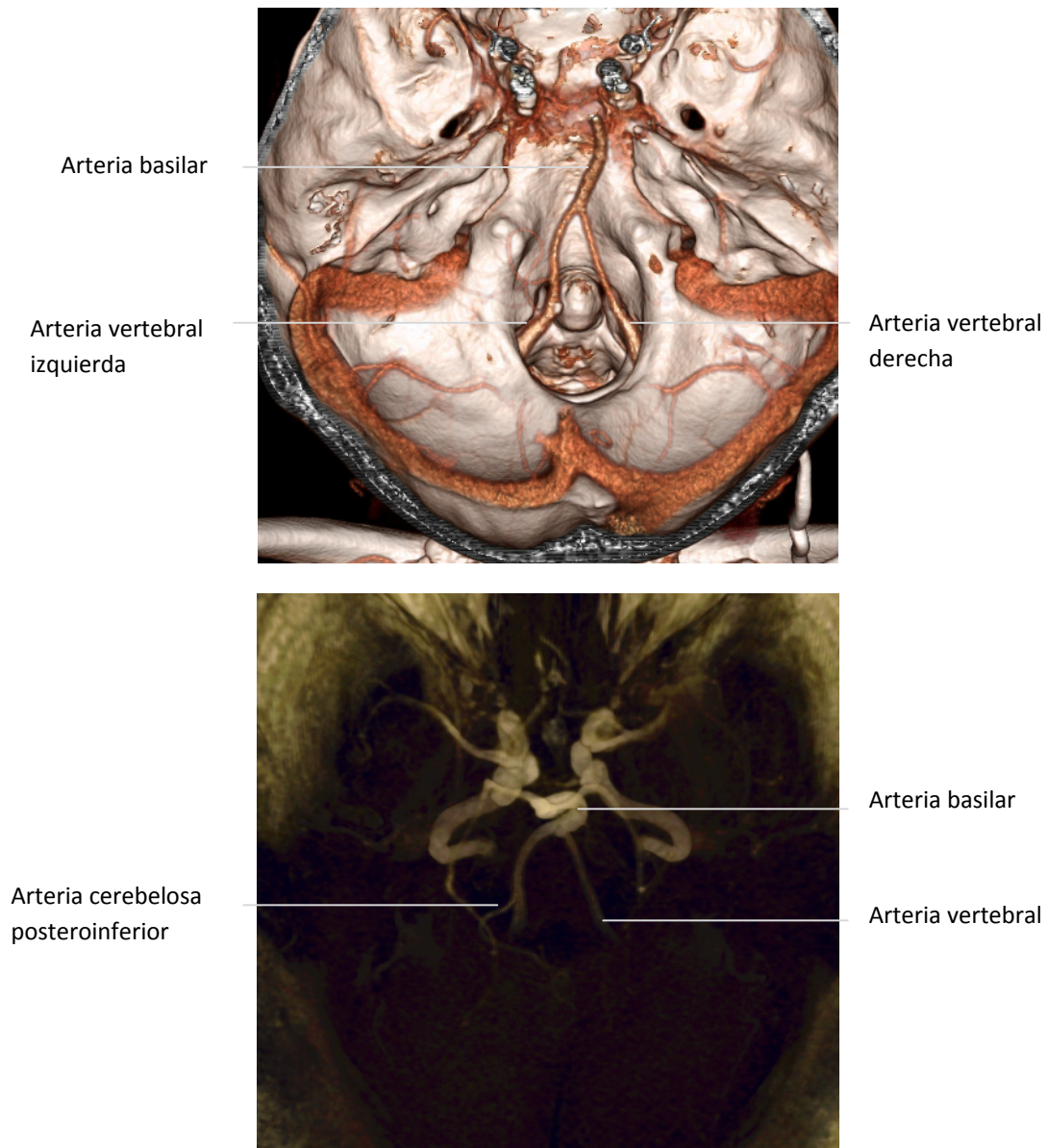


**Figs. 200 y 201.** Estudio vascular de las arterias vertebrales mediante angio-RM donde se identifican sus diferentes segmentos (superior) y angiografía por sustracción digital (inferior) que muestra el nivel donde cruza el agujero magno.

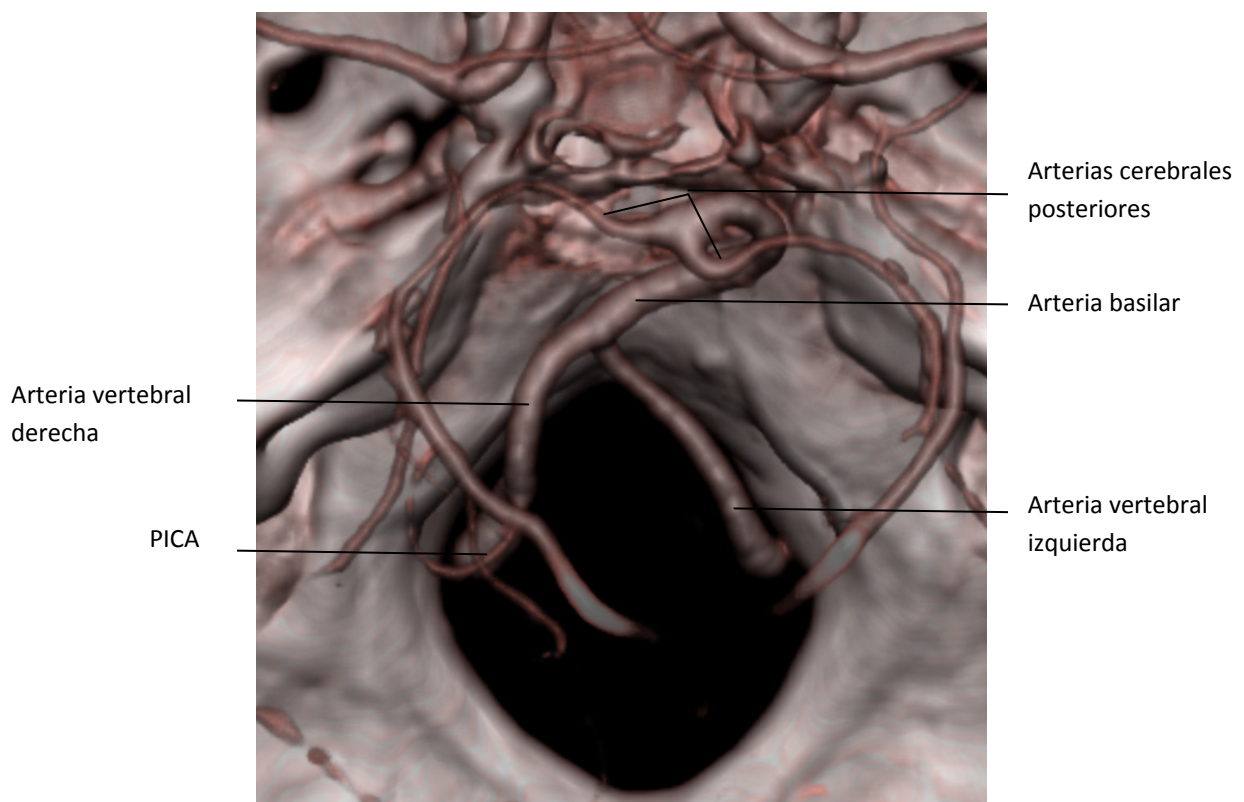
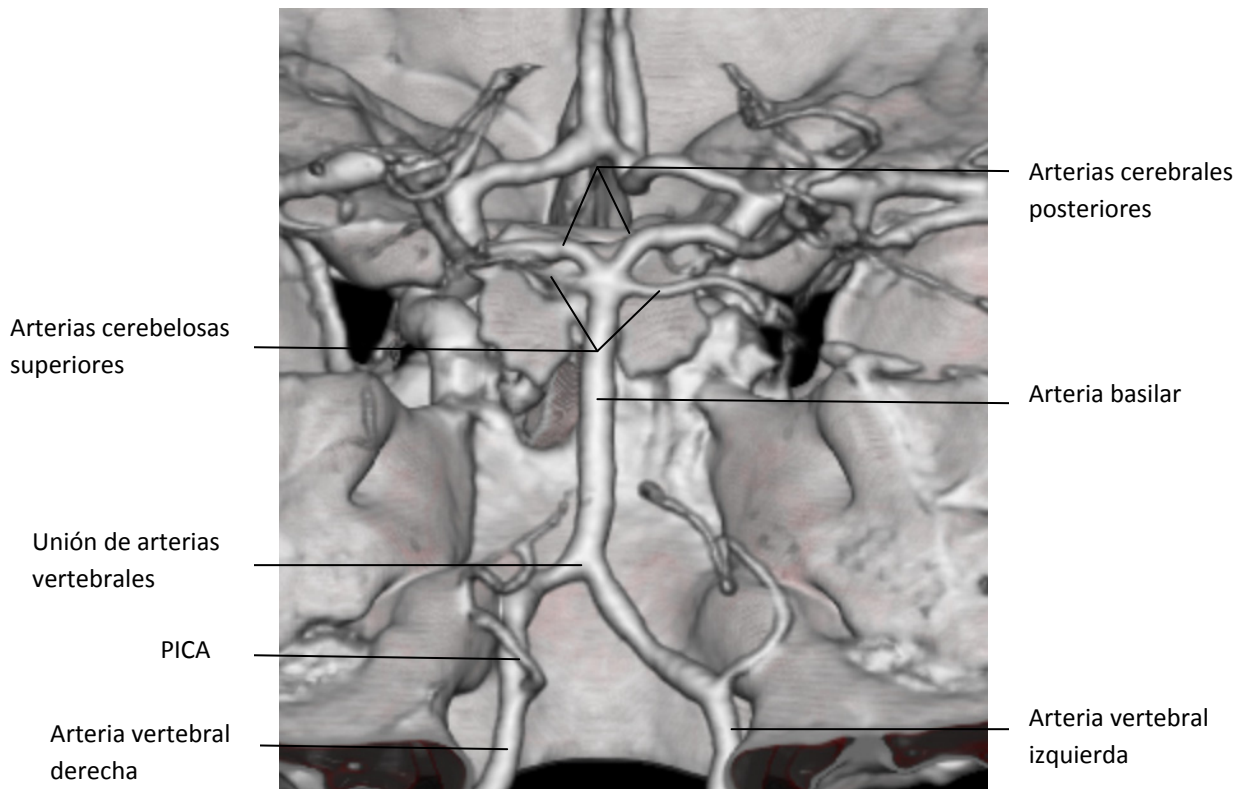


**Figs. 202 y 203.** Estudio vascular mediante TCMD con reconstrucción 3D, visión pósteroinferior (superior) y sagital con visión ligeramente inferior (inferior) que muestran a la arteria vertebral en su entrada a través del agujero occipital o magno.

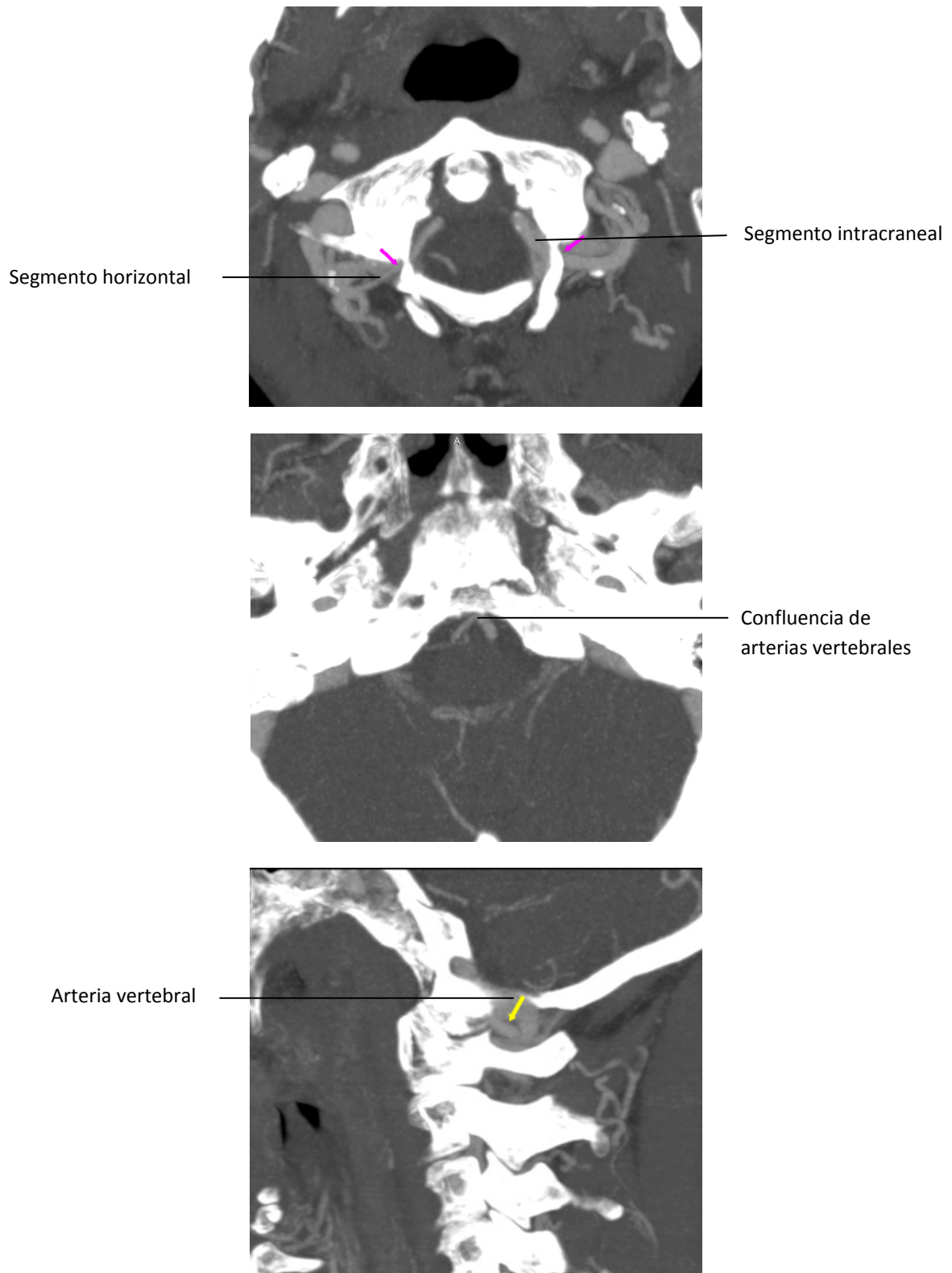
Frecuentemente, las dos arterias vertebrales se unen en su segmento intracraneal y forman la arteria basilar que genera varias ramas e irrigan el tallo cerebral, el cerebelo, la corteza cerebral. De la arteria basilar se originan la arteria cerebelosa ántero-inferior (AICA), la cerebelosa superior y se bifurca en las dos cerebrales posteriores (figs. 204-214).



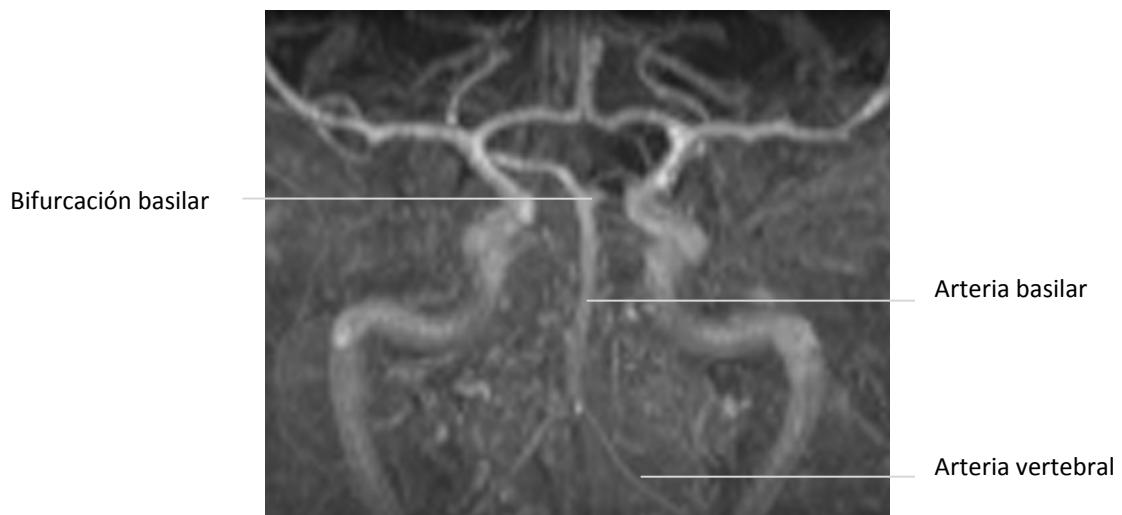
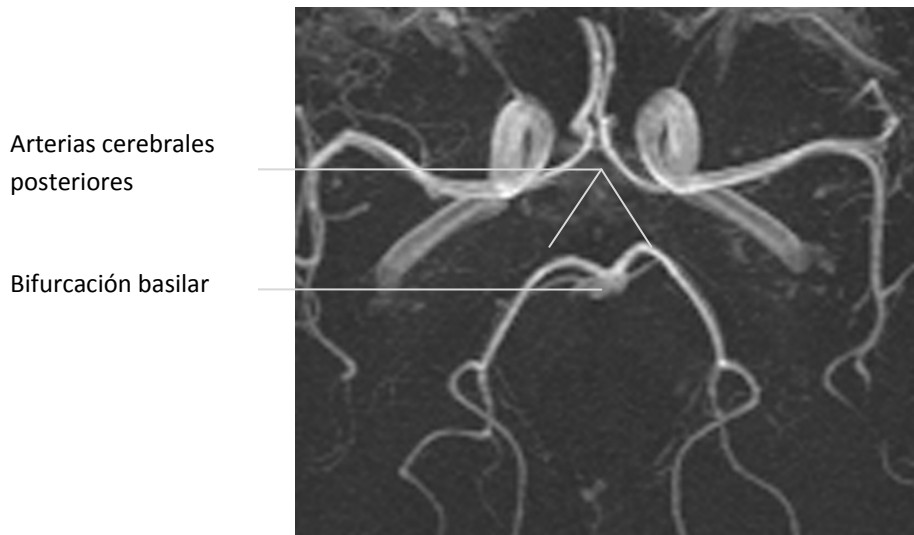
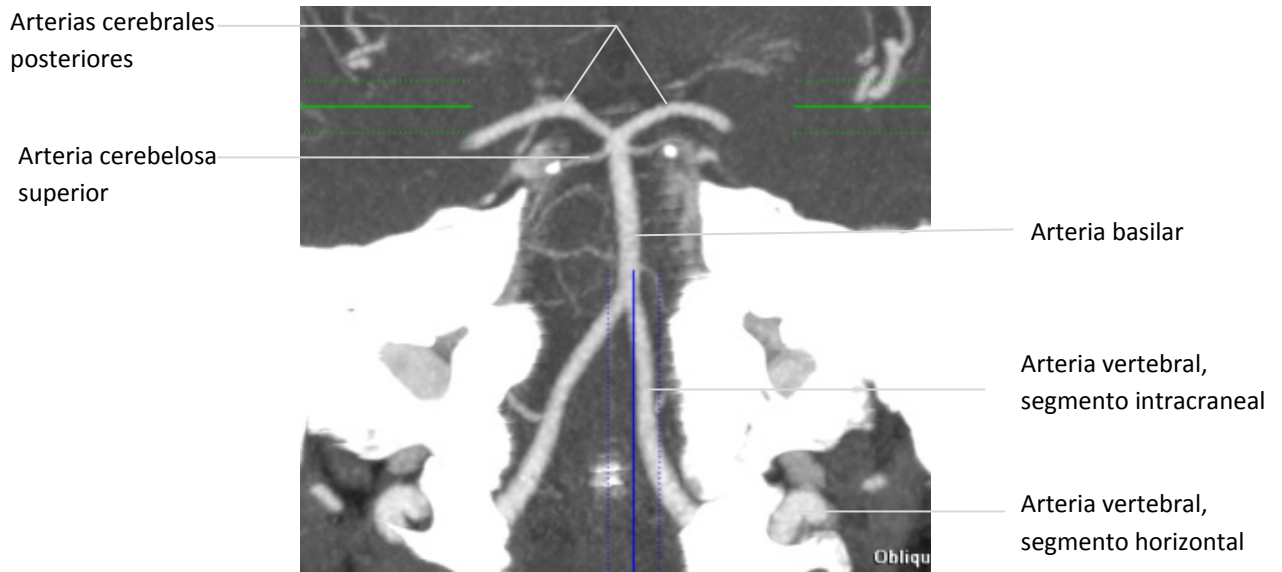
**Figs. 204 y 205** Estudio vascular mediante TCMD con reconstrucciones en 3D con una visión endocraneal que muestran el segmento intracraneal de la arteria vertebral. En este segmento ambas arterias vertebrales se unen para formar la arteria basilar. Antes de esa unión podemos apreciar la PICA (arteria cerebelosa posteroinferior), rama que se origina de la arteria vertebral (imagen inferior).



**Figs. 206 y 207.** Estudio vascular mediante TCMD con reconstrucciones en 3D con una visión endocraneal que muestran el segmento intracraneal de las arterias vertebrales y su confluencia para formar la arteria basilar. La arteria basilar sigue su curso intracraneal, se divide en las dos arterias cerebrales posteriores para formar parte del polígono de Willis. Justo antes de bifurcarse, emite las arterias cerebelosas superiores (imagen superior).



**Figs. 208, 209 y 210.** Reconstrucciones de TCMD mediante técnica MIP en planos axiales (superior y centro) y en plano sagital (inferior) mostrando la entrada de las arterias vertebrales a través del agujero occipital. Como hemos mencionado, en su recorrido intracraneal se unirán ambas arterias vertebrales para formar la arteria basilar (centro).



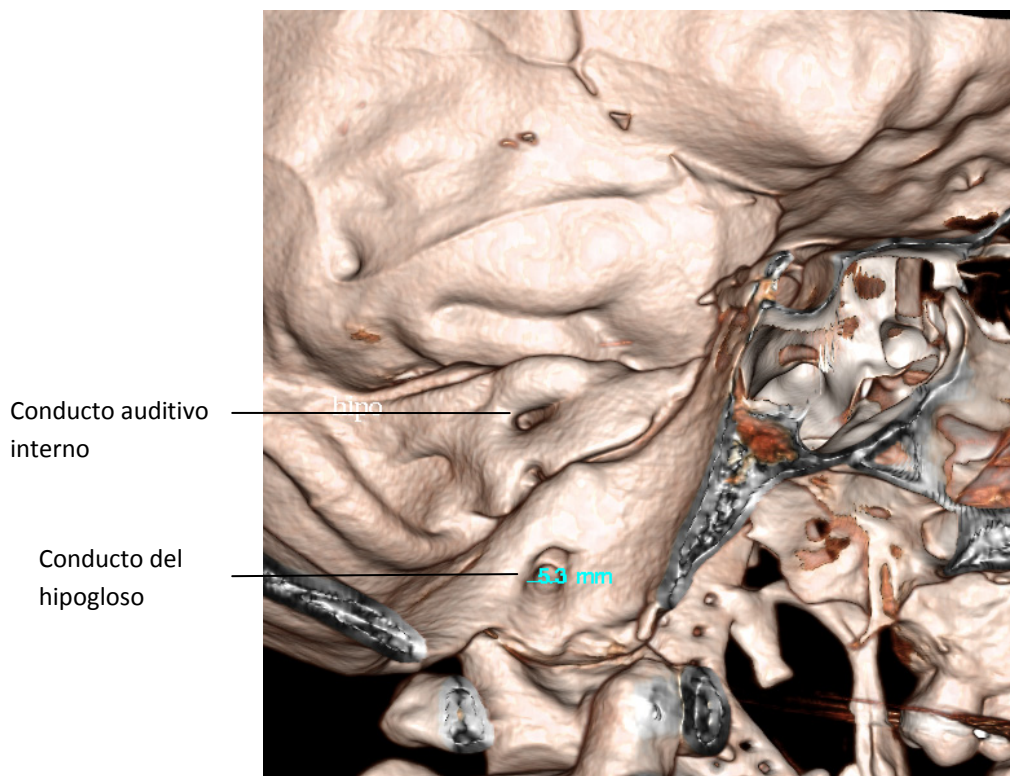
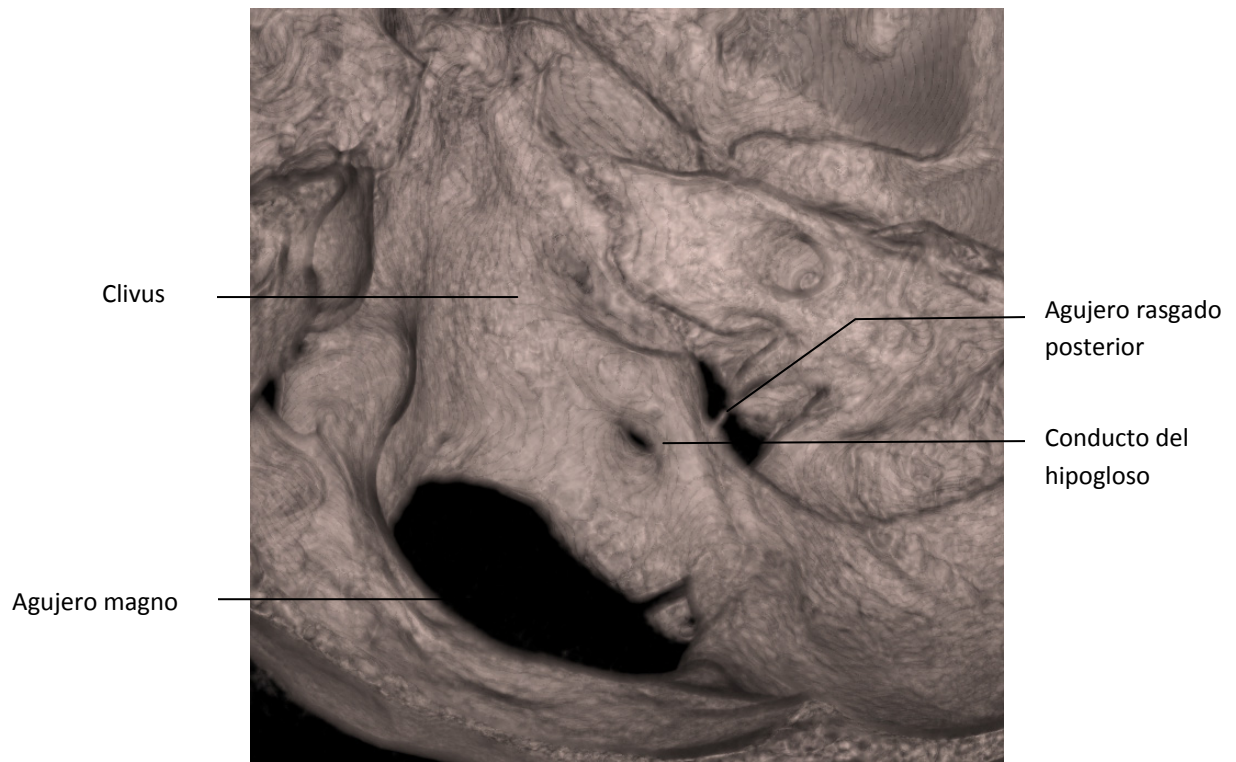
**Figs. 211, 212 y 213.** Estudio vascular mediante TCMD con técnica MIP en plano oblicuo (superior) y angio-RM (centro e inferior) que muestran a las arterias vertebrales, basilar y sus ramas. Con estas dos técnicas no invasivas se puede estudiar correctamente el sistema vertebrobasilar.



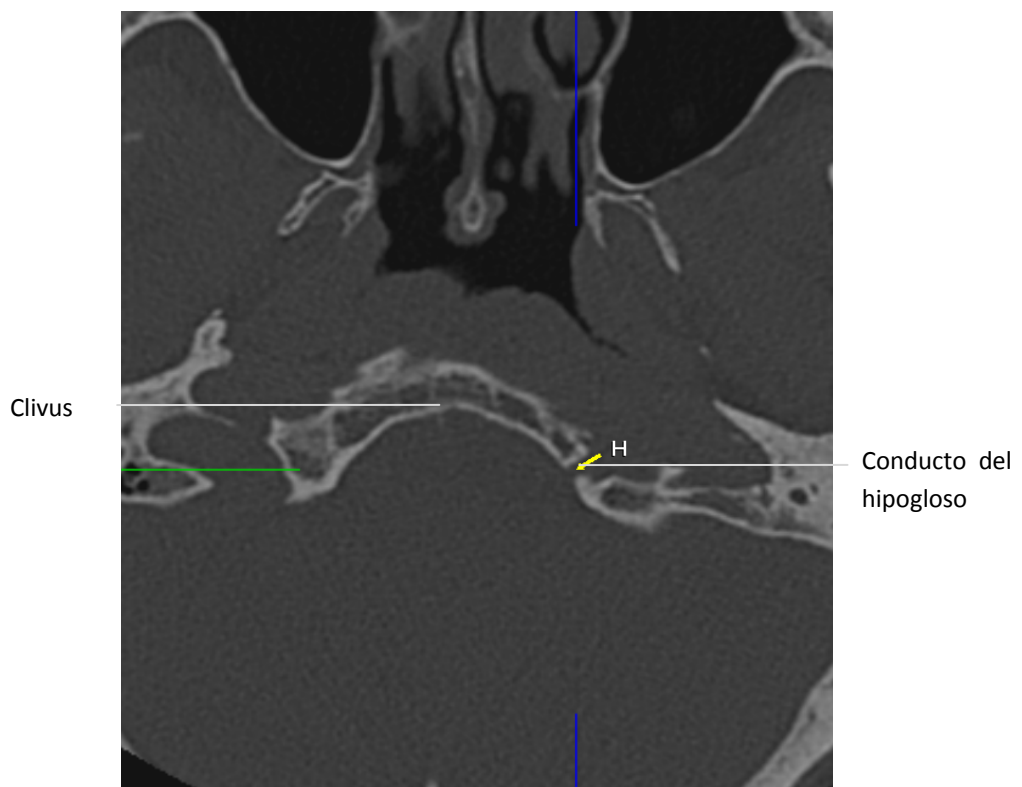
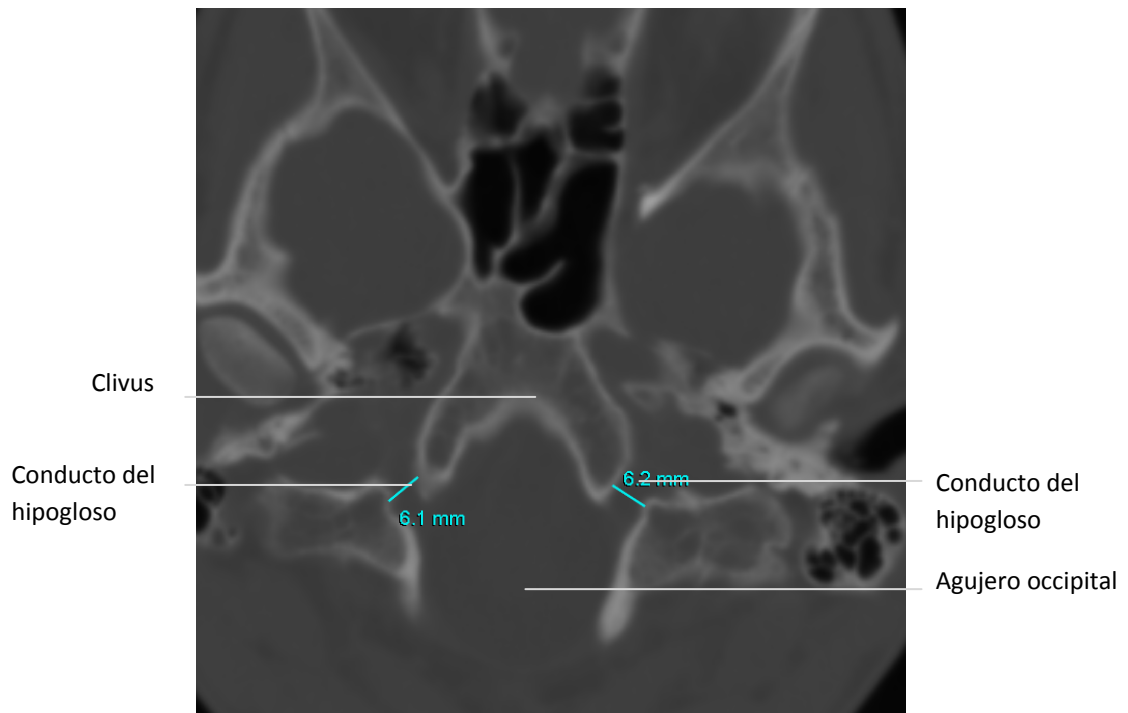
**Fig. 214.** Estudio del sistema vertebrobasilar mediante angiografía selectiva de arteria vertebral, que muestra su recorrido previo a cruzar el agujero occipital y su segmento intracraneal. En esta imagen apreciamos las ramas vertebrales y de la arteria basilar. Obsérvese que el estudio vascular mediante esta técnica es de alta sensibilidad y especificidad, no obstante, las estructuras adyacentes a los vasos no son observadas, características que si poseen tanto el TCMD como la RM.

A los lados del agujero occipital están los cuatro agujeros condileos, los dos anteriores (precondileos) y los dos posteriores (retrocondileos). **El conducto del hipogloso** (figs. 215-218) se localiza en la fosa cerebral posterior, atravesando los cóndilos del agujero occipital. A su través pasa el nervio hipogloso (figs. 219-221). Se visualiza a ambos lados del basioccipucio y es un conducto que se puede estudiar y medir sin ninguna dificultad, mediante TC en los planos axiales, resultando un diámetro transversal de  $6 \pm 2,1$  mm (figs. 216 y 217). Para el estudio del nervio hipogloso la mejor técnica es la RM, en planos axiales, empleando la secuencia FIESTA y con cortes muy finos.

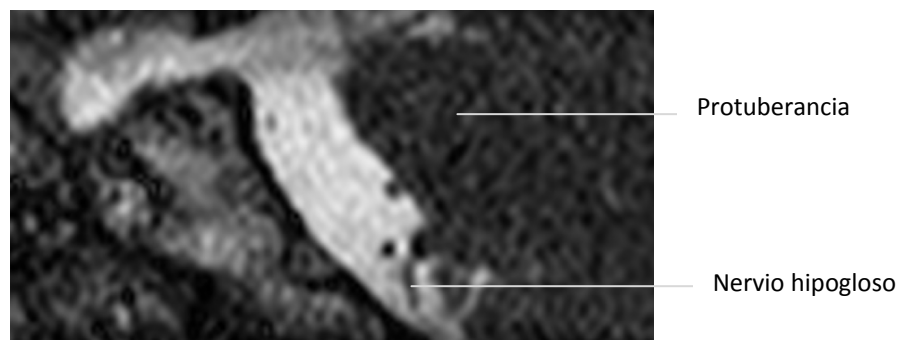
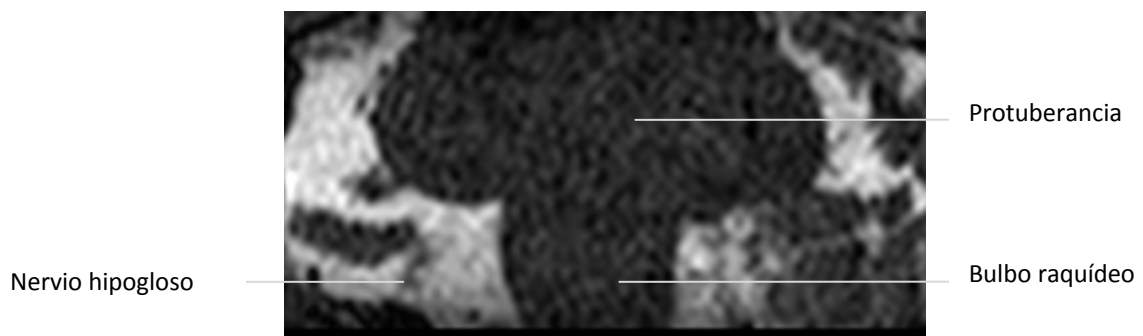
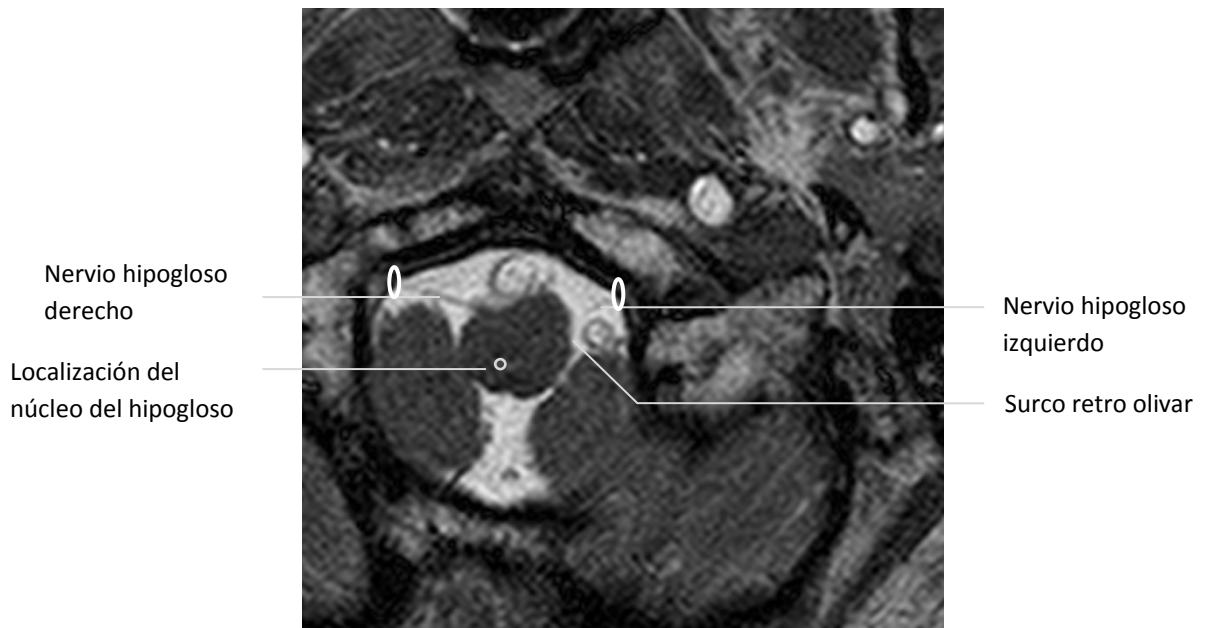




**Figs. 215 y 216.** Reconstrucciones 3D de estudio mediante TCMD con visión endocraneal, en proyección oblicua (superior) y corte sagital (inferior) donde se observa el conducto del hipogloso. Este conducto atraviesa los cóndilos del occipital, lateral al agujero magno. En la imagen inferior presentamos una medición transversal de este conducto.



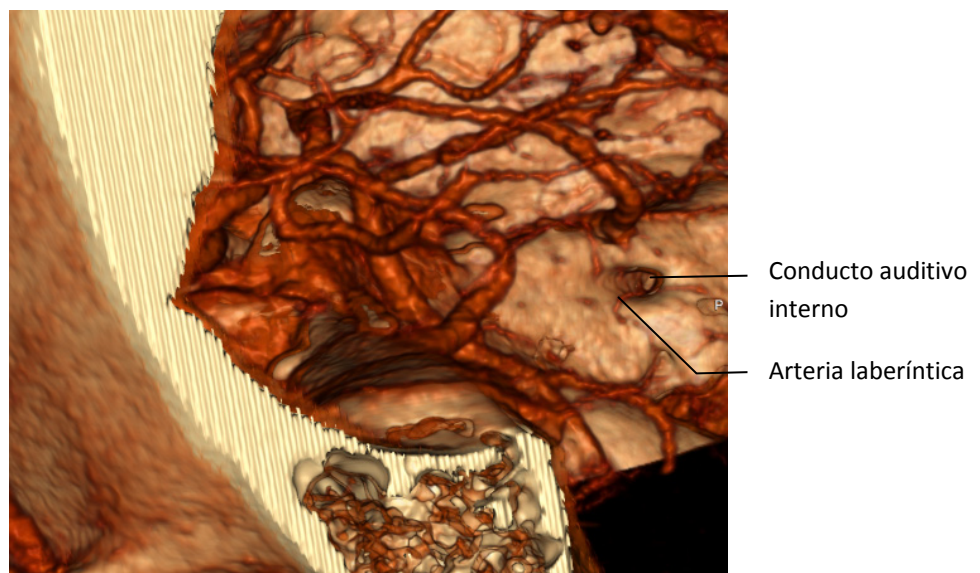
**Figs. 217 y 218.** Estudio mediante TCMD, en plano axial con dos tipos de ventanas óseas en que identificamos el conducto del hipogloso atravesando los cóndilos del occipital, en localización lateral al agujero magno. En este corte axial es posible realizar una medición transversal de este conducto.



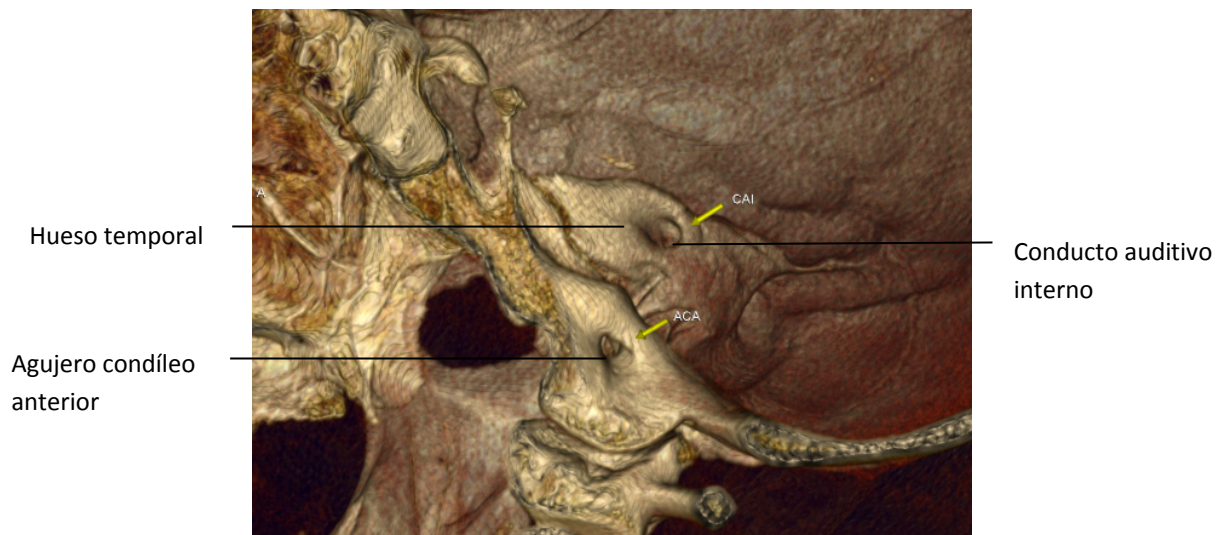
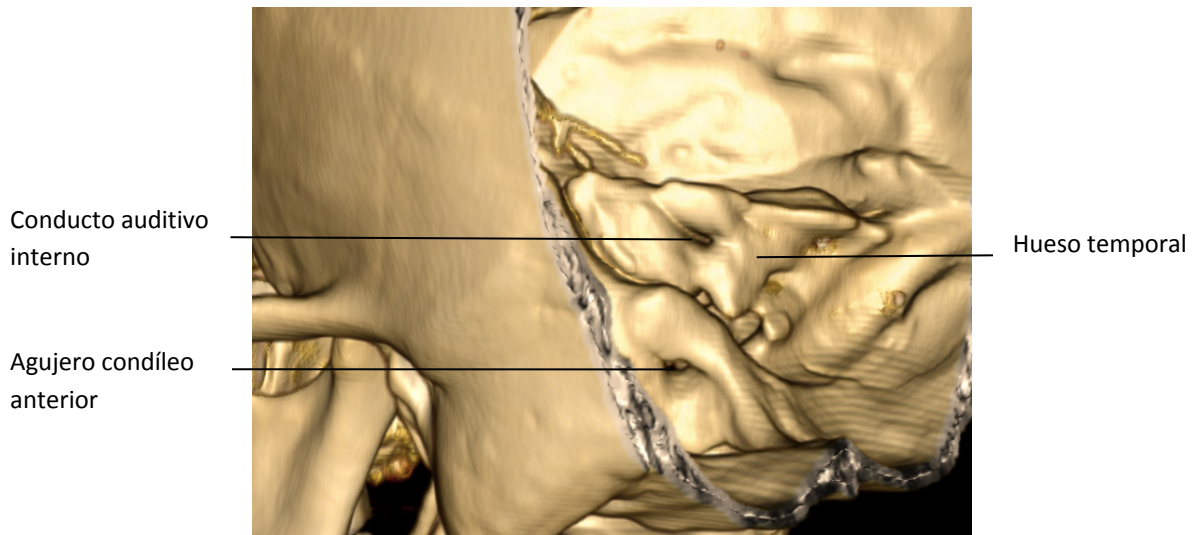
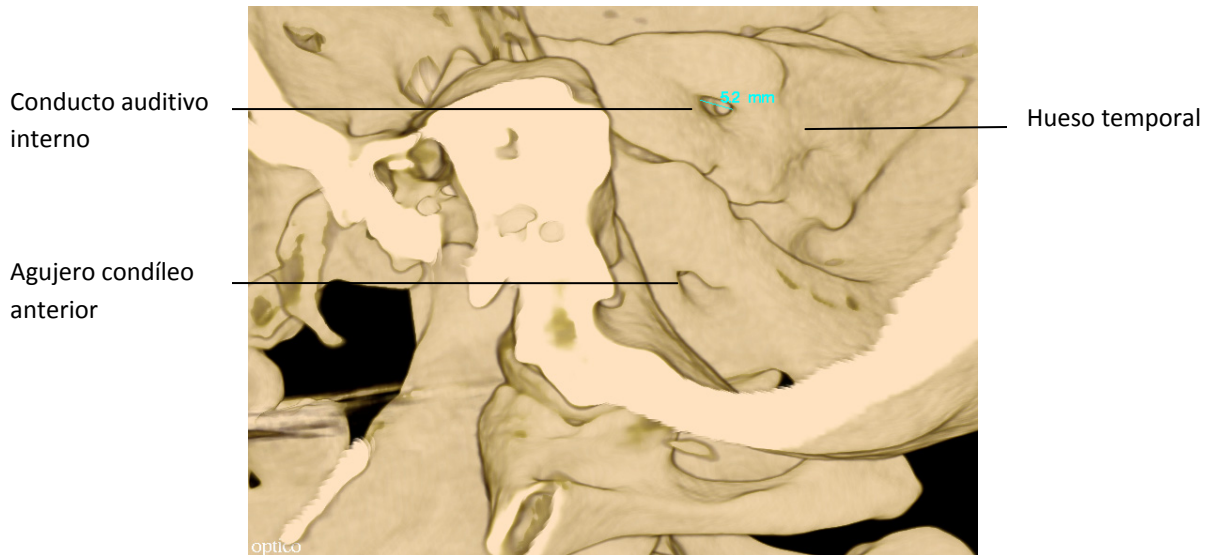
**Figs. 219, 220 y 221.** RM con secuencia potenciada en T2 (FIESTA) en incidencia axial (superior), coronal (centro) y oblicua (inferior) a través de la protuberancia/bulbo raquídeo. En las tres imágenes observamos al nervio hipogloso en su trayecto cisternal. La anatomía del segmento cisternal es variable, pero generalmente de 12 a 16 raíces surgen del surco pre olivar y se funden en dos troncos que entran en el canal del hipogloso (marcado por los círculos).

**El conducto auditivo interno (CAI)** es una excavación ósea, tubular que se encuentra dentro del hueso temporal; nace en la cara pósterosuperior del peñasco, siguiendo una dirección oblicua, hacia afuera y un poco hacia adelante (mira hacia adentro), para poner en comunicación el laberinto con la fosa cerebral posterior (figs. 222-228). Por el CAI pasan el nervio vestibulococlear o estatoacústico (VIII), nervio facial (VII) (figs. 229-237) y la arteria laberíntica (auditiva interna). El CAI, es visualizado de forma precisa en los tres planos del espacio, tanto mediante TC y RM; tiene un diámetro de 5,3 +/- 1,8 mm de diámetro anteroposterior (figs. 223 y 226). Aunque la arteria laberíntica, es prácticamente submilimétrica, mediante reconstrucciones de angio-TC, 3D ampliadas, es posible visualizarla (fig. 222).

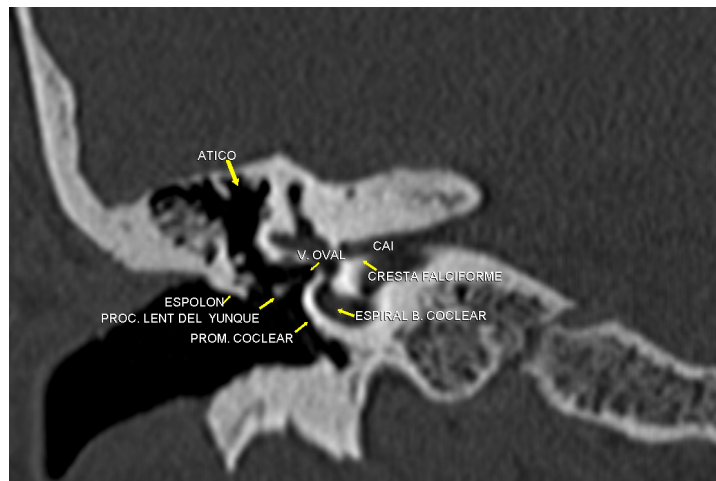
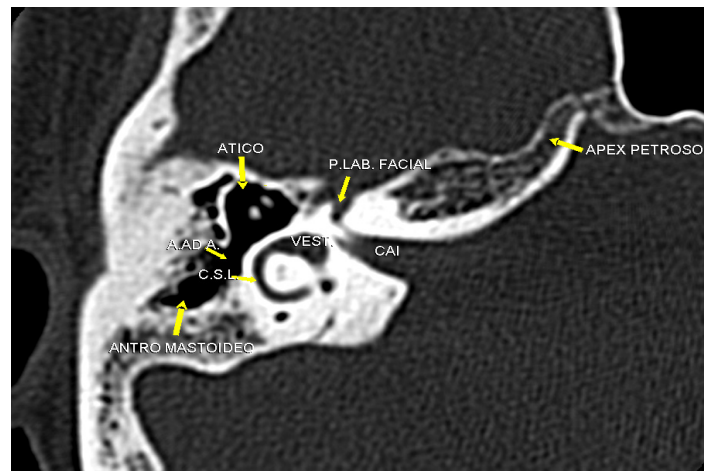
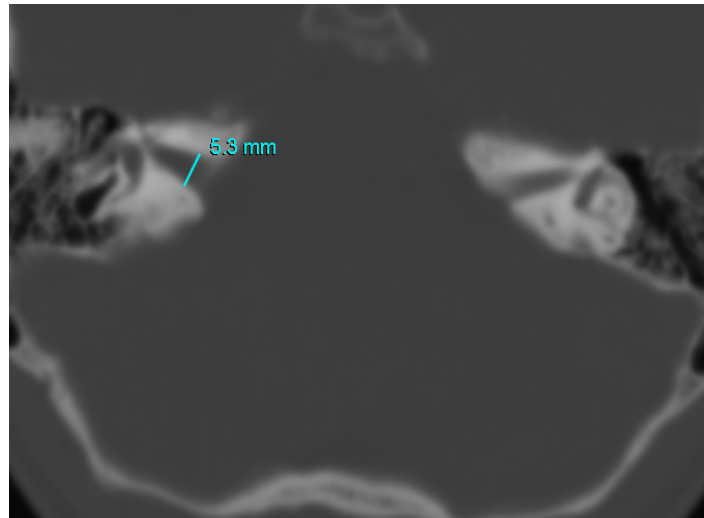
Los pares craneales que cruzan el CAI son mejor visualizados mediante RM, tanto en secuencias potenciadas en T1 como en T2, principalmente en planos axiales y coronales, no obstante nosotros preferimos la secuencia T1 coronal y FIESTA en plano axial, que lo usamos como protocolo habitual. El TC lo reservamos para el estudio de las estructuras óseas.



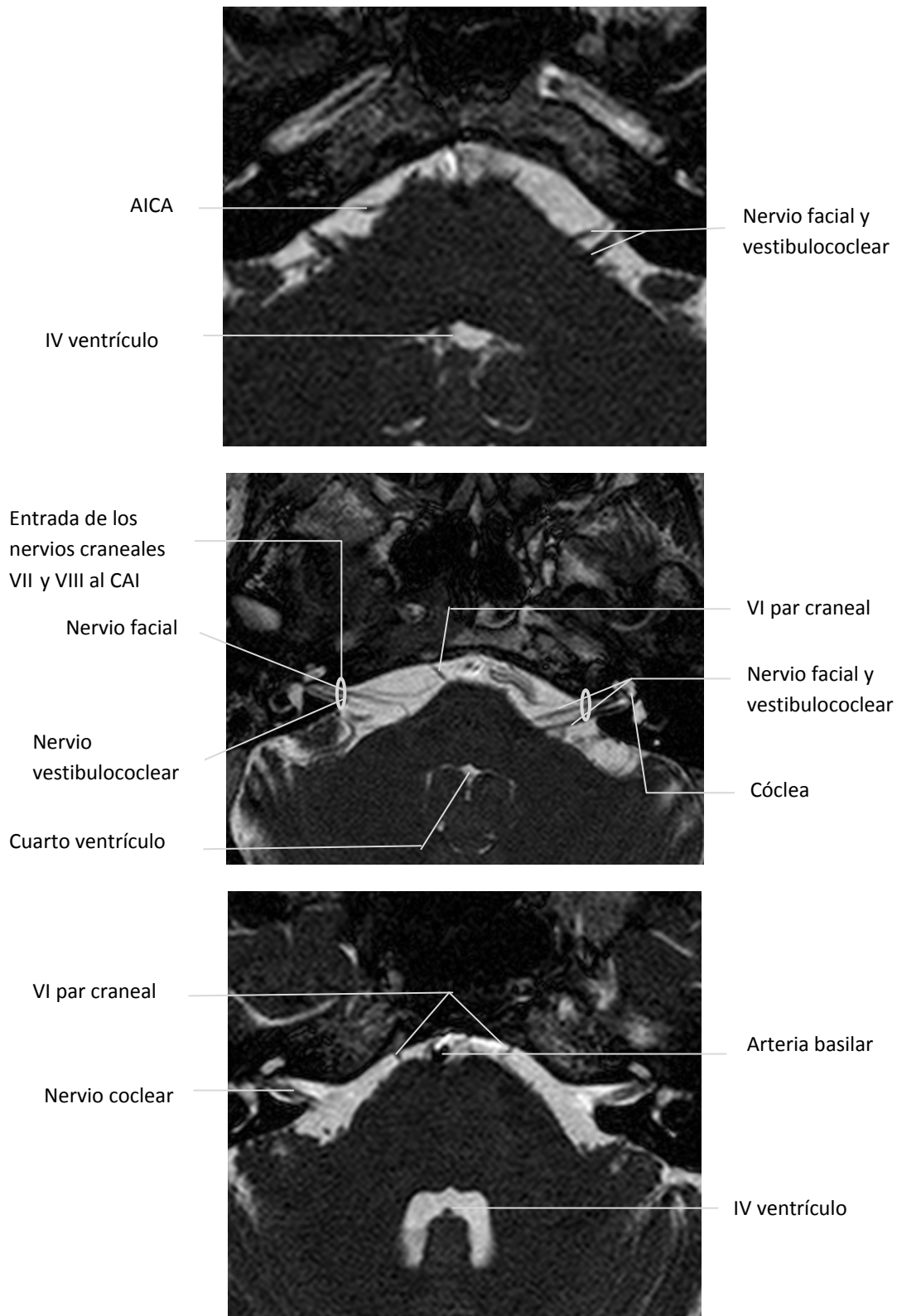
**Fig. 222.** Reconstrucción 3D de TCMD con protocolo vascular, en una proyección oblicua que muestra el conducto auditivo interno en el peñasco del temporal. En esta imagen ampliada es posible identificar la arteria laberíntica cruzando el CAI.



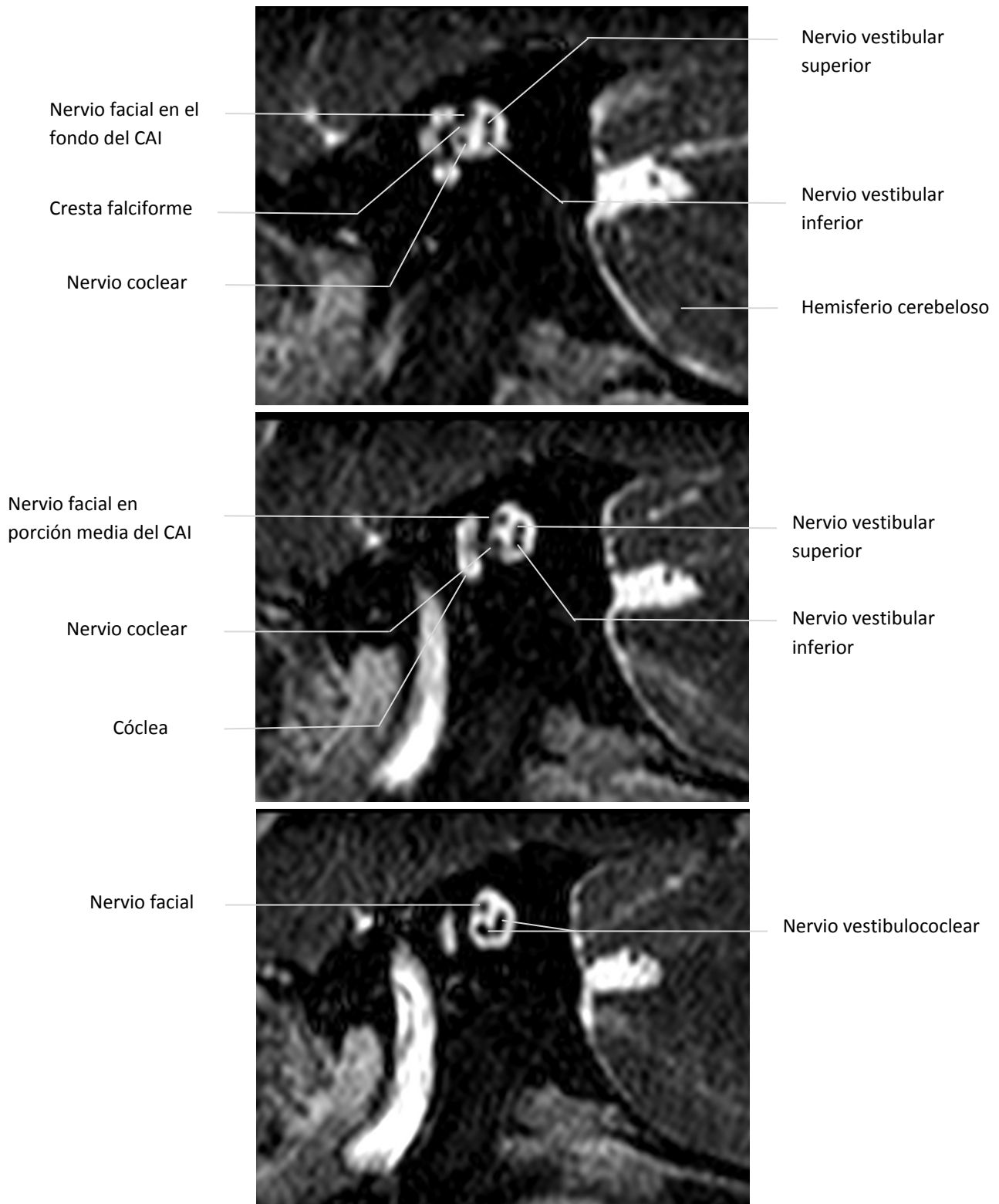
**Figs. 223, 224 y 225.** Examen de TCMD con reconstrucción en 3D, visión endocraneal y sagital del CAI incrustado en el peñasco del temporal. En las tres imágenes también se identifica el agujero condíleo anterior de localización inferior al CAI. La imagen superior nos ofrece una medición en su porción más interna.



**Figs. 226, 227 y 228.** Presentamos dos cortes axiales de TCMD (superior y centro) y un corte coronal (inferior), con reconstrucción volumétrica, con tres protocolos de ventana ósea, a nivel de la porción petrosa del temporal, donde se identifica el conducto auditivo interno (CAI) junto a otras estructuras adyacentes: vestíbulo (VEST), CSL: Conducto semicircular lateral; A. AD. A: aditus ad antrum, antro mastoideo y el ático. Adyacente a éste se identifican la cadena de los huesecillos, en la imagen inferior identificamos junto a la ventana oval (V. OVAL), que comunica oído medio con interno, otras estructuras enunciadas.

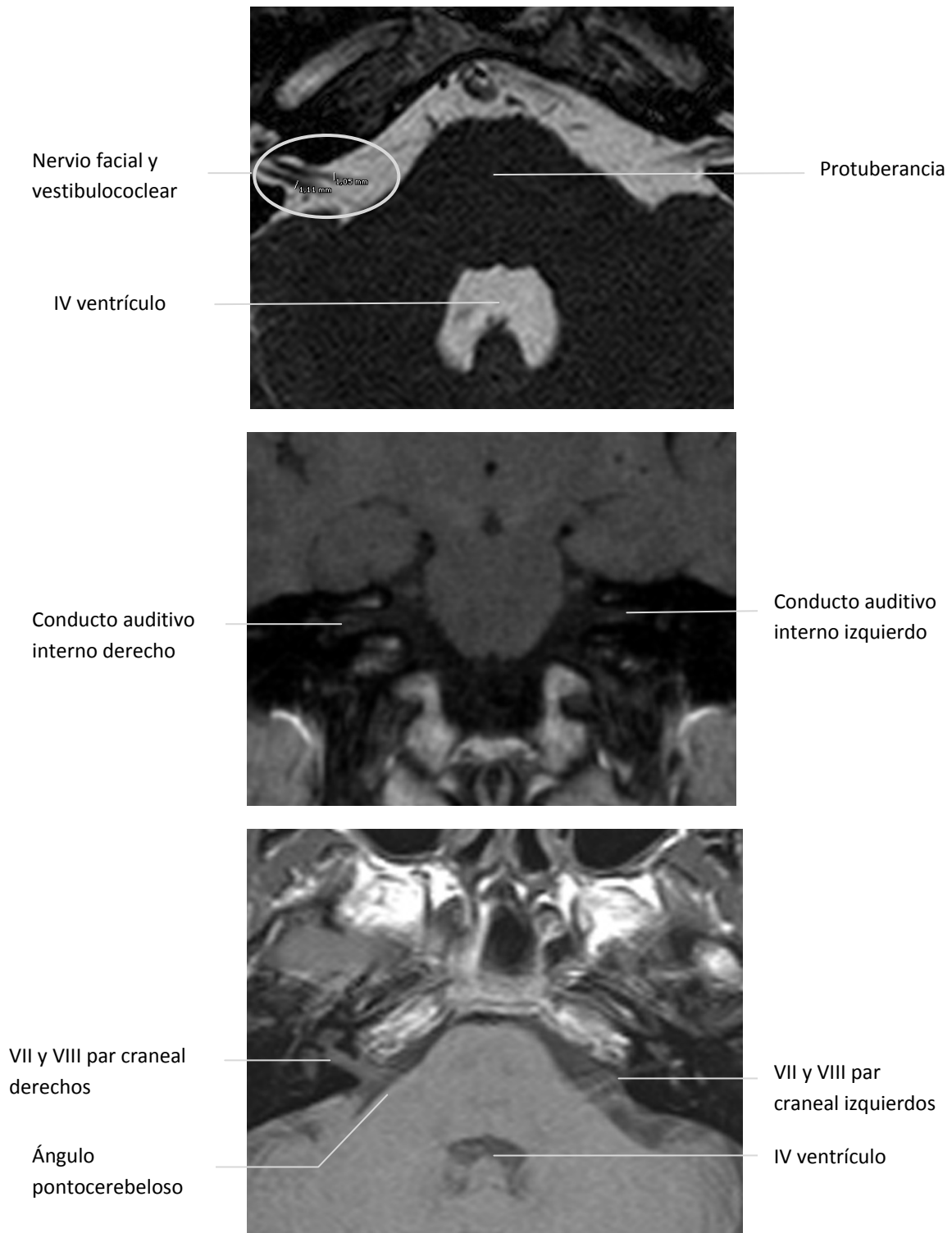


**Figs. 229, 230 y 231.** Estudio mediante RM en secuencias potenciadas en T2 (FIESTA), en cortes axiales a través de las cisternas del ángulo pontocerebeloso y el CAI, que demuestran el nervio facial y vestibulococlear en su recorrido cisternal y en el interior del CAI. Las ramas del nervio facial junto con el nervio vestibulococlear atraviesan el ángulo pontocerebeloso y se introducen en el CAI acompañados por la arteria auditiva interna. Generalmente el nervio facial se encuentra a este nivel, anterior al nervio vestibulococlear.



**Figs. 232, 233 y 234.** Reconstrucciones de RM, potenciadas en T2 (FIESTA), en incidencia oblicua a través del conducto auditivo interno (CAI). La cresta falciforme (superior) separa el fondo del CAI en porciones superior e inferior. El nervio facial está localizado ántero-superior, separado del nervio vestibular superior por un septo vertical óseo. Por debajo de la cresta falciforme se encuentran el nervio coclear y el vestibular inferior. En la porción media del CAI (centro) se observan claramente los cuatro nervios. En un corte más lateral (inferior) se identifica el nervio facial y el vestibulococlear.

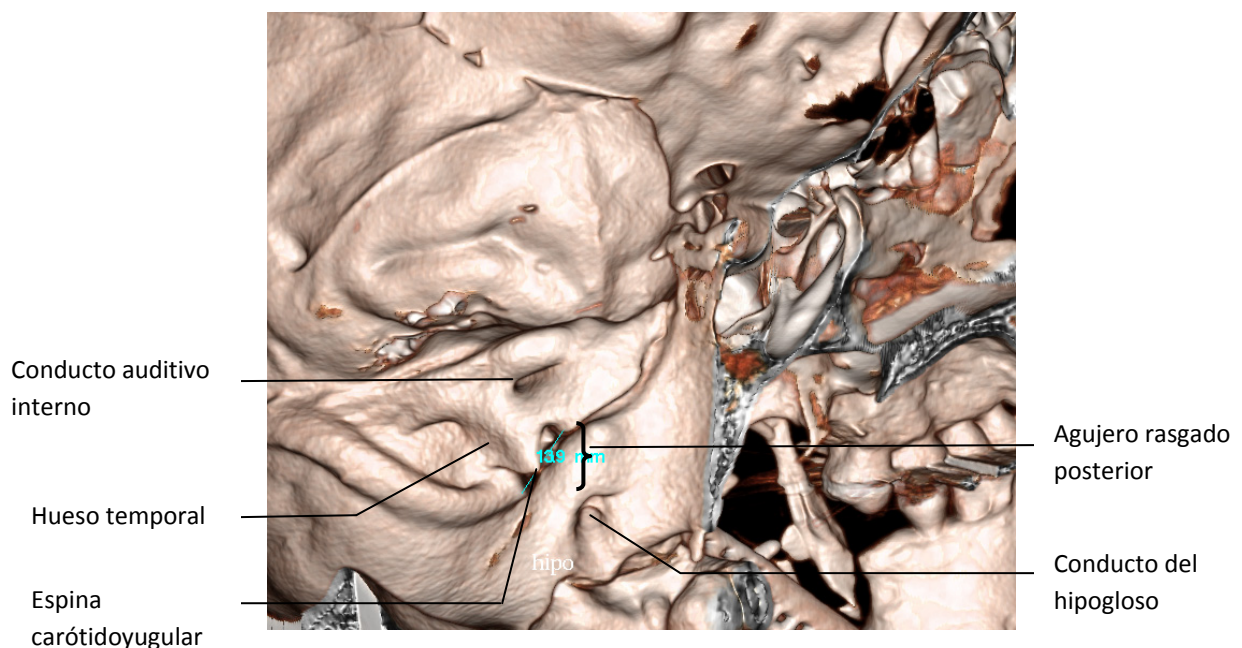




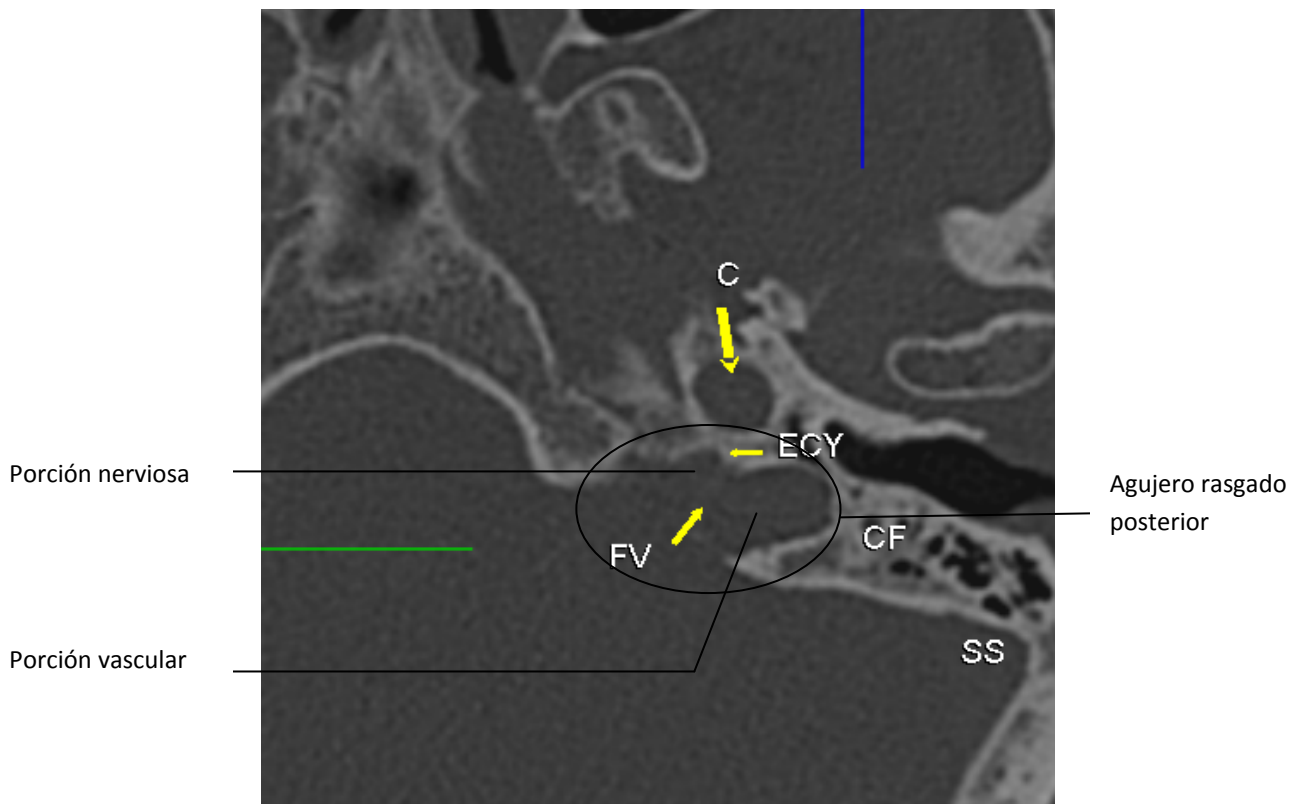
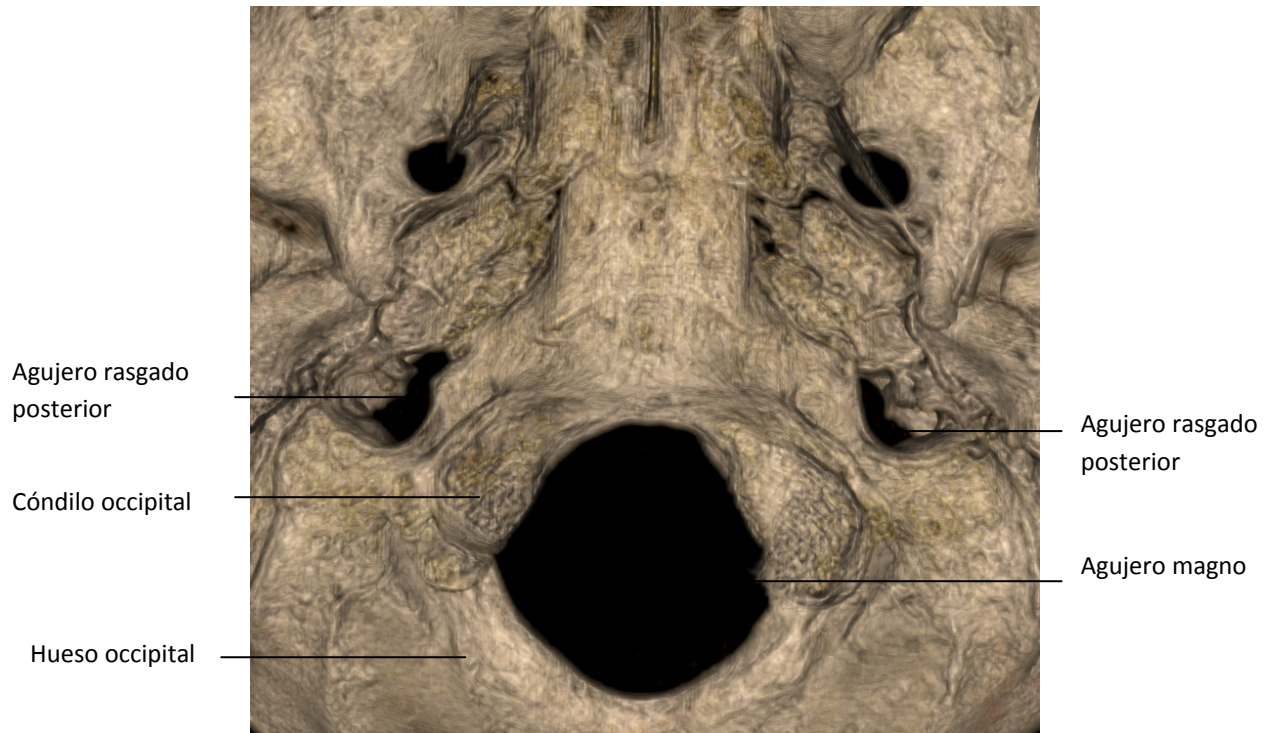
**Figs. 235, 236 y 237.** Estudio de RM potenciada en T2 (FIESTA) en corte axial (superior), a la altura del ángulo pontocerebeloso y el CAI, donde observamos de forma clara al nervio facial y vestibulococlear. En esta imagen podemos apreciar cómo es posible realizar un análisis morfométrico, de ambos nervios. Las dos imágenes inferiores están potenciadas en T1, coronal y axial respectivamente, y no es posible identificar de forma clara los nervios craneales VII y VIII. Para su correcta identificación es necesario el empleo de secuencias con cortes finos, potenciadas en T2 (FIESTA). Este ejemplo explica por sí solo dicha afirmación.

**El Agujero Rasgado Posterior** (figs. 238-244) es una abertura en la base del cráneo posterior, formada por el borde anterior del occipital y el borde posterior del peñasco del temporal, por donde pasan varias estructuras vasculares y nerviosas: el nervio glosofaríngeo (IX), nervio vago (X), nervio espinal o accesorio (XI) (figs. 246-249), el golfo de la vena yugular interna (figs. 241-245) y arteria meníngea posterior. Se divide en una pars nervosa anterior y una pars vascularis, más posterior, separadas por un septo fibroso, la espina carótidojugular (fig.240). Por la pars nervosa pasan el nervio glosofaríngeo (IX par craneal) y el seno venoso petroso inferior. En la pars vascularis encontramos la vena yugular interna, el nervio vago (X par craneal), el nervio espinal accesorio (XI par craneal) y la arteria meníngea posterior.

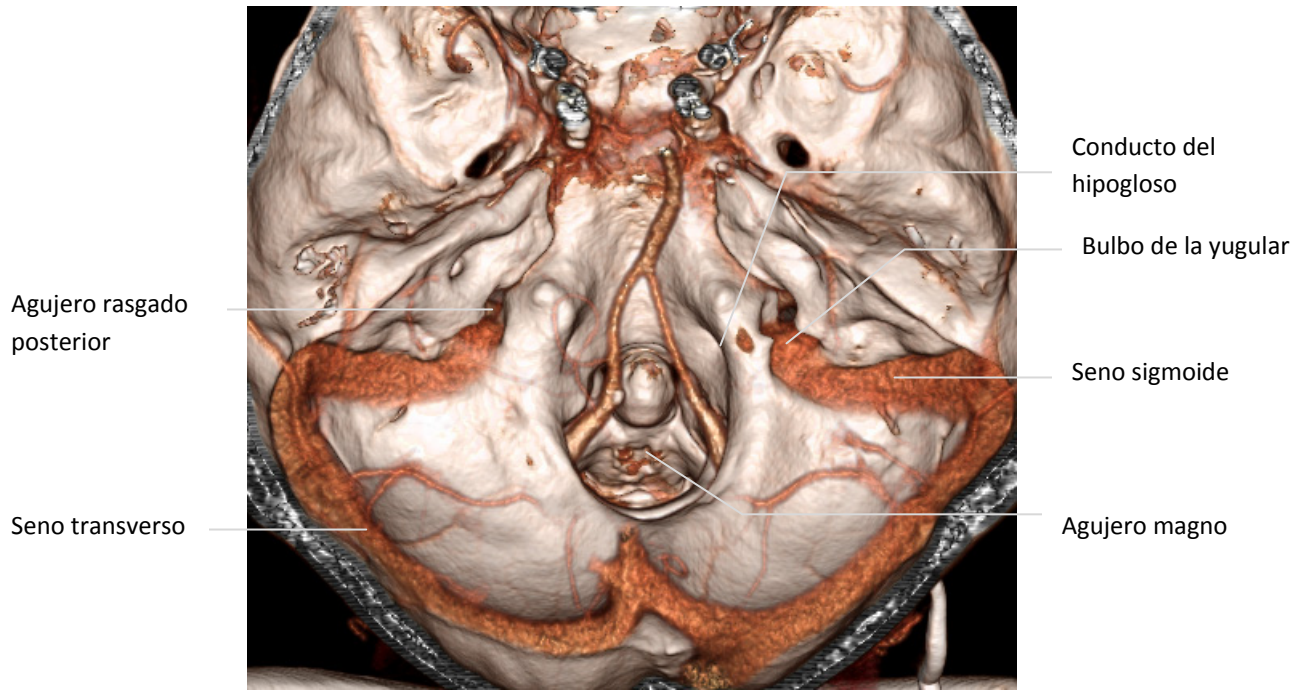
La pars nervosa presenta un diámetro transversal de  $4,2 \pm 1,5$ mm y la pars vascularis mide de anchura  $6,7 \pm 2,6$ mm (fig. 238).



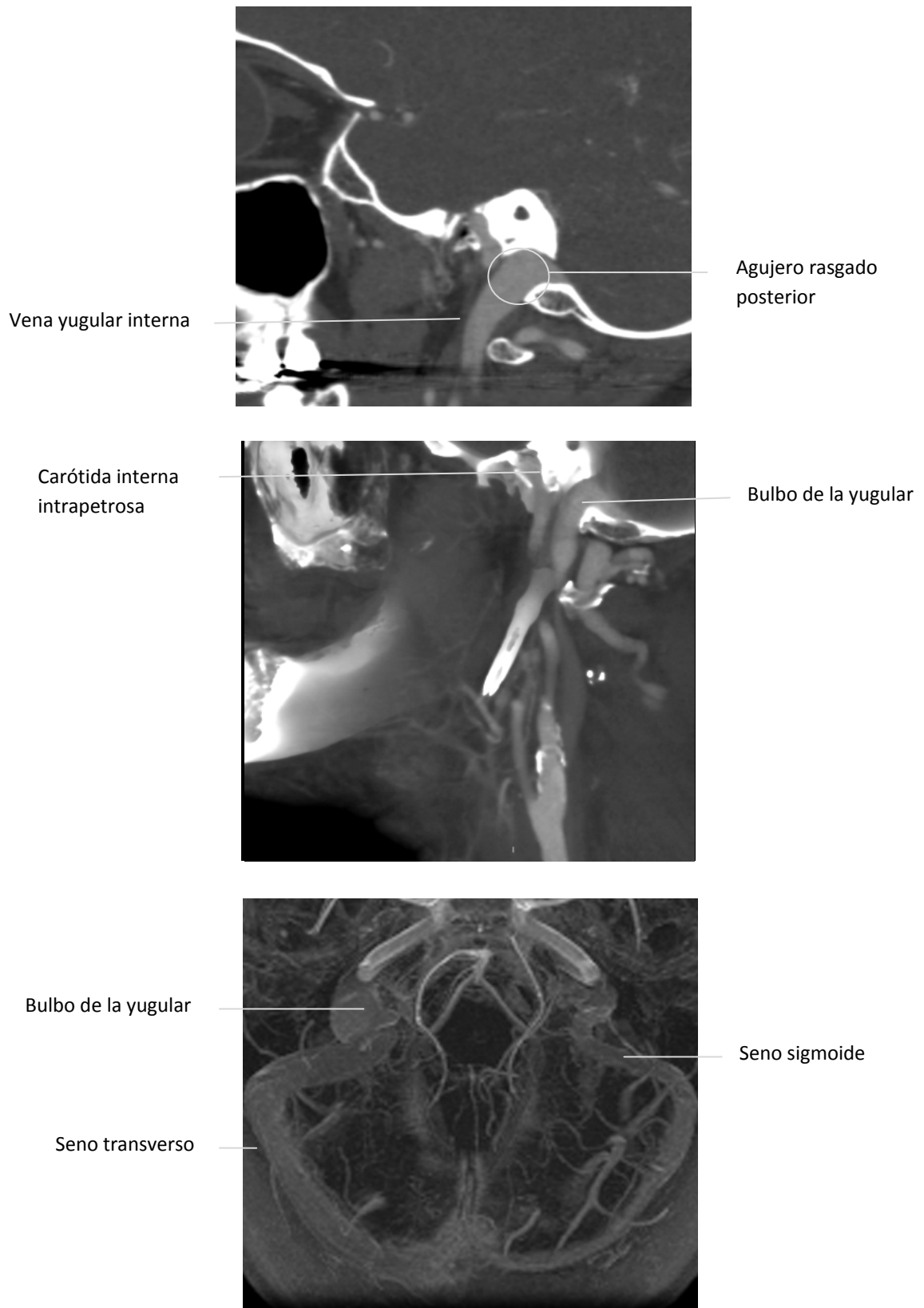
**Fig. 238.** Imagen de TCMD con reconstrucción 3D en una visión sagital, donde se observa el agujero rasgado posterior, ubicado en la porción posterior del peñasco del temporal. El conducto auditivo interno se encuentra superior y el conducto del hipogloso en localización inferior.



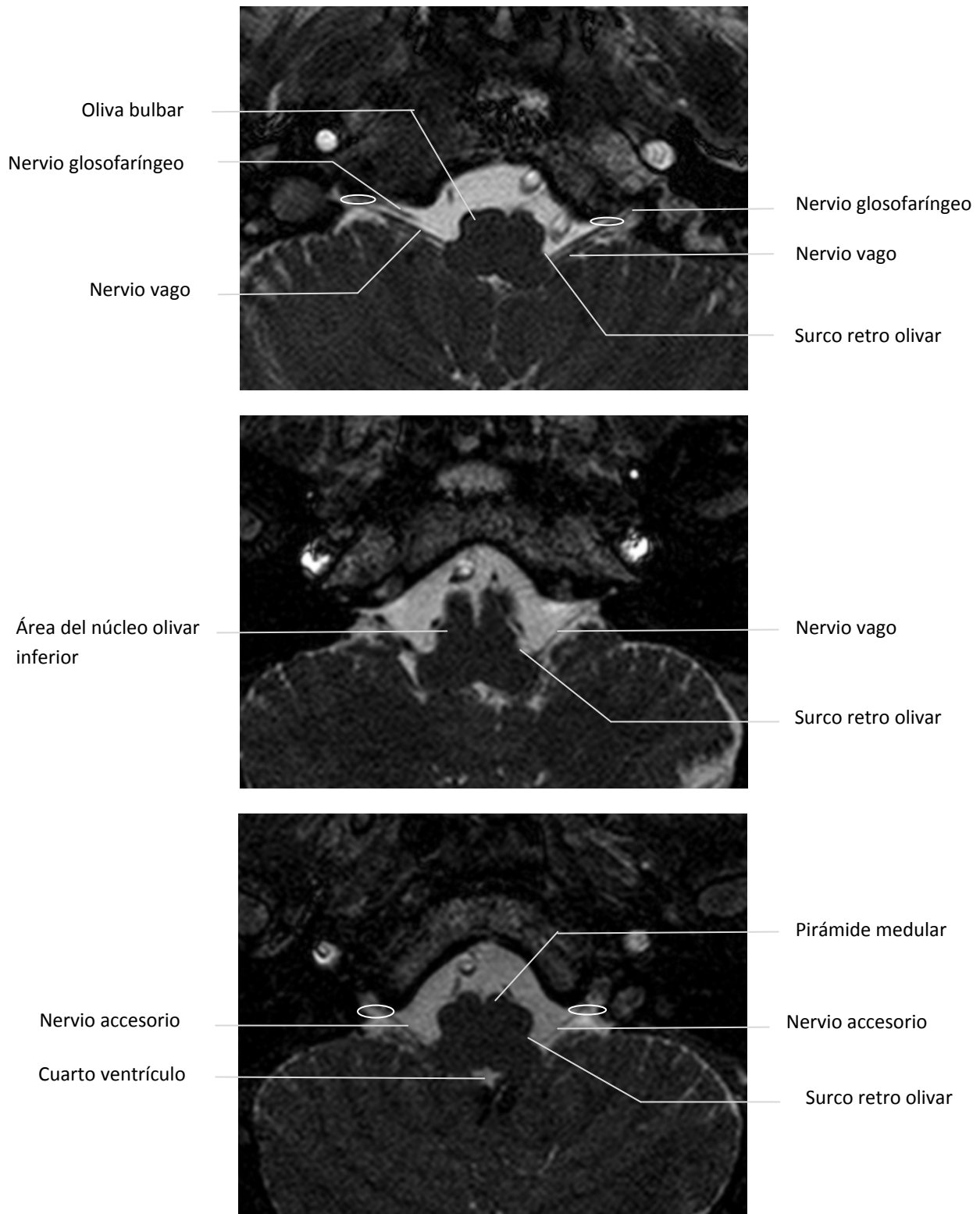
**Figs. 239 y 240.** Imagen de TCMD con reconstrucción 3D (superior) y corte axial con ventana ósea (inferior) a la altura del agujero rasgado posterior (FV), localizado en la porción posterior del peñasco del temporal y el borde anterior del hueso occipital. Observe en la imagen inferior la espina carótidoyugular (ECY) que separa la porción vascular de la nerviosa. También se identifica el canal carotídeo (C), el canal facial (CF) y el seno sigmoide (SS).



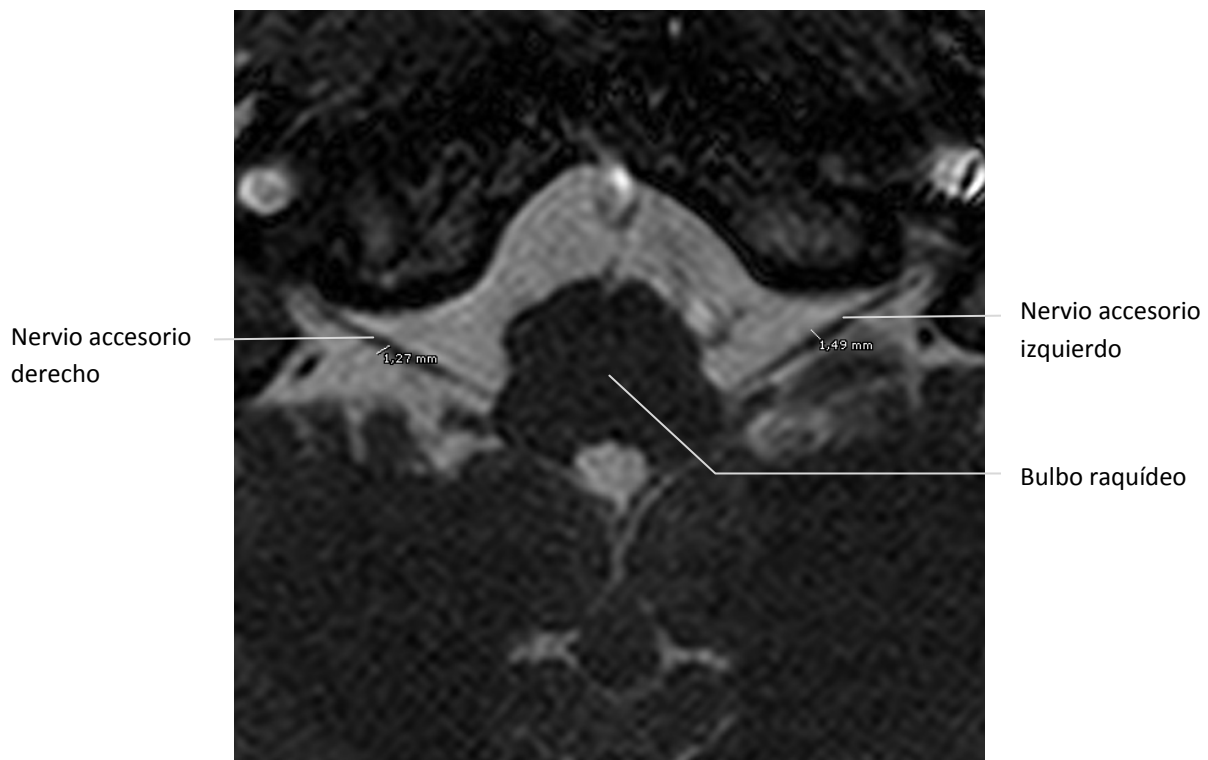
**Figs. 241 y 242.** Estudio vascular mediante TCMD con reconstrucciones 3D, en plano axial y con visión endocraneal (superior) y proyección pósteroanterior (inferior) donde se visualizan los senos venosos de la fosa cerebral posterior, que tras su recorrido intracraneal darán origen a la vena yugular interna. Posteriormente, ésta saldrá a través de la base del cráneo por al agujero rasgado posterior.



**Figs. 243, 244 y 245.** Estudio vascular de TCMD con reconstrucciones sagitales, mediante técnica MIP (superior y central) y angio-RM (inferior) donde se identifica el agujero rasgado posterior atravesado por la vena yugular, en su salida de la cavidad endocraneal. En la imagen inferior se observa el seno transverso y sigmoide (recogen la sangre venosa intracerebral) que conforman a la vena yugular interna.



**Figs. 246, 247 y 248.** Serie de imágenes de RM con secuencias potenciadas en T2 (FIESTA) y en incidencias axiales a través del bulbo raquídeo, donde apreciamos el IX - X y XI pares craneales. Todos ellos salen del bulbo raquídeo, posteriores al surco retro olivar, para luego salir del compartimiento endocraneal a través del agujero rasgado posterior (elipses). El IX par craneal es el más cefálico de los tres. Mediante el estudio de RM con cortes muy finos en secuencias potenciadas en T2, es posible su visualización. Mediante el estudio de TCMD no es posible identificarlos.



**Fig. 249.** RM potenciada en T2 (FIESTA), en incidencia axial, que ilustra el recorrido cisternal del nervio accesorio. Mediante aplicaciones informáticas es posible realizar un estudio morfométrico de una estructura tan pequeña como la que ilustramos en esta imagen.

Como en los estudios anteriores, la técnica de elección para la visualización de los pares craneales que pasan por el agujero rasgado posterior, es la RM, principalmente con cortes finos en secuencias potenciadas en T2 en planos axiales y coronales. Las secuencias con saturación grasa y tras la administración de CIV, también ayudan a mejorar su identificación. Nosotros empleamos la secuencia FIESTA en planos axiales, demostrando que es una secuencia idónea para su correcta visualización.

Para una adecuada observación de las estructuras óseas la mejor técnica, es la TCMD, usando una ventana de hueso, y de partes blandas para ver

estructuras adyacentes. Las imágenes en 3D aportan datos, que podrían pasar desapercibidos en un estudio convencional.

Para identificar la vena yugular usamos varias técnicas con resultados positivos: la angio-TC, usando una ventana vascular y mediante técnica MIP en una estación de trabajo, es observada sin ninguna dificultad; así mismo la angio-RM también es una técnica adecuada, con la ventaja que no usa radiaciones ionizantes, ni contraste yodado.

Estas dos técnicas no invasivas en muchos de los casos, sustituye la angiografía por sustracción digital (procedimiento invasivo) y poco a poco la está desplazando, por sus posibles complicaciones. La mayoría de las veces no aporta más datos significativos, reservándose en varias ocasiones, para realizar procedimientos de intervencionismo vascular, usando la angio-TC y la angio-RM, para el área diagnóstica.



**Tabla 3.** Estudio morfométrico de los agujeros y elementos vásculo-nerviosos de la fosa cerebral posterior.

| Agujero/ elemento vásculo-nervioso | Diámetro (mm) |
|------------------------------------|---------------|
| Agujero magno                      | 34,5+/-8,0    |
| Conducto del hipogloso             | 6,0 +/- 2,1   |
| Conducto auditivo interno          | 5,3 +/- 1,8   |
| Agujero rasgado posterior:         |               |
| Pars nervosa                       | 4,2 +/- 1,5   |
| Pars vascularis                    | 6,7 +/- 2,6   |
| Arteria vertebral:                 |               |
| Segmento inicial                   | 5,6 +/- 0,8   |
| Segmento intervertebral            | 5,6 +/- 0,6   |
| Segmento horizontal                | 5,1 +/- 0,6   |
| Segmento intracraneal              | 4,3 +/- 0,5   |
| Arteria basilar                    | 3,7 +/-0,5    |
| VII par craneal                    | 1,2 +/- 0,3   |
| VIII par craneal                   | 1,3 +/- 0,3   |
| IX par craneal                     | 1,1 +/- 0,2   |
| X par craneal                      | 1,2 +/- 0,3   |
| XI par craneal                     | 1,1 +/- 0,4   |
| XII par craneal                    | 1,0 +/- 0,1   |

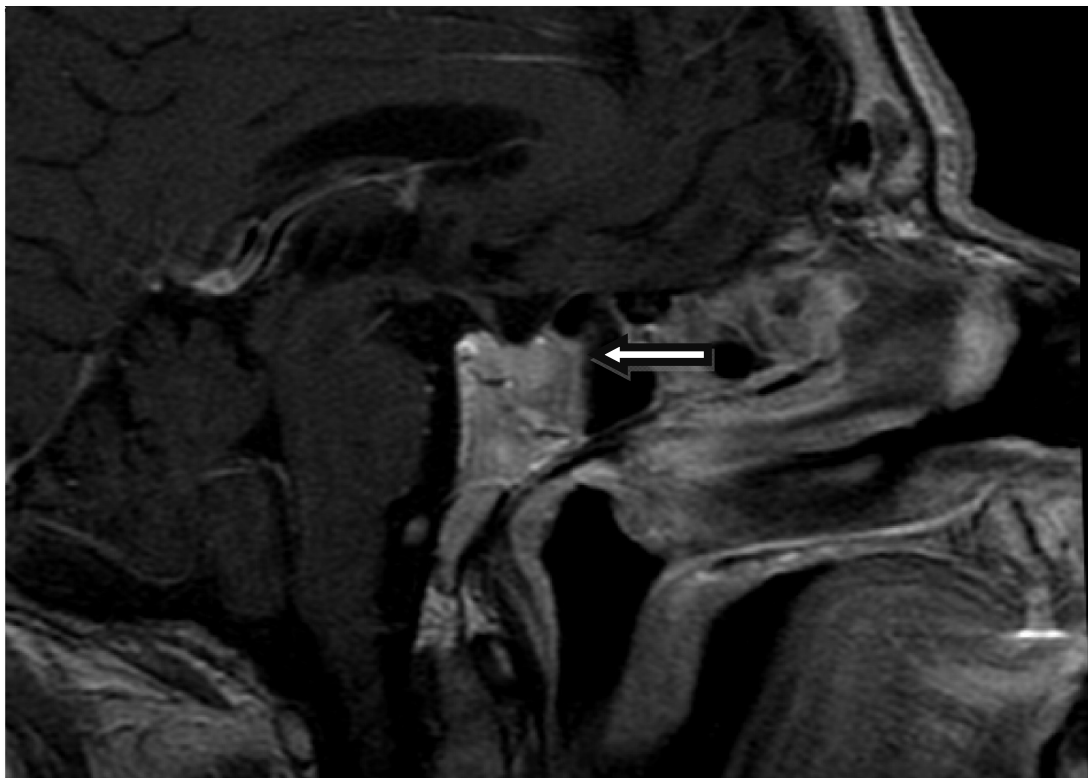
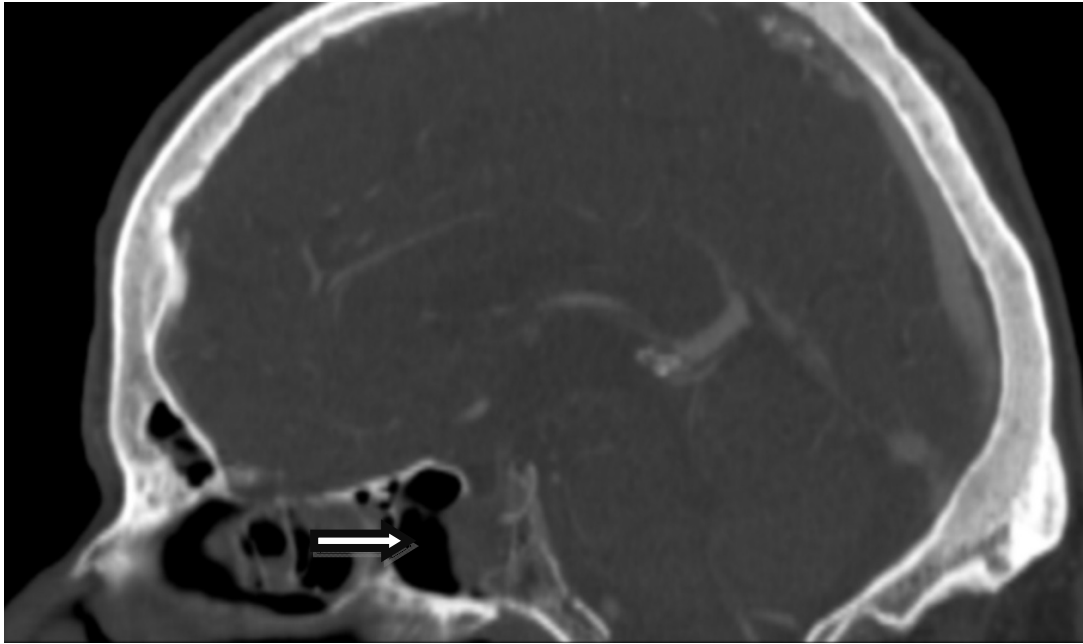
## **6.4. PATOLOGÍA FRECUENTE DE LA BASE DEL CRÁNEO**

Mencionaremos e ilustraremos algunas patologías, más frecuentes de la base del cráneo, que hemos descrito en la introducción y que son las que encontramos en los pacientes estudiados, algunas como hallazgos incidentales, aunque estamos convencidos que son múltiples las patologías tanto primarias como secundarias que pueden afectar a esta región.

### **6.4.1. TUMORES PARANASALES**

Estos tumores crecen dentro de los límites óseos de los senos paranasales, por lo que a menudo, son asintomáticos hasta que erosionan e invaden las estructuras adyacentes, entre ellas la base del cráneo.

Sus síntomas iniciales son, la mayoría de las veces, idénticos a los causados por enfermedades inflamatorias de la zona. Esto provoca que, en un elevado porcentaje, sean diagnosticados tardíamente (como nuestro paciente que se le realizó la TC por cefalea intermitente de características crónicas, mareo y otros datos clínicos inespecíficos) (figs. 250 y 251).

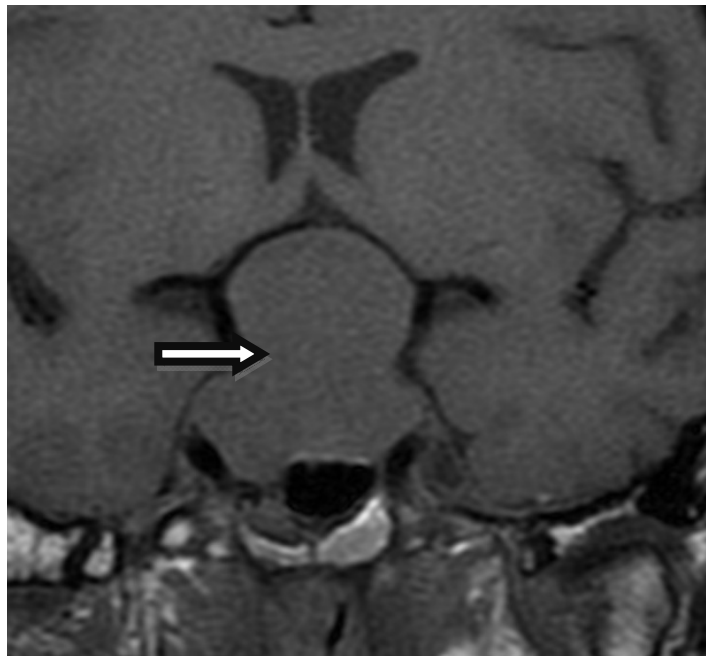


**Figs. 250 y 251.** Imagen de TC, en proyección sagital con contraste intravenoso, ventana ósea (superior) y RM potenciada en T1, en incidencia sagital tras la administración de contraste intravenoso (inferior), donde se aprecia una neoplasia en pared posterior del seno esfenoidal, que muestra importante realce de contraste. En la imagen superior se identifica como esta neoplasia afecta al clivus y comunica el seno esfenoidal con la fosa cerebral media. (En este caso se trataba de un tumor carcinoide; flechas).

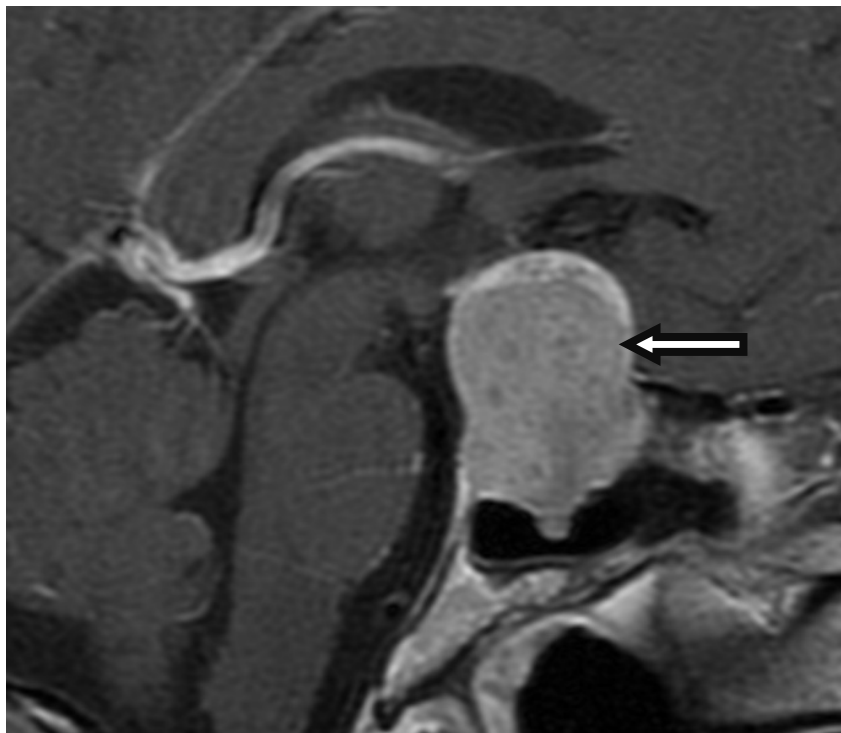
#### 6.4.2 TUMORES DEL ÁREA SELAR:

La región selar está ocupada en condiciones normales por la hipófisis y limitada superiormente por el quiasma óptico. Puede verse afectada por diferentes lesiones. Dentro de las tumorales se incluyen adenomas, craneofaringiomas, meningiomas, gliomas, tumores de células germinales, cordomas, metástasis, entre otras. Cuando estas lesiones afectan estructuras neurooftalmológicas se producen alteraciones visuales, siendo la causa más frecuente, adenomas hipofisarios y craneofaringiomas, pudiéndose asociar con síntomas neurológicos y endocrinológicos.

La TCMD es una técnica muy sensible para el estudio de estas lesiones, no obstante, cabe destacar que la RM es la técnica de elección para el estudio de las alteraciones del área selar (figs. 252-254).



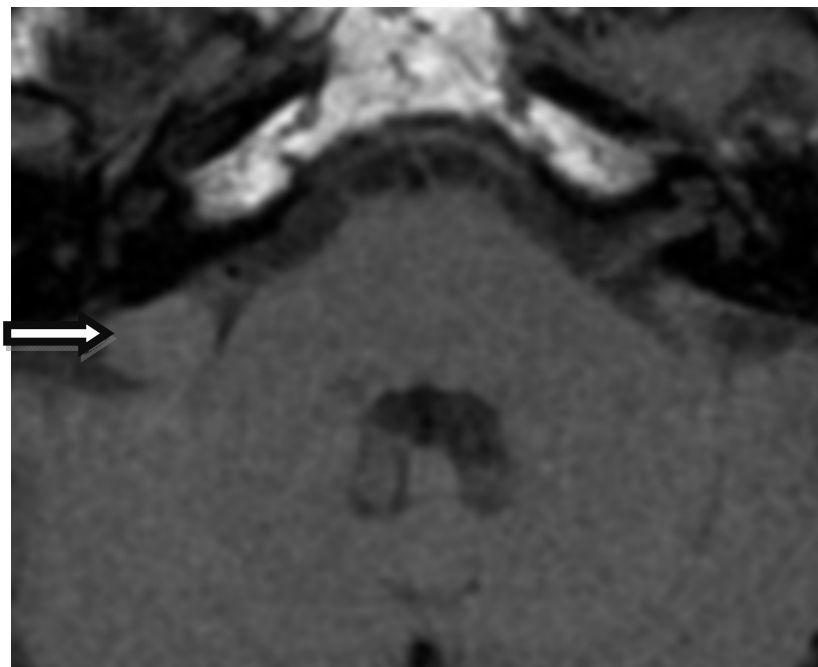
**Fig. 252.** La RM coronal potenciada en T1, sin contraste intravenoso, muestra el clásico aspecto de un macroadenoma en “número 8 ó muñeco de nieve”. La glándula hipófisaria no puede identificarse, separada de la masa, la glándula es la masa (flecha).



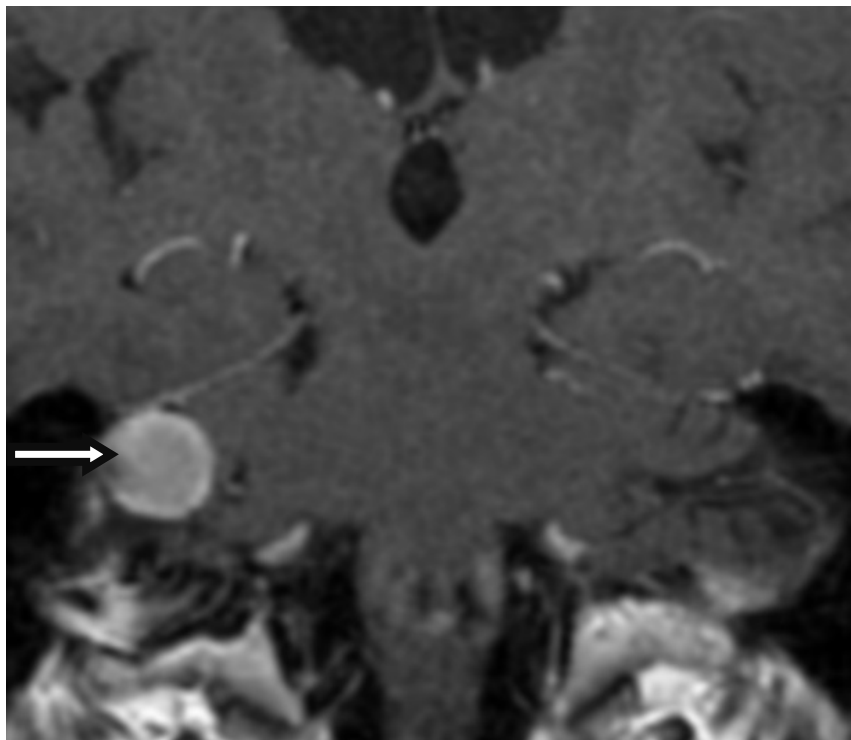
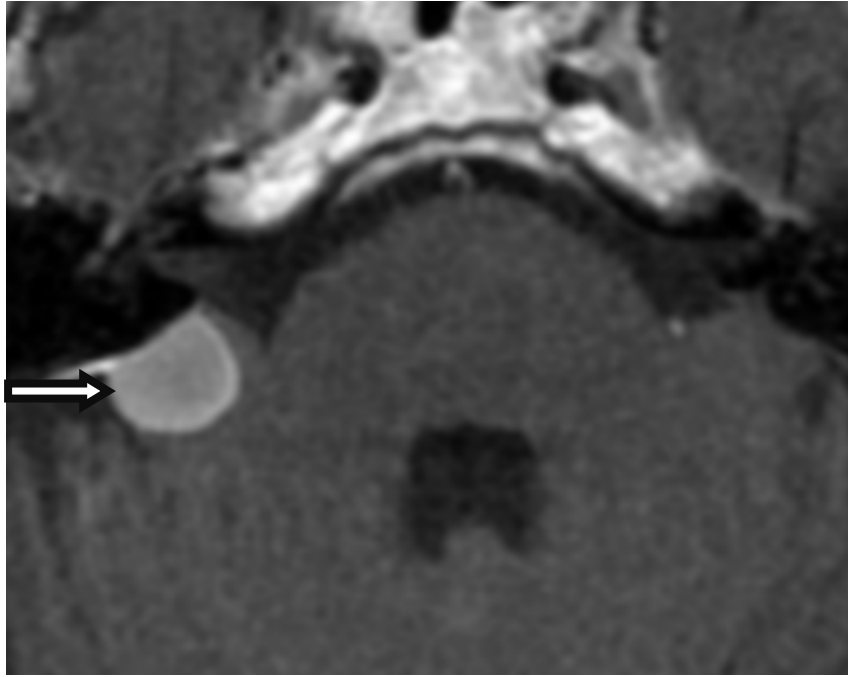
**Figs. 253 y 254.** RM sagital, potenciadas en T1 sin administración de CIV (superior) y tras la administración del mismo (inferior) que ilustran la gran masa hipofisaria, compatible con un macroadenoma (flechas). Presenta realce homogéneo tras la administración de contraste intravenoso. El gran tamaño de la masa puede comprimir estructuras adyacentes, como el quiasma óptico y presentar alteraciones visuales, típico de esta patología.

### 6.4.3 MENINGIOMAS

Son masas que se originan en las células aracnoideas meningoteliales de la duramadre. La mayoría de los meningiomas presentan características histológicas benignas. Radiológicamente son lesiones redondeadas, con amplia base de implantación en la duramadre, de contornos bien definidos, con presencia de cola dural, hiperostosis local y una captación importante y homogénea de contraste intravenoso. En nuestro hospital no es infrecuente encontrar este tipo de lesiones, muchas de ellas asintomáticas o como hallazgo casual en la exploración craneal por otras entidades. La mayoría se concentran en la convexidad y región parasagital, aunque también pueden afectar a la base del cráneo. Es una patología de predominio femenino y con una incidencia mayor en la personas de mediana edad, entre 20-60 años (figs. 255, 256 y 257).



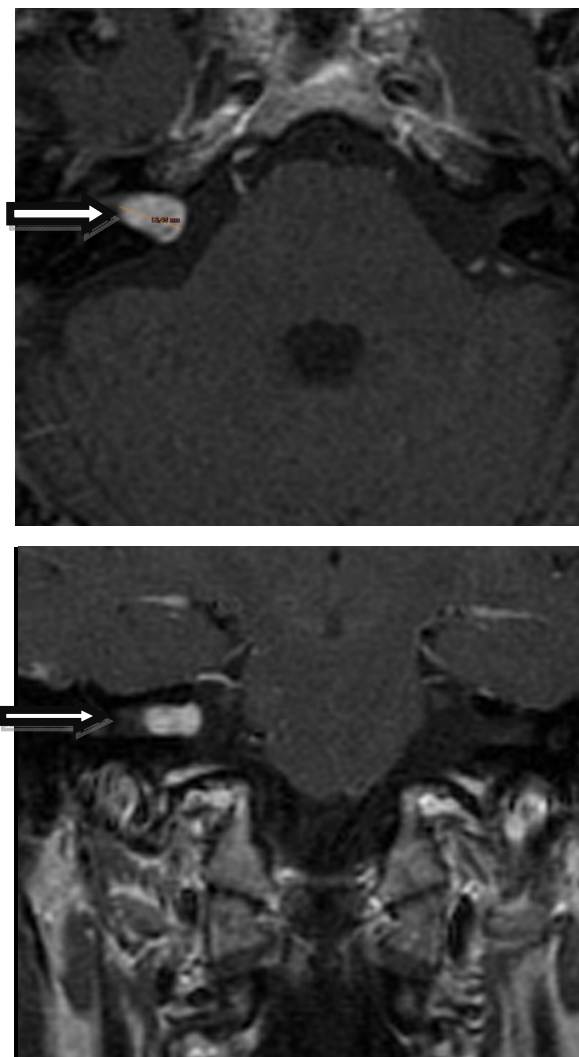
**Fig. 255.** RM potenciada en T1 en incidencia axial, a la altura de la fosa cerebral posterior, donde se aprecia una lesión tumoral ovalada, de bordes lisos, con importante base de implantación dural localizada en el ángulo pontocerebeloso derecho (flecha).



**Figs. 256 y 257.** RM potenciadas en T1 axial (superior) y coronal (inferior) donde se aprecia una lesión localizada en el ángulo pontocerebeloso derecho, redondeada, de bordes lisos y bien definidos, con implantación y cola dural. Tras la administración de contraste intravenoso se pone de manifiesto un realce homogéneo e intenso (flechas), típico del meningioma. Estos tumores son en la mayoría de los casos benignos, aunque existen algunos que pueden ser francamente malignos y muy agresivos.

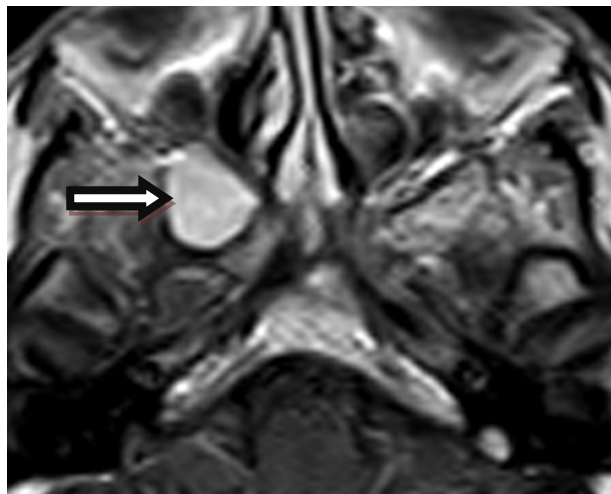
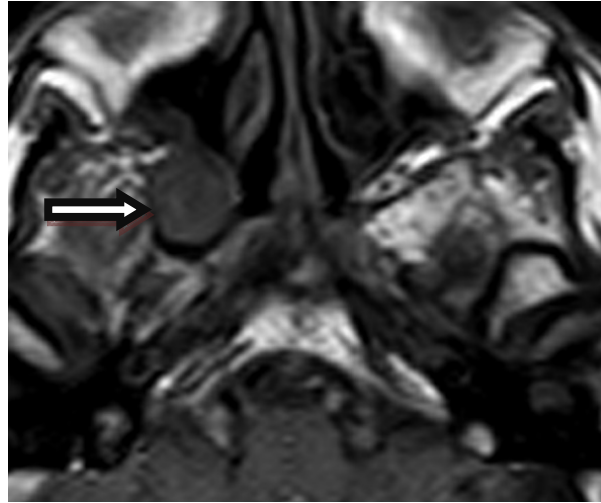
#### 6.4.4 NEURINOMAS

El par craneal más frecuentemente afectado es el VIII o nervio estatoacústico. El examen mediante TC puede evidenciar un ensanchamiento del CAI por el crecimiento tumoral, aunque la técnica de elección para su estudio es la RM. Suelen ser isointensos o discretamente hipointensos en las secuencias potenciadas en T1 y presentan realce importante y homogéneo después de la administración de CIV (figs. 258 -262).



**Figs. 258 y 259.** RM potenciada en T1, en incidencia axial (superior) y coronal (inferior) centradas a la altura de CAIs, obtenidas tras la administración de CIV. Se identifica una lesión en el ángulo pontocerebeloso derecho (flechas), hiperintensa, ovalada y de bordes bien definidos, de predominio intracanalicular (conducto auditivo interno) en el recorrido de los pares craneales VII y VIII. Por su frecuencia, sus características radiológicas y su localización típica, esta lesión corresponde a neurinoma de VIII par craneal.

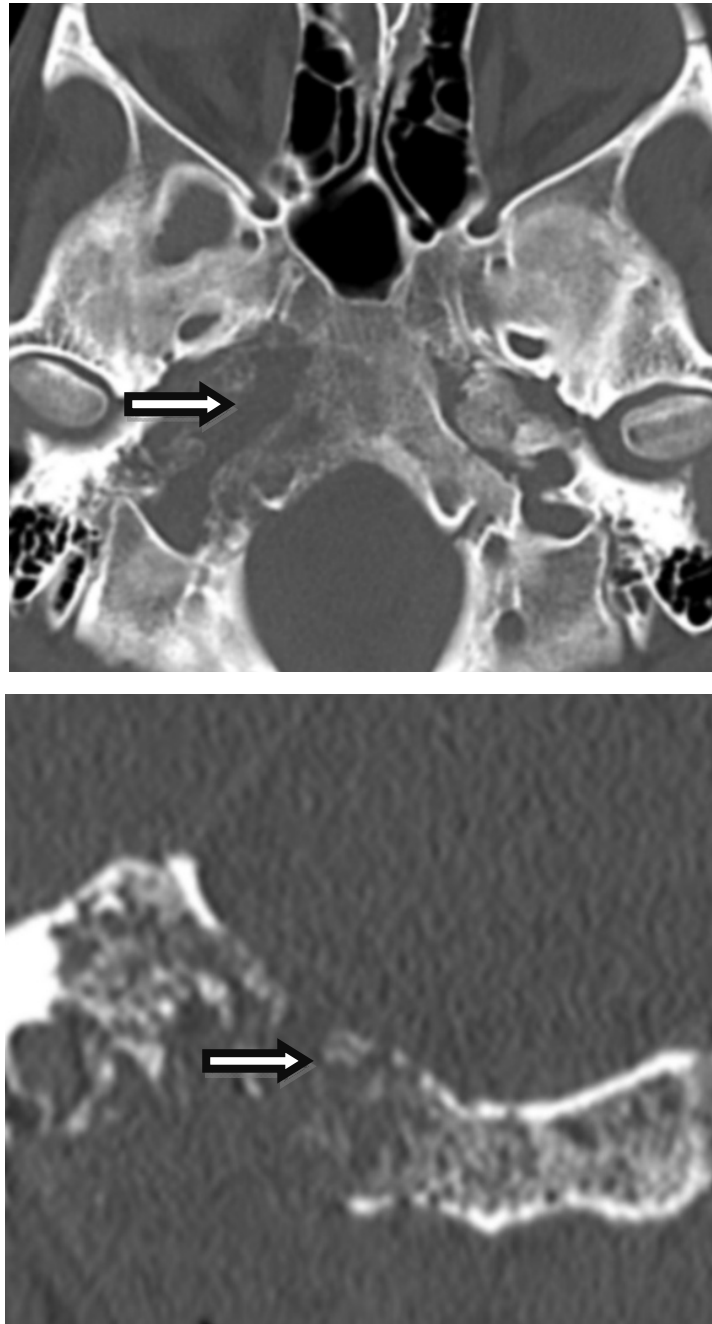




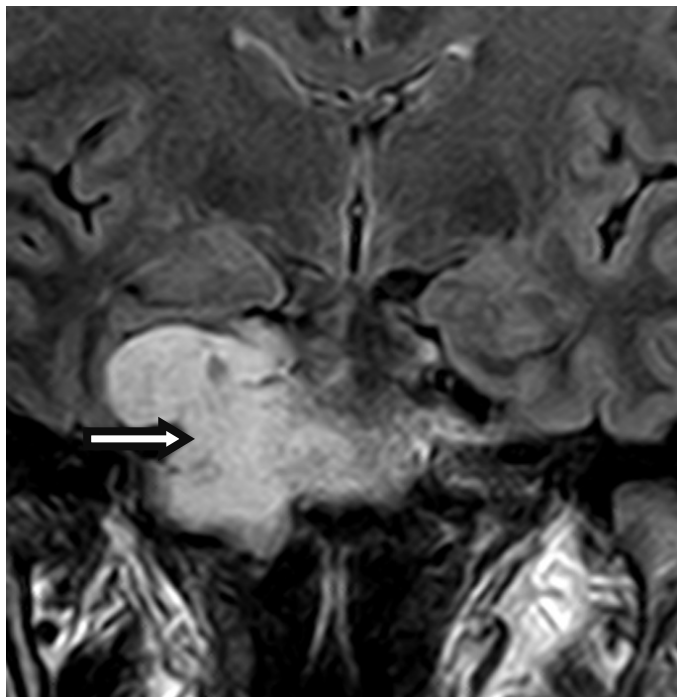
**Figs. 260, 261 y 262.** RM potenciadas en T1, axial sin contraste intravenoso (superior), axial y coronal tras la administración del mismo, que ponen de manifiesto, una lesión isointensa en T1 sin CIV, hiperintensa tras la administración de CIV, redondeada, de bordes lisos y bien definidos, localizada en la fosa pterigopalatina derecha, compatible con neurinoma de la rama maxilar del nervio trigémino (flechas). Obsérvese el realce homogéneo que presentan estas lesiones tras la administración de CIV.

#### 6.4.5. TUMORES ÓSEOS

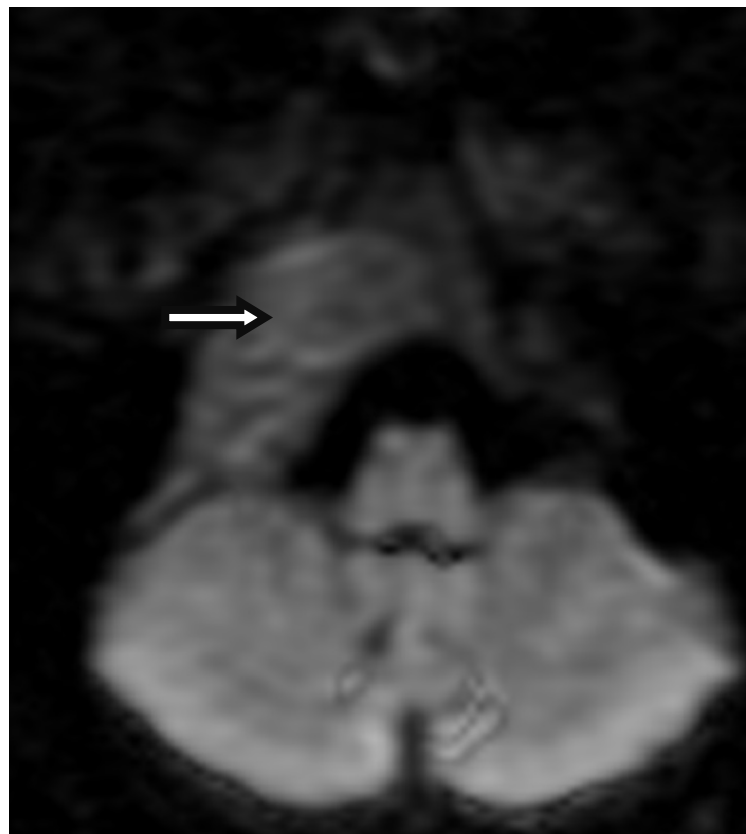
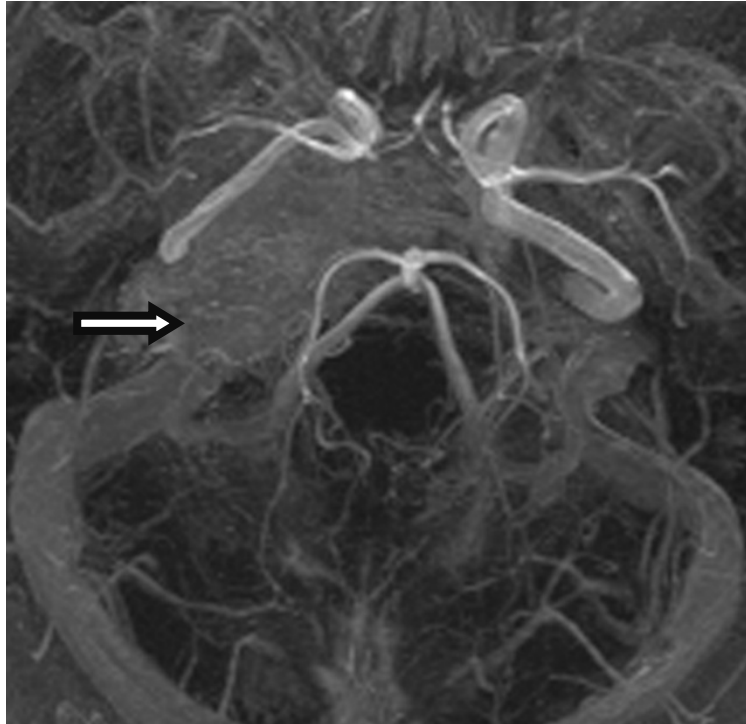
La base del cráneo puede ser afectada por cualquier tipo de tumores óseos primitivos y metastásicos. Por su trascendencia destacan los cordomas y los condrosarcomas, tumores de origen notocordal que crecen de forma invasiva en línea media o paramedial (figs. 263 a 268).



**Figs. 263 y 264.** TC axial y coronal, con reconstrucción de ventana ósea a través de la base del cráneo, que muestra gran afectación neoplásica a nivel de la región petroclival y peñasco derecho (flechas), con carácter destructivo y agresivo. El diagnóstico de esta lesión neoplásica fue compatible con cordrosarcoma.



**Figs. 265 y 266.** RM potenciada en T2 (FIESTA) en incidencia axial (superior) y coronal, potenciada en FLAIR (inferior) donde se visualiza la misma lesión que en las imágenes anteriores (flechas). Provoca afectación de estructuras adyacentes. En la imagen superior se observa que prácticamente contacta con los pares craneales VII y VII derechos y en la inferior se aprecia invasión del seno cavernoso y carótida interna ipsilateral, ocupando parcialmente el agujero rasgado posterior. La lesión presenta un patrón agresivo con extensión hacia el lado contralateral.



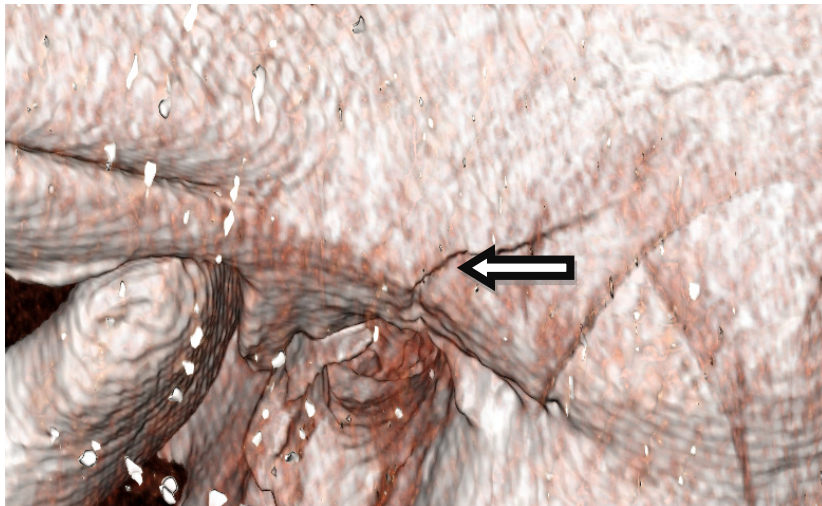
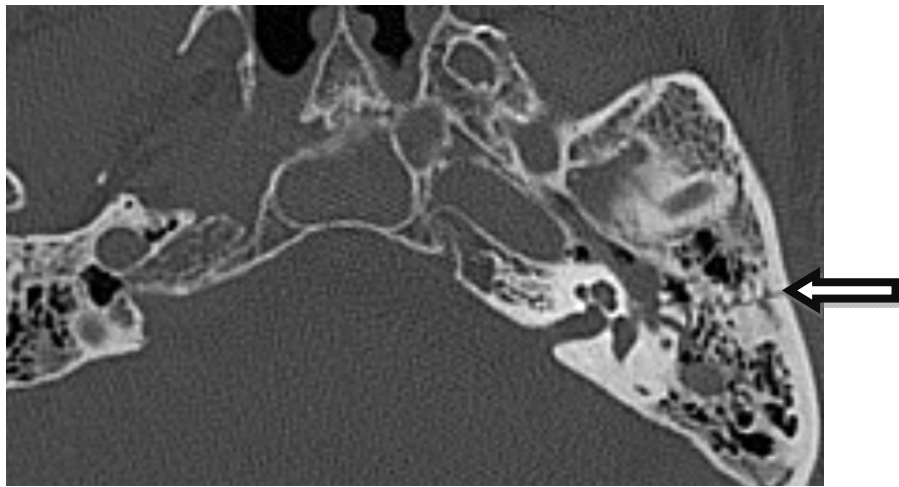
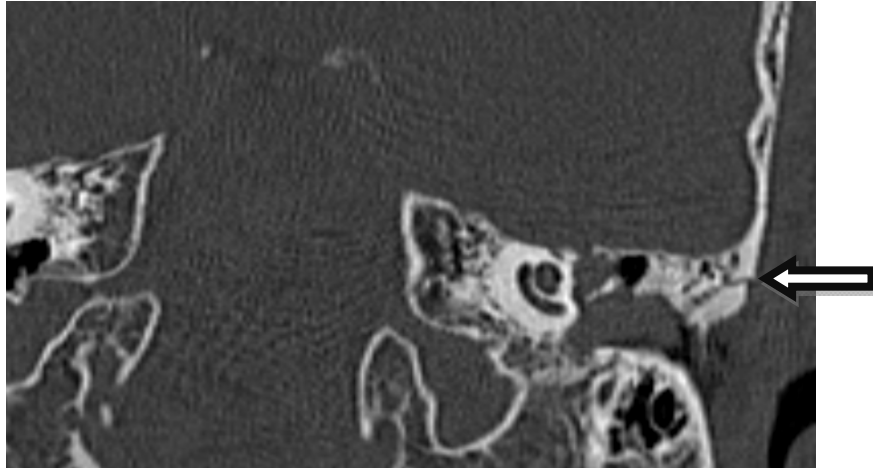
**Figs. 267 y 268.** Estudio vascular mediante Angio RM (superior) de la misma lesión tumoral, donde se pone de manifiesto la afectación de la carótida interna derecha y ocupación del bulbo de la yugular con invasión al agujero rasgado posterior homolateral (flecha). En el estudio de difusión mediante RM (inferior) se identifica lesión hiperintensa en dicha localización (flecha).

#### **6.4.6 FRACTURAS DE LA BASE DEL CRÁNEO**

Es una patología frecuente en nuestro hospital, como en el resto de los hospitales de España y ocurren principalmente por accidentes automovilísticos, siendo una causa importante de morbilidad y mortalidad de la población.

La fosa cerebral media suele ser la más afectada, especialmente el hueso temporal. Las fracturas longitudinales o transversales, son las lesiones más frecuentes y deben buscarse dirigidamente. Si el trazo de fractura no es visualizado, signos indirectos como ocupación de partes blandas en celdillas mastoideas o en la caja timpánica y aire en lugares no habituales, deberían aumentar la sospecha radiológica.

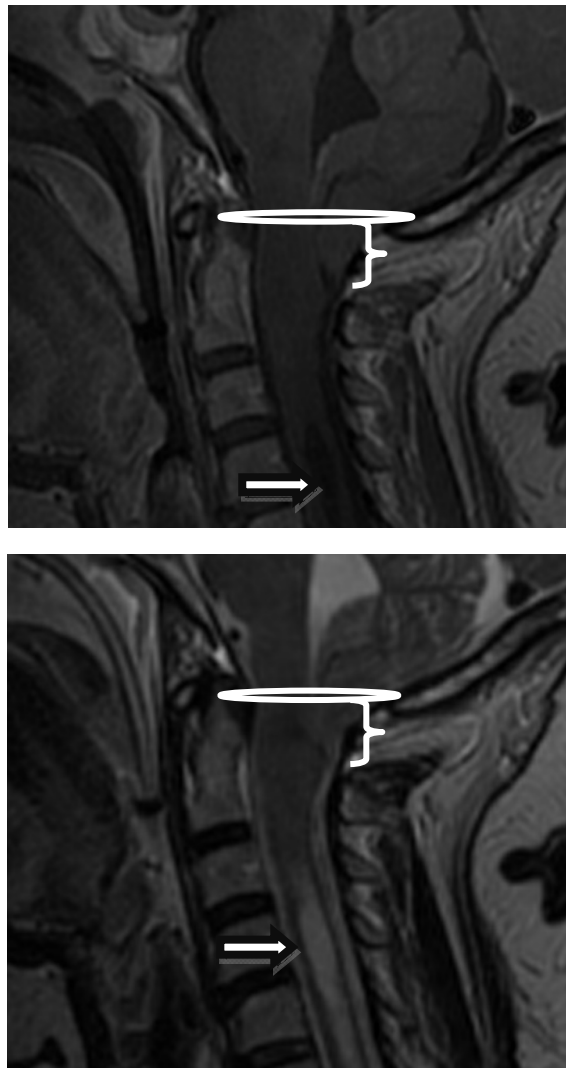
La técnica radiológica de elección es la Tomografía Computarizada Multidetector, con ventana de hueso. Para una mejor evaluación de esta patología, son de mucha ayuda las reconstrucciones volumétricas y en 3D de las imágenes obtenidas. La Resonancia Magnética y la Radiografía convencional, no son técnicas de primera elección ya que la primera no evalúa correctamente las fracturas óseas y la segunda no posee una adecuada visualización de las estructuras de la base del cráneo y pequeñas fracturas podrían pasar desapercibidas (figs. 269, 270 y 271).



**Figs. 269, 270 y 271.** Imágenes de TC coronal y axial (superior y centro) con ventana de hueso y reconstrucción 3D (inferior) a través del hueso temporal izquierdo donde se observa una fractura que afecta a estructuras del oído medio e interno, con contenido hemático en oído medio, canal auditivo externo y celdillas mastoideas. Fractura bastante frecuente en nuestro centro hospitalario

#### 6.4.7 MALFORMACIÓN DE ARNOLD-CHIARI TIPO I

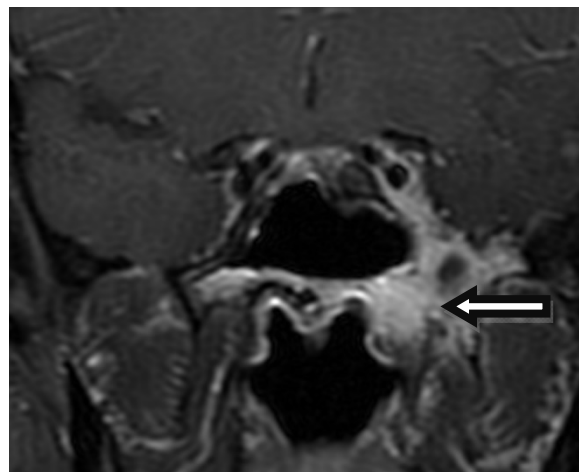
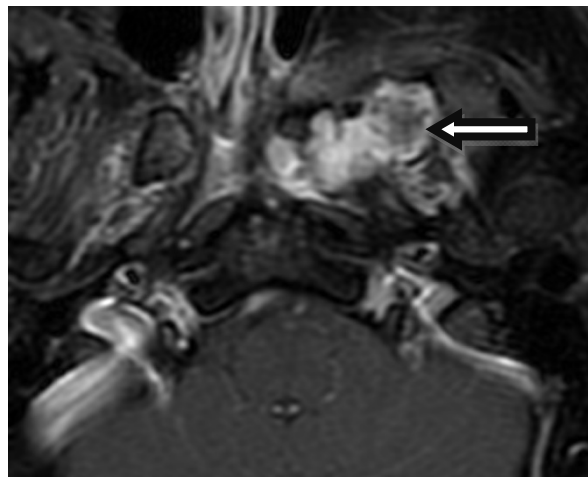
Es una alteración de la fosa cerebral posterior caracterizada por el desplazamiento caudal del cerebelo con herniación amigdalina, por debajo del foramen magno y alargamiento, en forma de cuña, de las amígdalas en más de 5mm. Frecuentemente asociado con siringomielia, un síndrome caracterizado por la presencia de cavidades quísticas longitudinales dentro de la médula espinal (figs. 272-273).



**Figs. 272 y 273.** RM potenciada en T1 (superior) y potenciada en T2 (inferior) en planos sagitales que muestran el descenso en forma de cuña de las amígdalas cerebelosas (llave) por debajo del agujero magno (elipse) que produce siringomielia en la médula espinal (flechas). Como estas cavidades de siringomielia están constituidas por LCR, en las secuencias potenciadas en T2 presentan alta intensidad de señal. Este descenso provoca un conflicto de espacio con compresión de las estructuras involucradas.

#### 6.4.8. ANGIOFIBROMA NASOFARÍNGEO JUVENIL

Es un tumor vascular de características benignas, de predominio en pacientes adolescentes y adultos jóvenes masculinos. Se origina en la cavidad nasal posterior adyacente al agujero esfenopalatino y produce obstrucción nasal y epistaxis. Es un tumor muy vascular por lo que realza significativamente tras la administración de CIV. Casi siempre afecta a la fosa pterigopalatina, la que se ensancha y pierde su contenido graso, desde aquí puede afectar a estructuras de la base del cráneo (figs. 274 y 275).

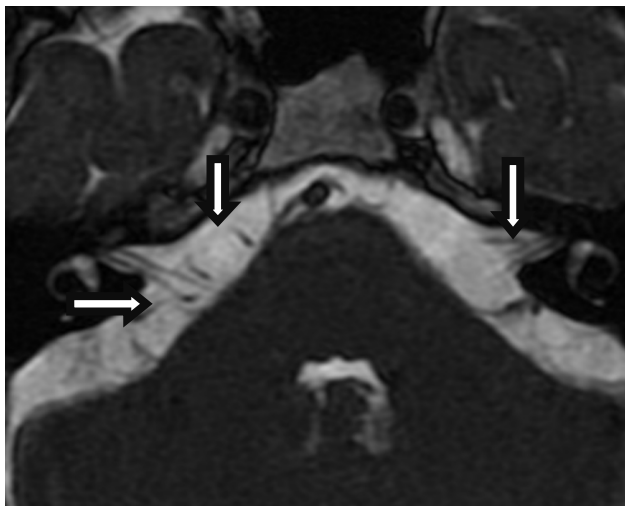
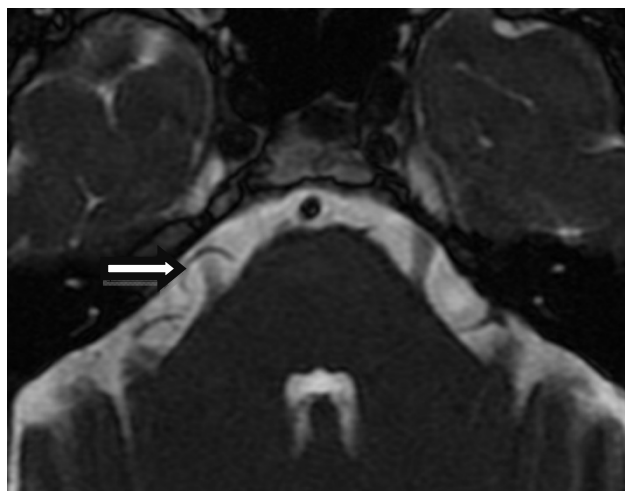


**Figs. 274 y 275.** RM potenciada en T1 con contraste intravenoso en plano axial (superior) y coronal con saturación grasa (inferior) que muestran una lesión correspondiente a Angiofibroma Juvenil Nasofaríngeo (flechas) que afecta a la fosa pterigopalatina izquierda y presenta realce importante tras la administración de CIV.



#### 6.4.9. CRUCES NEUROVASCULARES CEREBRALES

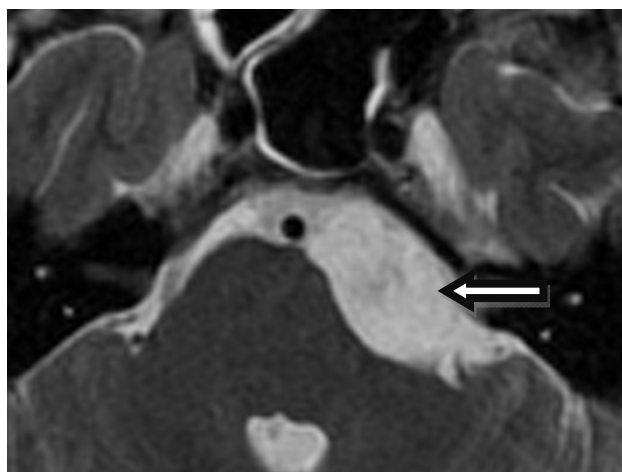
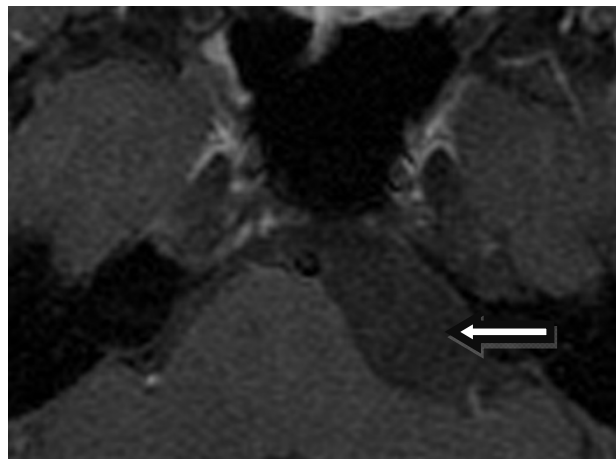
Es una entidad de frecuencia importante en los estudios de neuroimagen y no son más que cruces entre estructuras vasculares y nerviosas de etiología benigna, pero que debido al contacto directo entre estas estructuras, podrían producir sintomatología, de predominio neurológico y que es necesario identificar correctamente, para descartar otras etiologías de mayor valor patológico (figs. 276 y 277).



**Figs. 276 y 277.** Imágenes de RM potenciadas en T2, en incidencias axiales a través de la base del cráneo, donde podemos observar un cruce de la arteria AICA derecha sobre el nervio trigémino homolateral (superior). También identificamos otro cruce neurovascular a nivel del VII y VIII par craneal bilateral (inferior). Es una entidad frecuente y de fácil diagnóstico mediante las pruebas de neuroimagen, siendo la RM la técnica de elección (flechas).

#### 6.4.10. QUISTES ARACNOIDEOS

Son colecciones de líquido cefalorraquídeo que se desarrollan en el seno de las capas de la membrana aracnoidea, que no comunican libremente con los espacios subaracnoideos. Su localización más frecuente es el polo anterior de la fosa cerebral media y en segundo lugar la fosa posterior, generalmente ocupando los ángulos pontocerebeloso, retrocerebelosos o rodeando los hemisferios cerebelosos. Pueden causar compresión de estructuras adyacentes si su tamaño es considerable (figs. 278-279).



**Figs. 278 y 279.** RM potenciada en T1 (superior) y potenciada en T2 (inferior) en incidencias axiales, donde se pone de manifiesto una lesión (flechas) de morfología ovoidea, de bordes lisos, con señal similar al LCR (hipointensa en T1 e hiperintensa en T2), localizada en el ángulo pontocerebeloso izquierdo y cisterna prepontina izquierda, en localización teórica del recorrido del VII y VIII par craneal homolateral. Esta paciente presentaba sintomatología de estos pares craneales.

#### **6.4.11. PARAGANGLIOMAS**

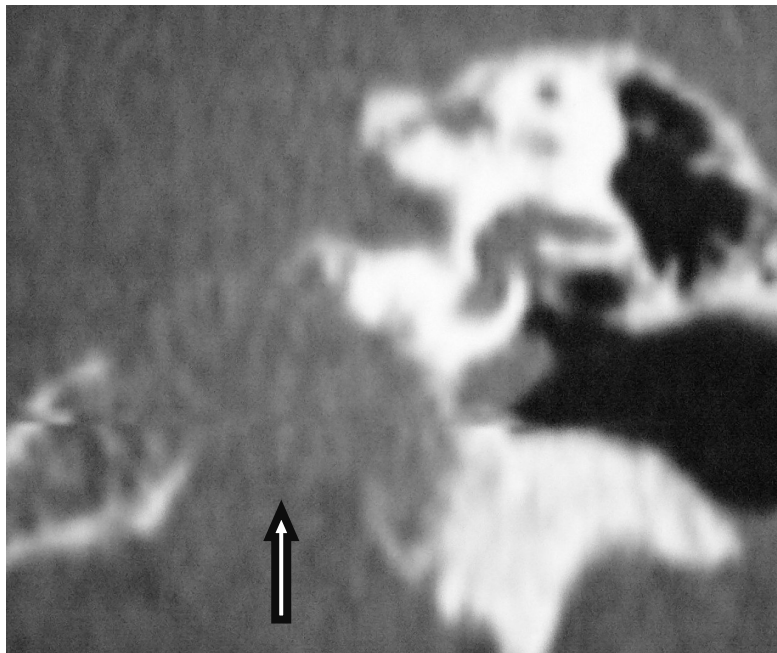
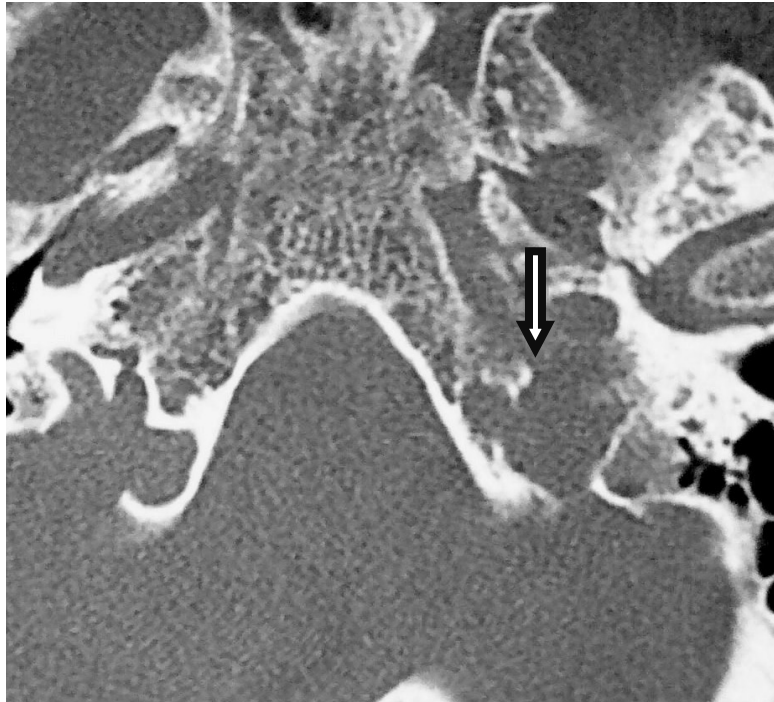
Los paragangliomas son tumores benignos, altamente vascularizados, cuyas células se originan en la cresta neural embrionaria. Se ubican a lo largo de arterias y pares craneales de los arcos branquiales.

La mayoría de los paragangliomas (tumores originados en tejido paraganglionar) se ubican en la glándula suprarrenal y solo un pequeño porcentaje se localizan en la cabeza y cuello, principalmente en el cuerpo carotídeo, seguidos por los yugulotimpánicos y vagales. Otras ubicaciones más infrecuentes son laringe, cavidad nasal, órbita y tráquea.

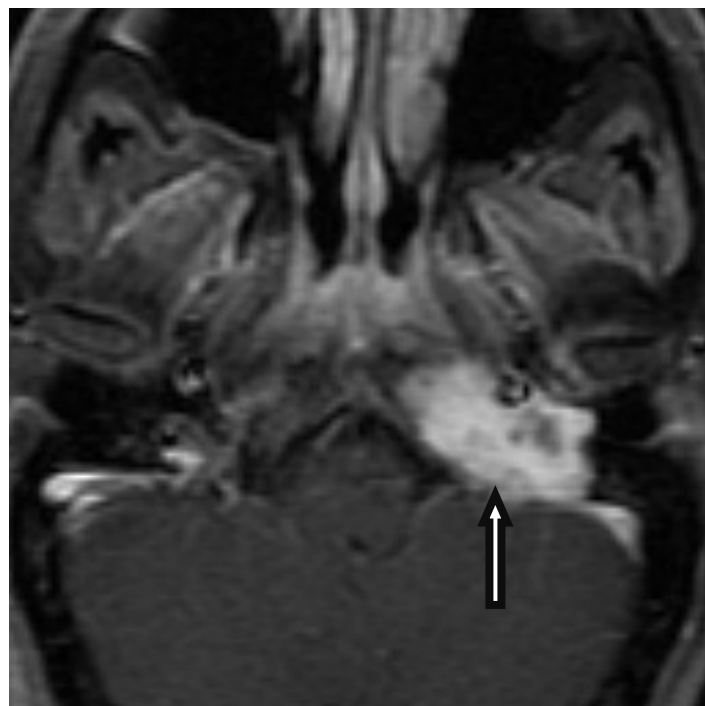
El papel fundamental de las técnicas de imagen es aportar información acerca de la localización tumoral, la extensión y la vascularización tumoral, así como de la existencia de lesiones multifocales o metástasis en casos malignos, para establecer la estrategia terapéutica y la vía de abordaje, y prevenir posibles complicaciones peroperatorias.

En el pasado, la angiografía diagnóstica fue la técnica de elección en el estudio de los paragangliomas. Desde el advenimiento de la TC y RM, se reserva exclusivamente para los casos de diagnóstico dudoso.

La TC de alta resolución aventaja a la RM en la detección de pequeños paragangliomas timpánicos, aunque en otras localizaciones la RM es superior en la delimitación lesional y para la diferenciación entre tejido tumoral y áreas inflamatorias o hemorrágicas. Además, la RM permite un mejor análisis de la relación tumoral con las estructuras vasculares, intracraneales, laberinto membranoso y nervio facial, no obstante, para el análisis de los paragangliomas basicraneales ambos estudios se complementan (figs. 280-283).



**Figs. 280 y 281.** Imágenes de TC a la altura de la base del cráneo en proyección axial (superior) y coronal (inferior) con ventana ósea, donde se observa una lesión localizada en el agujero rasgado posterior izquierdo, con erosión de la cortical ósea y extensión a estructuras del oído medio. Hallazgos radiológicos compatibles con paraganglioma yugular (flechas).



**Figs. 282 y 283.** RM potenciada en T1 sin CIV en incidencia axial (superior) y potenciada en T1 con CIV y saturación grasa en incidencia axial (inferior), donde se visualiza una lesión localizada en el ángulo pontocerebeloso izquierdo, a la altura del agujero rasgado posterior (flechas), con extensión a estructuras del oído medio, y que muestra un importante realce tras la administración de CIV. Hallazgos radiológicos compatibles con paraganglioma yugular.



# ***DISCUSIÓN***





## 7. DISCUSIÓN

El desarrollo y los grandes avances tecnológicos de las últimas décadas, en el campo de la medicina y, en especial, en el diagnóstico por imagen, ha revolucionado las distintas especialidades clínico-quirúrgicas, y su empleo es, en este momento, uno de los pilares fundamentales para la toma de decisiones de la actividad médica.

Estos extraordinarios avances han incrementado la complejidad del ejercicio médico, que han provocado la formación y el desarrollo de sub especialidades médicas para afrontar con mayor grado de conocimiento, el difícil abanico de cambios constantes en la práctica médica.

Nos atrevemos a decir, que “ya no es posible” el correcto ejercicio médico, sin conocer adecuadamente las diferentes técnicas e interpretación de imágenes en todas las especialidades médico-quirúrgicas.

Aunque los conceptos y principios básicos no han cambiado en la práctica médica, cabe señalar que en el área de Radiodiagnóstico, los avances han sido tan rápidos, que ha provocado un cambio importante en el enfoque diagnóstico y por consiguiente terapéutico, llegando incluso a sugerir que los profesionales formados hace algunas décadas se “reciclen” en los nuevos conceptos de esta especialidad.

El diagnóstico por imagen en el área de neurología, neurocirugía, cirugía maxilofacial y todas las especialidades que se dediquen a estudiar el amplio e interesante mundo de la neurorradiología, son las que más han experimentado estos avances vertiginosos, llegando incluso en un alto porcentaje, a tomar las decisiones médico-quirúrgicas, de acuerdo a los hallazgos radiológicos.

Todo esto, tiene como gran objetivo final, disminuir la morbi-mortalidad de los pacientes, ya que las pruebas de neuroimagen son determinantes en la toma de decisiones, además, evitan el realizar procedimientos innecesarios y muchas veces agresivos e invasivos, con solo el objetivo de llegar a un diagnóstico; este tipo de conducta, en un altísimo porcentaje, ha sido sustituido por los estudios no invasivos, las técnicas de neuroimagen.

El estudio de la base del cráneo, a pesar de ser una parte anatómica muy compleja de la neurorradiología, debido a los huesos que la forman, que a su vez presenta una serie de orificios, por los que pasan estructuras nerviosas y vasculares de gran importancia, y que separa una cavidad aséptica (cavidad endocraneal) del resto de cavidades extracraneales (sépticas) se estudia adecuadamente con técnicas de neuroimagen; la tomografía computarizada multidetector, la resonancia magnética y los estudios vasculares mediante angio-TC, angio-RM y angiografía por sustracción digital son las técnicas de elección (LEBLANC, 2000; BENDSZUS, 2002; HERNAN, 2004; ÖZSARLAK y cols, 2004; SCHUKNECHT, 2004; FORSTING, 2005; OTA y cols, 2005; DE MONYE y cols, 2006; SCHUKNECHT, 2007; LUYANDO y cols, 2008; MORHARD y cols, 2008; SHARMA y cols, 2008; AMEMIYA y cols, 2009; LV y cols, 2009; MA y cols, 2010; YAGY y cols, 2010; LINN y cols, 2011; UCHINO y cols, 2011).

El objetivo principal de este trabajo fue, estudiar la base del cráneo y los elementos vásculo-nerviosos que la cruzan, mediante técnicas de neuroimagen de última generación y de esta forma ofrecer una visión más actualizada, completa e integral de todas las fosas cerebrales y determinar la utilidad de estas técnicas radiológicas en el momento actual.

Por lo tanto, podemos afirmar que en la actualidad poseemos, herramientas de alto valor diagnóstico para el estudio de la base del cráneo. La

mayoría de las cuales son no invasivas y con el mínimo de efectos secundarios para la salud del paciente, reservando en casos muy especiales, las técnicas de neuroimagen que implican una condición invasiva.

Después de revisar la abundante bibliografía actual, es obligatorio en este trabajo, comenzar mencionando que los estudios realizados sobre la base del cráneo son escasos y los que existen, se centran más que todo en los aspectos patológicos y enfocados a una entidad en especial, no obstante, los estudios que se refieren a esta región de forma más amplia, con sus diferentes fosas cerebrales y los elementos vásculo-nerviosos que la cruzan, son tan escasos que dificulta realizar una comparación exhaustiva.

La anatomía de la base del cráneo se estudia adecuadamente mediante las técnicas empleadas en nuestro trabajo (tomografía computarizada multidetector, resonancia magnética, angio-TC, angio-RM y angiografía por sustracción digital), con algunas diferencias e indicaciones especiales entre una y otra técnica.

El componente óseo de la base del cráneo, con sus diferentes detalles anatómicos, se estudia mediante tomografía computarizada, y es la técnica de elección dado que, además de rápido, no invasivo, económico y alta disponibilidad, tiene una alta sensibilidad en la caracterización de la anatomía ósea normal y patológica. Permite hacer adquisiciones helicoidales de 0,6mm, con ventana de hueso y posteriores reconstrucciones multiplanares y tridimensionales que mejoran la visualización de sus componentes. Para el análisis de la anatomía normal de la base del cráneo o sus variantes anatómicas, no es necesaria la administración de contraste intravenoso y se reserva, para el estudio de su patología en algunos casos, o para la visualización del componente vascular que la atraviesa. (LINNAU y cols, 2003; KING y cols,

2004; KLUGER y cols, 2007; GOH y cols, 2008; KÖSLING y cols, 2009; BORGES y CASSELMAN, 2010; REICHELT y cols, 2011).

En el análisis de los componentes neurovasculares que cruzan la base del cráneo, consideramos, que el empleo de la tomografía computarizada no aporta datos concluyentes. En el estudio de los pares craneales, apenas puede ofrecer datos indirectos de su afectación, no obstante siempre será necesario el empleo de otra técnica diagnóstica. En el estudio vascular, sin la administración de contraste intravenoso, no es posible visualizar adecuadamente los vasos cerebrales normales, por lo tanto, en nuestro trabajo reservamos el empleo de la tomografía computarizada, para la visualización de las estructuras óseas, sin menospreciar su aporte en los procesos patológicos.

La angio-TC y la angio-RM son dos técnicas de mucho valor para el estudio de las estructuras vasculares que cruzan la base del cráneo. La angio-TC, se usa en la práctica totalidad de los diagnósticos vasculares en neurorradiología y los puntos clave para realizar una angio-TC de calidad son: adecuado realce arterial durante la adquisición, cobertura completa en el eje cráneo-caudal de la región que se desea estudiar y coincidencia del máximo realce vascular con el tiempo de adquisición, por tanto, los tres componentes que deben tenerse en cuenta para su realización son, los parámetros de adquisición, el medio de contraste y el tiempo de circulación del contraste (FOLEY y KARCAALTINCABA, 2003; TEKSAM y cols, 2004; FLEISCHMANN, 2005; MCKINNEY y cols, 2007; POZZI-MUCELLI y cols, 2007; CHEN y cols, 2008; LUYANDO y cols, 2008; LELL y cols, 2009; ZHANG y cols, 2010; LUO y cols, 2011; KURODA y cols, 2011)

El incremento en la velocidad de adquisición con los equipos helicoidales, se ha logrado gracias al aumento de la velocidad del giro del tubo de rayos X (hasta 0,33- 0,4 seg) y al incremento del número de detectores del gantry (4, 8,

16, 32, 64) consiguiendo aumentar el número de cortes por segundo y reducir el tiempo total de adquisición del estudio, todos estos parámetros, tienen como finalidad mejorar la calidad del estudio, disminuir el tiempo de adquisición y por consiguiente minimizar la cantidad de radiaciones ionizantes (FLOHR y OHNESORGE, 2001; DE MONYE y cols, 2006; LOVBLAD, 2007; SABA y cols, 2007; FUJIKAWA y cols, 2010).

La angio-RM, al igual que la angio-TC, se ha convertido en una valiosa herramienta para el análisis del estudio vascular cerebral, y se ha convertido en una técnica rutinaria, debido a que presenta una alta sensibilidad y especificidad para la visualización, tanto normal, como patológica de las estructuras vasculares.

Muchos autores realizan un análisis sobre las ventajas y desventajas de una técnica sobre otra para el estudio de los vasos cerebrales, entre las que destacan el hecho de que la angio-TC utiliza radiaciones ionizantes y contraste yodado, con sus posibles complicaciones, no obstante, la angio-RM presenta artefactos inherentes a la técnica, la contraindicación ante la presencia de marcapasos, desfibriladores, implantes cocleares o bombas de perfusión, el tiempo prolongado a que es sometido el paciente, mayor coste, menor disponibilidad, claustrofobia, no permite incluir las estructuras óseas, entre otras ventajas y desventajas de cada técnica (BULLITT y cols, 2003; OKAHARA y cols, 2004; ÖZSARLAK y cols, 2004; DAGHIGI y cols, 2006; de MONYE y cols, 2006; VILLABLANCA y cols, 2006; BONNEVILLE y cols, 2007; POZZI-MUCELLI y cols, 2007; VILLABLANCA y cols, 2007; CHEN y cols, 2008; FORTUÑO y cols, 2008; KLINGEBIEL y cols, 2008; LUYANDO y cols, 2008; MORHARD y cols, 2008; ALEX y cols, 2009; DIMMICK y FAULDER, 2009; GLILECKI y cols, 2009; LEIL y cols, 2009; FUJIKAWA y cols, 2010; KURODAY y cols, 2011; LUO y cols, 2011).

Nosotros consideramos, que cada técnica debe ser empleada de acuerdo a las características de cada paciente y a la disponibilidad en cada centro. En nuestro estudio, analizamos las estructuras vasculares mediante las dos técnicas, obteniendo resultados alentadores, pudimos visualizar en todos los pacientes, los vasos que cruzan la base del cráneo sin ninguna dificultad, no obstante, creemos que los estudios vasculares mediante angio-TC, con los equipos de TC multidetectores de última generación, permite obtener imágenes de mayor calidad y con mejor resolución que los estudios realizados mediante angio-RM, además nos permite realizar un análisis más integral de las estructuras adyacentes, característica de la que carece la angio-RM, por lo que nos atrevemos a plantear, que la angio-TC es la técnica de elección para el estudio de las estructuras vasculares, en nuestro caso las que cruzan la base del cráneo, reservando la angio-RM para los pacientes que tengan algún tipo de contraindicación, no obstante, aclaramos que las radiaciones ionizantes, siguen siendo un motivo de preocupación, principalmente en los pacientes jóvenes.

El advenimiento de la angiografía rotacional con reconstrucción tridimensional 3D, ha conducido a un mejor entendimiento de las características morfológicas de las lesiones vasculares intracraneales, requeridas para los procedimientos más avanzados quirúrgicos o endovasculares (HIRAI y cols, 2003; PRESTIGIACOMO y cols, 2003; DAWKINS y cols, 2007; KAUFMENN y cols, 2007; TARASOW y cols, 2007; VILLABALANCA y cols, 2007; KLINGEBIEL y cols, 2008; LV y cols, 2009).

A pesar del importante desarrollo de los estudios vasculares mediante angiografía rotacional con reconstrucciones tridimensionales, cada vez es menos utilizado como método diagnóstico, y se reserva su utilización para los procedimientos terapéuticos endovasculares, o en su defecto para el

diagnóstico, en los estudios realizados mediante angio-TC y angio-RM, que no son concluyentes.

Se trata de una técnica invasiva, con la presencia de un catéter y guías de paso dentro de los vasos sanguíneos y en nuestro caso, vasos intracerebrales y como tal, el riesgo de complicaciones puede ser de gravedad extrema, por lo que consideramos una vez más, que su utilización debe reservarse para los casos sin otra alternativa.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo mediante la utilización de esta técnica, para la visualización de los vasos que cruzan la base del cráneo, son muy satisfactorios, observando todos los vasos normales, por muy pequeño calibre que tengan, sin embargo, es necesario enfatizar, que esta técnica nos permite realizar un estudio adecuado, si lo que nos interesa es estudiar la luz del vaso, ya que ignora en gran medida la mayoría de los detalles anatómicos que están por fuera de la luz vascular.

Ante los comentarios anteriores, continuamos afirmando, que la técnica radiológica que nos aporta las imágenes de mayor calidad, con un análisis completo e integral de las estructuras vasculares de la base del cráneo, y además de permitirnos el análisis del resto de la base craneal, sigue siendo la angio-TC, reservando la angiografía rotacional con reconstrucciones tridimensionales para los casos no concluyentes, al igual que la angio-RM para los pacientes que esté contraindicado el estudio mediante angio-TC.

Hasta ahora nos hemos centrado a describir la importancia de la utilización del TCMD en el estudio del componente óseo de las tres fosas cerebrales y el empleo de la angio-TC, angio-RM y angiografía por sustracción digital y rotacional con reconstrucciones tridimensionales, en el estudio de las estructuras vasculares que cruzan la base del cráneo, sin apenas destacar su

utilización en la identificación adecuada de los nervios craneales, y es que creemos que las técnicas mencionadas, no aportan datos concluyentes sobre su correcta visualización. Consideramos que la excepción a lo anteriormente descrito, es el nervio óptico, que con los estudios volumétricos mediante TCMD y una correcta ventana de visualización (normalmente ósea) si podemos identificarlo desde su origen hasta el quiasma óptico.

La mayoría de autores consideran la RM, la técnica Gold estándar para el correcto estudio de los nervios craneales (YOUSRY y cols, 2000; SEITZ y cols, 2001; YOSHINO y cols, 2003; KARIBE y cols, 2004; MIKAMI y cols, 2005; YAGI y cols, 2005; YOUSRY y cols, 2005; HATIPOGLU y cols, 2007; DAVAGNANAM y CHAVDA, 2008; SONG y cols, 2008; AMEMIYA y cols, 2009; AYDIN y cols, 2009; LINN y cols, 2009; SHETH y cols, 2009; AYDIN y cols, 2010; BORGES y CASSELMAN, 2010; GORRIÑO y cols, 2010; ISHIKURA y cols, 2010; LIANG y cols, 2010; YAGI y cols, 2010; AYDIN y cols, 2011; GIESEMANN y cols, 2011; LINN y cols, 2011).

Estos autores consideran que las secuencias tradicionales de RM, no son las idóneas para la identificación del trayecto intracerebral de los diferentes pares craneales y concluyen que las secuencias T2 con alta resolución espacial, 3D CISS (Constructive Interference in Steady State) y 3D FIESTA (Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition) constituyen una herramienta efectiva, debido a que emplean cortes muy finos (0,4-1mm) y aportan una alta resolución espacial y, debido a su alta potenciación en T2, ofrecen un contraste excelente entre el líquido cefalorraquídeo y los tejidos de partes blandas. En las imágenes obtenidas mediante estas secuencias, los nervios craneales y los vasos se visualizan como estructuras lineales hipointensas, rodeadas por



líquido cefalorraquídeo hiperintenso, con lo que sus contornos quedan muy bien definidos.

Nosotros, al igual que los autores mencionados, consideramos que estas secuencias (3D CISS y 3D FIESTA), son las idóneas para la correcta identificación del trayecto de los pares craneales, principalmente del III al XII par en su trayecto cisternal, por la diferencia de contraste con el líquido cefalorraquídeo ya comentado, no obstante, para el estudio de los pares craneales I y II, no consideramos estas secuencias las técnicas de elección y nos inclinamos por la utilización de las secuencias spin eco (SE) T1 y T2 para su estudio.

Después de revisar exhaustivamente la literatura médica de los últimos 20 años, buscando trabajos sobre la morfometría de los agujeros de la base del cráneo para poder realizar un análisis comparativo, descubrimos que los estudios realizados al respecto son extremadamente escasos. Algunos autores (GINSBERG y cols, 1994; KODAMA y cols, 1997; GUPTA y cols, 2005; MUTHUKUMAR y cols, 2005; REYMOND y cols, 2005; ARUN, 2006; MARTINEZ y cols, 2007; OSUNWOKE y cols, 2010; ROSSI y cols, 2010; TUBBS y cols, 2010; AVILES y cols, 2011; SOMESH y cols, 2011) han publicado artículos donde hacen referencia a la morfometría de estos agujeros, casi todos realizan las mediciones mediante el estudio de la pieza anatómica, la calavera, y ninguno de ellos realiza un análisis completo de toda la base del cráneo, se centran en algún agujero o grupos de agujeros en particular.

Aún es más escasa la bibliografía sobre el análisis morfométrico de estos agujeros, mediante pruebas diagnósticas de neuroimagen de última generación, no encontramos ningún estudio en los últimos 20 años, que analice el tamaño de todos los agujeros de la base del cráneo y los pocos que existen analizan uno o varios agujeros de alguna fosa cerebral. RICART y cols, 1999, realiza un análisis mediante el uso de la tomografía computarizada, con cortes

axiales, de los agujeros de la fosa cerebral media y posterior, aunque curiosamente, no se incluyen el agujero magno, ni la fisura orbitaria superior.

Con relación al estudio anteriormente mencionado, coincidimos en los diámetros publicados, con diferencias milimétricas en algunos de ellos, sin embargo, nos llama la atención que el número de pacientes a los que se identificaron estos agujeros, son significativamente menores a los de nuestro trabajo. Según este estudio, ninguno de los agujeros fue identificado en el 100% de los pacientes, siendo el más visualizado el agujero rasgado anterior en un 89,02%. Nosotros identificamos todos los agujeros en cada uno de los pacientes, excepto el agujero de Vesalio, que solamente pudimos observarlo en el 41% de los pacientes. Las diferencias significativas pueden tener relación con que en nuestro trabajo, a pesar de realizar un estudio en cortes axiales, con un grosor de corte de 1,5mm, al igual que su estudio, posteriormente realizamos un análisis volumétrico con cortes de 0,6mm y reconstrucciones en diferentes planos del espacio, así como reconstrucciones en 3D.

Consideramos que para el análisis de la morfometría de los agujeros de la base del cráneo, la técnica de elección, es la tomografía computarizada, con cortes finos, ventana ósea, con reconstrucciones multiplanares y en 3D, debido a que es la técnica de neuroimagen que presenta mayor sensibilidad y especificidad para el estudio de las estructuras óseas.

Los avances en el desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas de neurocirugía de mínimo acceso a través de los agujeros de la base del cráneo, obligan a conocer su morfometría exacta, de esto depende en muchas ocasiones el correcto empleo de la técnica quirúrgica (CARREIRA y cols, 2002; CAMPERO y cols, 2004, CHANDLER y cols, 2005; UNGER y cols, 2005; VINKO, 2005; CAVALLO y cols, 2007; DAWKINS y cols, 2007; PIRRIS y cols, 2007;

CAPPABIANCA y cols, 2008; CEYLAN y cols, 2009; LUX y cols, 2009; MOYER y cols, 2009; DAMII y cols, 2009; CÖMERT y cols, 2011; OISHI y cols, 2011).

Además, muchas de las asimetrías, tanto en tamaño, como en forma de los agujeros de la base del cráneo, pueden tener relación con entidades patológicas incipientes o establecidas, aspecto importante para el conocimiento de la morfología y morfometría normal.

Con relación al estudio morfométrico de los elementos vasculares, que cruzan los distintos agujeros de la base del cráneo, tampoco encontramos abundante bibliografía, y los existentes se enfocan al igual que en los agujeros de la base del cráneo, al análisis de algún vaso en particular o alguna de sus ramas. La importancia de su estudio morfométrico radica en que las dilataciones significativas o su estrechamiento son sugerentes de procesos patológicos (CHYATTE y PORTERFIELD, 2001; RHOTON, 2002; BULLITT y cols, 2003; TANRIOVER y cols, 2003; PAI y cols, 2005; DAGHIGI y cols, 2006; SAKAMOTO y cols, 2006; KIM y KANS, 2007; TARASÓW y cols, 2007; ZURADA y GIELECKI, 2007; GIELECKI y cols, 2008; GIELECKI y cols, 2009; ZURADA y cols, 2011).

Mediante estudios vasculares, tanto con angio-TC, angio-RM y angiografía por sustracción digital y rotacional, así como con reconstrucciones tridimensionales podemos, además de visualizar correctamente, realizar un estudio morfométrico de mucha fiabilidad, de los elementos vasculares que cruzan la base del cráneo.

En la revisión bibliográfica médica de los últimos 20 años, con relación al estudio morfométrico de los pares craneales, encontramos al igual que en el análisis morfométrico vascular, poca bibliografía existente al respecto. De los autores encontrados que describen los parámetros morfométricos normales de los pares craneales, descubrimos que la mayoría analizan al nervio óptico (TAO

y cols, 1999; BALLANTYNEY y cols, 2002; GARCIA y cols, 2004; TITLIC y cols, 2005; WEIGEL y cols, 2006; GÜRDAL y cols, 2007; LAGREZE y cols, 2007; GIBSON y cols, 2010) y son muy pocos los que realizan trabajos morfométricos de otros pares craneales (EZURE y cols, 2001; MORIYAMA y cols, 2007; MARU y cols, 2010; OZER y cols, 2010).

Coincidimos en los resultados de medición y las variaciones en los casos, si es que existen, son sub milimétricas.

Consideramos que si es posible, la medición de las estructuras nerviosas que cruzan la base del cráneo, principalmente en sus segmentos cisternales, donde se encuentran rodeadas de líquido cefalorraquídeo, y la técnica de neuroimagen de elección es la resonancia magnética, haciendo uso de sus diferentes secuencias, de más utilidad es la secuencia potenciada en T2 3D (FIESTA).

Del estudio morfométrico global, tanto de los detalles óseos como vásculo-nerviosos, presentamos las estructuras de mayor y menor tamaño en nuestro análisis: de los componentes óseos, como es de suponer fue el agujero magno el de mayor tamaño, como un diámetro mayor de  $34,5 \pm 8,0$  mm y el de menor tamaño, el agujero de Vesalio con un diámetro de  $1,2 \pm 0,5$  mm. También como es de esperar, el elemento vascular de mayor tamaño que cruza la base del cráneo es la arteria carótida interna, comparamos sus diferentes segmentos, y el de mayor diámetro es el cervical con  $5,1 \pm 3,4$  mm, aunque muy cerca de este diámetro está el segmento cavernoso con  $4,9 \pm 3,1$  mm. El segmento de menor tamaño es el supraclinoideo con  $3,2 \pm 2,1$  mm. Con respecto a los pares craneales, en nuestro estudio, el de mayor fue el V par en su segmento pregangliónico, con  $4,2 \pm 1,3$  mm y el de menor tamaño, el IV par craneal con  $0,8 \pm 0,2$  mm, de diámetro transversal.

Con todo lo anteriormente descrito, el propósito final de nuestro trabajo, es poner a disposición de los profesionales de la salud, una herramienta que permita servir de apoyo para el estudio morfológico y morfométrico, mediante técnicas de neuroimagen, de las estructuras que conforman la base del cráneo y los componentes vasculo-nerviosos que la atraviesan.



# ***CONCLUSIONES***





## **8. CONCLUSIONES.**

Después de estudiar la anatomía de la base del cráneo y los elementos vásculo-nerviosos que la cruzan, mediante técnicas de neuroimagen de última generación: Tomografía Computarizada Multidetector, Angio-TC, Resonancia Magnética, Angio-RM y Angiografía por sustracción digital, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

**1ª.-** El conocimiento de la anatomía radiológica de las estructuras de la base del cráneo es fundamental para el correcto estudio y diagnóstico de las posibles anomalías. Solamente conociendo lo normal, podremos valorar lo patológico.

**2ª.-** La Tomografía Computarizada Multidetector es la técnica de elección para el estudio morfológico y morfométrico de las estructuras óseas de la base del cráneo, aportando una mayor sensibilidad y especificidad en la identificación y medición de los componentes óseos.

**3ª.-** La angio-TC es la técnica no invasiva de elección para el estudio de las estructuras vasculares que atraviesan la base del cráneo. La angio-RM se utiliza en caso de contraindicación al estudio mediante angio-TC. La angiografía por sustracción digital se emplea en caso de dudas diagnósticas de los estudios vasculares no invasivos y como método terapéutico endovascular.

**4ª.-** El análisis morfométrico de las estructuras vasculares que cruzan la base del cráneo se efectúa mediante Angio-TC, Angio-RM y angiografía por sustracción digital.

**5ª.-** La secuencia 3D FIESTA, debido a su alta resolución espacial y potenciación en T2, nos aportó la correcta visualización de los pares craneales del III al XII. Los pares craneales I y II se visualizaron con mayor precisión mediante las secuencias Spin Eco T1 y T2.

**6ª y última.-** La patología basicraneal afecta a estructuras óseas y de partes blandas. En este estudio demostramos que la TC es la técnica de elección en el análisis óseo y la RM en la valoración de partes blandas.

# ***BIBLIOGRAFÍA***



## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ADAMS, R.D.; VICTOR, M. y ROPPER, A.H. (2001) Principios de Neurología, 7ª ed. Mc Graw-Hill Interamericana.
2. ALEX R.; ANA R. y MANUEL J. (2009) Actualizaciones SERAM. Radiología de cabeza y cuello.
3. AMEMIYAS S.; AOKI S. and OHTOMO K. (2009) Cranial nerve assessment in cavernous sinus tumors with contrast-enhanced 3D fast-imaging employing steady-state acquisition MR imaging. *Neuroradiology*. 51: 467-470.
4. ARUN S.K. (2006) Some observations of the foramina ovale and spinosum of human sphenoid bone. *J Anat Soc India*. 55(1): 100-101.
5. ARIKAN O.K.; UNAL B.; KASKAYASI M. and KOC C. (2005) The analysis of anterior skull base from two different perspectives: coronal and reconstructed sagittal computed tomography. *Rhinology*. 43: 115-120.
6. AVILES J.C.; OLVERA-BARRIOS A.; DE LA GARZA O.; ELIZONDO R. y GUSMÁN S. (2011) Prevalencia y características morfométricas del foramen venoso en cráneos del norte de México. *Int J Morphol*. 29: 158-163.
7. AYDIN H.; CIFTCI E. and HEKIMOGLU B. (2009) Visualization of 4<sup>th</sup> cranial nerve with MRI: Value of Balanced Fast-Field Echo and 3d-Drive Sequences Against The T2-TSE and Post-Contrast T1w Sequences. *The New Journal of Medicine*. 26: 218-222.
8. AYDIN H.; AYDIN OKTAY N. and HEKIMOGLU B. (2010) Visualization of the 12<sup>th</sup> Cranial Nerve with MRI: Value of Balanced Fast-Field Echo and 3D-Drive Sequences Among the T2 TSE Post- Contrast T1 Sequences. *Iran J Radiol*. 7: 71-77.
9. AYDIN H.; ALTIN E.; DILLI A.; SIPAHIOGLU S and HEKIMOGLU B. (2011) Evaluation of jugular foramen nerves by using b-FFE, T2-weighted DRIVE, T2 weighted FSE and post-contrast T1- weighted MRI sequences. *Diagn Interv Radiol*. 17: 3-9.

10. BAHULEYAN B.; SHAH K.C. and JOSEPH M.M. (2007) Extensive skull base fractures with multiple cranial nerve palsies. *IJNT*. 4: 71-72.
11. BAKAR B.; PERCIN A.K. and TEKKOK I.H. (2008) Retro- tympanic pulsatile mass originating from dumb-bell jugular foramen schwannoma. *Acta neurochir (Wien)*. 150: 291-3.
12. BAKER C.V. and BRONNER-FRASER M. (1997) The origin of the neural crest. Part I: Embryonic induction *Mech Dev*. 69: 3-11.
13. BALLANTYNE S.A.; O NEILL G.; HAMILTON R. and HOLLMAN AS. (2002) Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults. *Eur J Ultrasound*. 15: 145-149.
14. BEHAM A.; BEHAM-SCHMID C.; REGAUER S.; AUBOCK L. and STAMMBERGER H. (2000) Nasopharyngeal Angiofibroma: true neoplasm or vascular neoplasm. *Adv Anat Pathol*. 7: 36-46.
15. BENDSZUS M. (2002) When to use MRI in isolated palsies of the sixth cranial nerve? *Neuroradiology*. 44: 713-714.
16. BINDER D.K.; SONNE D.Ch. and FISCHBEIN N.J. (2010) *Cranial nerves: Anatomy, Pathology, Imaging*. Thieme medical publishers, inc.
17. BO W.; SHENG-TIAN W.; ZHI L. and PI-NAN L. (2010) Anterior and middle skull base reconstruction after tumor resection. *Chin Med J*. 123: 281-285.
18. BONNEVILLE F.; SAVATOVSKY J. and CHIRAS J. (2007) Imaging of cerebellopontine angle lesions: an update. Part 2: intra-axial lesions, skull base lesion that may invade the CPA region, and non-enhancing extra-axial lesion. *Eur Radiol*. 17: 2908-2920.
19. BORGES A. (2008) Skull base tumors part I: Imaging technique, anatomy and anterior skull base tumors. *Ejrad*. 66: 338-347.
20. BORGES A. (2009) Imaging of the central skull base. *Neuroimaging clinics*. 19: 441-468.
21. BORGES A. and CASSELMAN J. (2010) Imaging the trigeminal nerve. *European Journal of Radiology*. 74: 323-340.

22. BORRAS C. (2006) El papel de la radiología diagnóstica y terapéutica en el campo de la salud pública. *Rev Panam Salud.* 2(3): 81-83.
23. BRADLEY W.G (1986) Pathophysiologic correlates of signal alterations. In Brant-Zawadzki M. *Magnetic Resonance in the central nervous system.* New York.
24. BRADY Z.; TAYLOR M.L.; HAYNES M.; WHITAKER M.; MULLEN A; CLEWS L.; PARTRIDGE M.; HICKS R. J. and TRAPP J. V. (2008) The clinical application of PET/CT: a contemporary review. *Australasian Physical and Engineering Science in Medicine.* 31: 90-109.
25. BRUSH M.; ZHANG J.; SCHUETZE S. and SIRES B. (2006) Angiosarcoma metastatic to the orbit. *Ophthal Plast Reconstr Surg.* 22: 62-4.
26. BUCHFELDER M. (2002) Thyrotroph pituitary adenomas. *Endocrinologist.* 12: 117-125.
27. BULLITT E.; GERIG G.; PIZER SM.; LIN W. and AYLWARD S.R. (2003) Measuring tortuosity of the intracerebral vasculature from MRA images. *IEEE Trans Med Imaging* 22:1163-1171.
28. CABRERO F.J. (2002) *Fundamentos físicos y técnicos del diagnóstico por la imagen.* Ed. Universidad de Salamanca.
29. CAMPERO A.; GONZÁLEZ S.; DOBARRO J.C.; YASUDA A.; MARTINS C. y TORINO R. (2004) El foramen yugular: Anatomía microquirúrgica y abordajes. *Rev Argent Neuroc.* 18: 159.
30. CAPPABIANCA P.; CAVALLO L.M.; ESPOSITO F.; de DIVITIIS O.; MESSINA A. and de DIVITIIS E. (2008) Extended endoscopic endonasal approach to the midline skull base: the evolving role of transsphenoidal surgery. *Advances and Technical Standards in Neurosurgery.* 33 (2): 151-199.
31. CARREIRA J.M.; ROMERO A.; GARCIA J. y MAYNAR M. (2002) Diagnóstico y terapéutica endoluminal. *Radiología intervencionista.* Masson:155- 181.
32. CARVAJAL A. (1992) Tomografía computarizada. Exploraciones complementarias en patología vascular cerebral. Grupo de estudio de las enfermedades vasculares cerebrales. *Sociedad Española de Neurología,* 233-257.

33. CASSELMAN J.W. (2005) The skull base: tumoral lesions. *Eur Radiol.* 15: 534-542.
34. CATALA M. (2005) Embryology of the head and neck. *Pediatric Neuroradiology.* 2:1255-1270.
35. CAVALLO L.M.; CAPPABIANCA P.; MESSINA A.; ESPOSITO F.; STELLA L.; de DIVITIIS E. and TSCHABITSCHER M. (2007) The extended endoscopic endonasal approach to the clivus and cranio-vertebral junction: anatomical study. *Child's Nerv Syst.* 23:665-671.
36. CEYLAN S.; KOC K.; and ANIK I. (2009) Extended endoscopic approaches for midline skull-base lesion. *Neurosurg Rev* 32:309-319.
37. CHANDLER J.P.; PELZER H.J.; BENDOK B.B.; BATJER H.H. and SALEHI S.A. (2005) Advances in surgical management of malignancies of the cranial base: the extended transbasal approach. *Journal of Neuro-Oncology* 73:145-152.
38. CHATER G.C.; ARISTIZABAL J. y PEÑA G.Q. (2010) Fracturas del clivus. *Rev Chil Neurocirugía* 35: 60-64.
39. CHAYATTE D. PORTERFIELD R. (2001) Nuances of middle cerebral artery aneurysm microsurgery. *Neurosurgery* 48:339-346.
40. CHEN W.; YANG Y.; XING W.; QUI J. and PENG Y. (2008) Sixteen-row multislice computed tomography angiography in the diagnosis and characterization of intracranial aneurysms: comparison with conventional angiography and intraoperative findings. *J Neurosurg,* 108:1184-91.
41. CURTIN H.; RABINOV J. and SOM P. (2003) Central skull base: Embriology, Anatomy and Phatology. Mosby, Inc.
42. DAGHIGI M.H.; TUBBS R.S.; SHOJA M.M.; SHAKERI A.B.; POURISA M.; SALTER E.G. and OAKES W.J. (2006) Bilateral accessory middle cerebral arteries associated with an aneurysm of the anterior circulation. *Folia Morphol (Warsz)* 65:161-163.
43. DARZY K.H. and SHALET S.M. (2005) Hypopituitarism as a consequence of brain tumours and radiotherapy. *Pituitary* 8:203-211.



44. DAVAGNANAM I.; CHAVDA S.V. (2008) Identification of the normal jugular foramen and lower cranial nerve anatomy: Contrast-Enhanced 3D fast Imaging Employing Steady-State Acquisition MR Imaging. *American Journal of Neuroradiology* 29:574-576.
45. DAWKINS A.A.; EVANS A.L.; WATTAM J.; ROMANOWSKI C.A.; CONNOLLY D.J.; HODGSON T.J. and COLEY S. C. (2007) Complications of cerebral angiography: a prospective analysis of 2,924 consecutive procedures. *Neuroradiology* 49:753-759.
46. DEGANI S.; LEIBOVITZ Z.; SHAPIRO I.; GONEN R. and OHEL G. (2002) Ultrasound evaluation of the fetal skull base throughout pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 19 (5): 461-6.
47. De MONYE C.; de WEERT T.T.; ZAALBERG W.; CADEMARTIRI F.; SIEPMAN D.A.; DIPPEL D.W. and VAN DER LUGT A. (2006) Optimization of CT angiography of the carotid artery with a 16-MDCT scanner: craniocaudal scan direction reduces contrast material-related perivenous artifacts. *AJR Am J Roentgenol* 186:1737-1745.
48. DEL CURA J.L.; PEDROZA S. y GAYETE A. (2009) Radiología esencial. Sociedad Española de Radiología Médica. Tomo I: 6-11.
49. DEL CURA J.L.; PEDROZA S. y GAYETE A. (2009) Radiología esencial. Sociedad Española de Radiología Médica. Tomo 2: 1059- 1343.
50. DELGADO M.T.; MARTINEZ-MORILLO M.; OTON C. y GIL G. (2002) Manual de radiología clínica. Harcourt. Madrid.
51. DIMMICK S.J. and FAULDER K.C. (2009) Normal variants of the cerebral circulation at Multidetector CT Angiography. *Radio Graphics* 29:1027-1043.
52. DOUGLAS-AKINWANDE A.C. and HATTAB E.M. (2010) Central skull base mass. *AJR* 195:22-24.
53. DREWS U. (1993) Atlas de poche d`embriologie. Médecine-Sciences. Flammarion. Paris.
54. DUBRULLE F.; SOUILLARD R. and HERMANS R. (2007) Extension patterns of nasopharyngeal carcinoma. *Eur Radiol* 17:2622-2630.

55. DUET M.; HERMAN P.; WASSEF M.; TRAN B.H.; LAREDO J.D. (2006) Bone metastases from head and neck paragangliomas: uncommon MR findings in an uncommon condition-report of three cases. *J Magn Reson Imaging* 24:428-33.
56. EBRIGHT J.R.; PACE M.T. and NIAZI A.F. (2001) Septic thrombosis of the cavernous sinuses. *Arch. Intern. Med.* 161:2671-6.
57. EDWARD J. and RICCIARDELLI M.D (1995) Embriology and anatomy of the cranial base. *Clinics in Plastic Surgery* 22:3.
58. ELIJOVICH L.; KAZMI K.; GAUVRIT J.V. and LAW M. (2006) The emerging role of the multidetector row CT angiography in the diagnosis of cervical arterial dissection: preliminary study. *Neuroradiology* 48:606-12.
59. EMBONG Z.; ISMAIL S.; THANARAJ A. and HUSSEIN A. (2007) Dental infection presenting with ipsilateral parapharyngeal abscess and contralateral orbital cellulitis- A case report. *Malaysian journal of Medical Sciences* 14 (2):62-6.
60. ENCHA-RAZAVI F. and ESCUDIER E. (1995) *Embryologie clinique*. Ed. Masson. Paris.
61. EZURE H.; GOTO N.; NONAKA N.; GOTO J. and TANI H. (2001) Morphometric analysis of the human trigeminal nerve. *Okajimas Folia Anan Jpn* 78 (2-3):49-53.
62. FATTERPEKAR G.M. and DOSHI A. (2006) Role of the 3D CT in the evaluation of the temporal bone. *Radio Graphics*.
63. FEHRENBACH M.J. y HERRING S.W. (1997) *Anatomía ilustrada de cabeza y cuello*. Mc Graw-Hill Interamericana. Madrid.
64. FLEISCHMANN D. (2005) How to design injection protocols for multiple detector-row CT angiography (MDCTA). *Eur Radiol* 15(suppl.5):E60-E65.
65. FLOHR T. and OHNESORGW B. (2001) Heart-rate adaptative optimization of spatial and temporal resolution for ECG- gated multi-slice spiral CT of the heart. *J Comp Assist Tomogr* 25:907-923.

66. FORSTING M. (2005) CTA of the ICA bifurcation and intracranial vessels. *Eur Radiol* 15 (suppl 4):D25-D27.
67. FORTUÑO ANDRÉS J.R.; SANS J.P. y PUJOL J.B. (2008) Diagnóstico no invasivo de la patología vascular cervical. *Sociedad Española de Radiología* 5:37-44.
68. FRUCHS T.; KACHELRIESS M. y KALENDER W.A. (2000) Technical advances in multi slice spiral CT. *Eur. J. Radiol* 36(2):69-73.
69. FUJIKAWA A.; TSUCHIYA K.; IMAI M. and NINATORI T. (2010) CT angiography covering both cervical and cerebral arteries using high iodine concentration contrast material with dose reduction on a 16 multidetector-row system. *Neuroradiology* 52:291-295.
70. GARCIA J.P.; GARCIA P.T.; ROSEN R.B. and FINGER P.T. (2004) PT. A3-dimensional ultrasound C-scan imaging technique for optic nerve measurements. *Ophthalmology*. 111:1238-1243.
71. GIBSON E.; YOUNG M.; SARUNIC M.V. and BEG ME.F. (2010) Optic nerve head registration via hemispherical surface and volume registration. *IEEE Trans Biomed Eng* 57(10): 2592-5.
72. GIELECKI J.S.; ZURADA A.; GAJDA G.; NOWAK D.; SIENKIEWICZ-ZAWILLINSKA J. (2008) The description of vascular variations in three-dimensional space: A novel method of spatial cerebral arteries evaluation. *Med Sci Monit* 14:MT36-MT41.
73. GIELECKI J.; ZURADA A.; KOZLOWSKA H.; NOWAK D. and LOUKAS M. (2009) Morphometric and volumetric analysis of the middle cerebral artery in human fetuses. *Acta Neurobiol Exp (Wars)* 69:129-137.
74. GIESEMANN A.M.; NEUBURGER J.; LANFERMANN H. and GOETZ F. (2011) Aberrant course of the intracranial facial nerve in cases of atresia of the internal auditory canal (IAC) *Neuroradiology* 53:681-687.
75. GILBERT S.F. (2003) *Developmental biology* chapter 13, the cranial neural crest. 7<sup>th</sup> ed.434-440.

76. GINSBERG L.; PRUETT S.; CHEN M. and ELSTER A. (1994) Skull base foramina of the middle cranial fossa: reassessment of normal variation with high-resolution CT. *AJNR* 15:283-91.
77. GLENN L.W. (2005) Innovations in Neuroimaging of skull base pathology. *Otolaryngol Clin N Am.* 38:613-629.
78. GOH P.S.; GI M.T.; CHARLTON A.; TAN C.; GANGADHARA SUNDAR J.K.; AMRITH S. (2008) Review of orbital imaging. *European Journal of Radiology* 66:387-395.ç
79. GONZALEZ J.M.; PESUDO J.V.; BORDES V.; QUILIS V.; TALAMANTES F.; GONZALEZ P. y MASBOUT G. (2011) Meningiomas del surco olfatorio. Tratamiento microquirúrgico radical por vía bifrontal. *Neurocirugía.* 22: 133-139.
80. GOODRICH J.T. (2000) A millennium review of skull base surgery. *Child's Nerv Syst.* 16:669-685.
81. GORRIÑO M.; SÁDABA F.; OLEAGA L.; GORRIÑO O.; GOMEZ J. y BERMEJO N. (2010) Estudio por resonancia magnética del contacto neurovascular en el espasmo hemifacial esencial: empleo de secuencias CISS y angiografía por resonancia magnética. *Neurología.* 25(5):287-294.
82. GRAHAM A.; BERBIE J. and McGONNELL I. (2004) Significance of the cranial neural crest. *Dev Dyn.* 229:5-13.
83. GRIFFITHS P.D.; PALEY M.N.; WIDJAJA E.; TAYLOR C. and WHITBY E.H. (2005) In utero magnetic resonance imaging for brain and spinal abnormalities in fetuses. *BMJ.* 331:562-565.
84. GROSSMAN R.I. y YOUSEM D.M. (2007) *Neuroradiología.* Marban. 1:1-2.
85. GRUBER D. (2002) Pediatric skull base surgery: Embriology and developmental anatomy. *Pediatr Neurosurg.* 38:2-8.

86. GÜRDAL E.; ÇAKMAK YO.; ÖZDOĞMUS O.; YALCINKAYA M.; UZÜN İ.; GÖĞÜSGEREN M.A. and CAVDAR S. (2007) Morphometric measurements of the caudal cranial nerves in the petroclival region. *Zentralbl Neurochir.* 68(2):47-9.
87. FOLEY W.D. and KARCAALTINCABA M. (2003) Computed tomographic angiography: principles and clinical applications. *L Comput Assist Tomogr.* 27(suppl. I):S23-S30.
88. HALL B.K. (1998) *The neural crest*; Oxford University Press.
89. HANS F.J.; REINGES M.H.T.; NOLTE K.; REIPKE P. and KRINGS T. (2005) Primary lymphoma of the skull base. *Neuroradiology* 47:539-542.
90. HARNSBERGER H.R.; OSBORN A.G.; ROSS J.S.; MOORE K.R.; SALZMAN K.L.; CARRASCO C.R.; HAMILTON B.E.; DAVIDSON H.Ch. And WIGGINS R.H. (2009) Diagnostic and surgical imagen anatomy. *Brain. Head and Neck. Spine. Amirsys.*1:174-387; 2:2-183.
91. HASSANE S.; FOUAD E.; SAID İ.; KARIM R.; ASMAE N.; HOUCINE CH. And ABDELBAR O. (2010) Orbital Metastatic Angiosarcoma. *Korean J ophthalmol.* 24(6):364-366.
92. HATİPOĞLU H.G.; DURAKOĞLUJİL T.; CİLİZ D. and YUKSEL E. (2007) Comparison of FSE and 3D FIESTA sequences in the evaluation of posterior fossa cranial nerves with MR Cisternography. *Diagn Interv Radiol.* 13:56-60.
93. HERBELLA F.A.; MUDO M.; DELMONTI C.; BRAGA F.M. and del GRANDE J.C. (2001) Raccoon eyes (periorbital haematoma) as a sing of skull base fracture. *Injury.* 32:745-7.
94. HERLIN C.; LARGEY A.; deMATTEİ C.; DAURÈS J.P. BIGORRE M and CAPTIER G. (2011) Modeling of the human fetal skull base growth: interest in new volumetrics morphometric tools. *Early Hum Dev.* 87(4):239-45.
95. HERMAN S. (2004) Computed tomography contrast enhancement principles and the use of high-concentration contrast media. *J Comput Assist Tomogr.* 28(suppl I):S1-S11.
96. HILL M. (2008) *Neural crest*. School of Medical Sciences. The University of New South Wales.

97. HIRAI T.; KOROGE Y.; SUGINOHARA K.; ONO K.; NISHI T.; UEMURA SH.; YAMURA M. and YAMASHITA Y. (2003) Clinical usefulness of unsubtracted 3D digital angiography compared with rotational digital angiography in the pretreatment evaluation of intracranial aneurysms. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 24(6):1067-1074.
98. HOJGAARD L. and SPECHT L. (2007) PET/CT in head and neck cancer. *Eur J Nucl Med Mol imaging* 34:1329-1333.
99. HONDA H.; WATANABE K.; KUSUMOTO S. and HOSHI H. (1987) Optimal positioning for CT examinations of the skull base. *Eur J Radiol.* 7:225-8.
100. HUGH D.; RABINOV J. and SOM P. (2003) Central skull base. *Embryology, Anatomy and Pathology.* Mosby. Inc.
101. HUGHES D.C.; KADUTHODIL M.J.; CONNOLLY D.J.A. and GRIFFITHS P.D. (2010) Dimensions and ossification of the normal anterior cranial fossa in children. *Am J Neuroradiol.* 31:1268-1272.
102. ISHIGAKI D.; ARAI H.; SASOH M.; OGASAWARA K.; UESUGI N.; SUGAI T. NAKAMURA S and OGAWA A. (2007) Meningioma in the posterior fossa without dural attachment. *Neurol Med Chir.* 47:364-6.
103. ISHIKURA R.; ANDO K.; WAKATA Y.; TAKADA Y.; YAMANO T.; MORI K. DELMAN B.N. and HIROTA SH. (2010) High resolution three-dimensional T2\*-weighted imaging at 3T: Findings of cerebellopontine angle schwannomas and meningiomas. *Magn Reson Med Sci.* 9(4):177-8.
104. ISODA H.; TAKEHARA Y.; ISOGAI S.; TAKEDA H.; KANEKO M; NOZAKI A. SUN Y. and FOO T.K. (1998) Technique for arterial-phase contrast enhanced three-dimensional MR angiography of the carotid and vertebral arteries. *AJNR Am J Neuroradiol.* 19:1241-1244.
105. JANAKI M.G.; NIMALA S.; RAJEEV A.G. (2007) Nasopharyngeal Angiofibroma treated with radiotherapy. *J Cancer Res Ther.* 3(2):100-1.

106. JEFFERY N. y SPOOR C. (2002) Brain size and the human cranial base: a prenatal perspective. *Am J Phys Anthropol* 118:324-340. JEREZ E. y RUIZ A. (2006) Glioma del nervio óptico. *Arch Soc Canar Oftal* 17.
107. JEFFERY N. SPOOR C. (2004) Ossification and midline shape changes of the human fetal cranial base. *Am J Phys Anthropol* 204:71-92.
108. JINKINS J.R. y NURI SENER R. (1991) The characteristic of cerebral meningiomas and surrounding tissues on dynamic CT. *Neuroradiology* 33:449-506.
109. JOHNSON M.D.; BURAK SADE M.T.; LEE M.J. and TOMS S.A. (2008) New prospects for management and treatment of inoperable and recurrent skull base meningiomas. *J Neurooncol* 86:109-122.
110. JONES T.M.; ALMADHI J.M.D.; BHALLA R.K.; LEWIS-JONES H. and SWIFT A.C. (2002) The radiological anatomy of the anterior skull base. *Clin Otolaryngol.* 27:101-105.
111. KALCHEIM C. y BEN-YAIR R. (2005) Cell rearrangements during development of the somite and its derivatives. *Curr Opin Genet Dev.*15:371.
112. KARASUA SABANCI P.A.; IZGI N.; IMER M.; SENCER A.; CANSEVER T. and CANBOLAT A. (2008) Traumatic epidural hematomas of the posterior cranial fossa. *Surgical Neurology* 69:247-252.
113. KARIBE H.; SHIRANE R. and YOSHIMOTO T. (2004) Preoperative visualization of microvascular compression of cranial nerve IX using constructive interference in steady state magnetic resonance imaging in glossopharyngeal neuralgia. *J Clin Neurosci.* 11:679-81.
114. KAUFMANN T.J.; HUSTON J.; MANDREKAR J.N. SCHLECK C.D.; THIELEN K.R and KALLMES D.F. (2007) Complications of diagnostic cerebral angiography: Evaluation of 19,826 consecutive patients. *Radiology* 243:812-19.
115. KETAN R.B. and AL-MEFTY O. (2004) Skull base surgery for benign skull base tumors. *Journal of Neurooncology* 69:181-189.

116. KIM D.W and KANG S.D. (2007) Association between internal artery morphometry and posterior communicating artery aneurism. *Yonsei Med J.* 48:634-638.
117. KIM S.M.; JUNG S.S.; PARK M.S and PARK K.S.(2010) Meningioma in the lateral cerebellomedullary cistern without dural attachment. *J Korean Neurosurg Soc.* 47:464-6.
118. KING A.D.; TSE G.; YUEN E.; TO E.; VLANTIS A.C.; ZEE B. CHAN A.B.; VAN HASSELT A.C. and AHUJA A.T. (2004) Comparison of CT and MR imaging for the detection of extranodal neoplastic spread in metastatic nodes. *Eur J Radiol.*52:264-270.
119. KJAER I. (1990) Ossification of the human fetal basicranium. *Jour of Craniof Genet and Dev Biolog.* 10:29-38.
120. KJAER I. (1995) Human prenatal craniofacial development related to brain development under normal and pathologic condition. *Acta Odontol Scand.* 53:135-143.
121. KJAER I.; KEELING J.W. and FISHER H.B. (1999) The prenatal human cranium-normal and pathological development. Munksgaard. Copenhagen.
122. KLINGEBIEL R.; KENTENICH M.; BAUKNECHT H.Ch.; MASUHR F.; SIEBERT E.; BUSCH M. and BOHNER G. (2008) Comparative evaluation of 64-slice CT angiography and digital subtraction angiography in assessing the cervicocranial vasculature. *Vascular Health and Risk Management.* 4:901-907.
123. KLUGER Y.; RIOU B.; ROSSAINT R.; RIZOLI S.B.; BOFFARD K.D.; CHOONG PH.; WARREN B. and TILLINGER M. (2007) Safety of rFVIIa in hemodynamically unstable polytrauma patients with traumatic brain injury: post hoc analysis of 30 patients from a prospective, randomized, placebo-controlled, double clinical trial. *Crit Care.* 11(4):R85.
124. KODAMA K.; INOUE K.; NAGASHIMA M.; MATSUMURA G.; WATANABE S. and KODAMA G. (1997) Studies on the foramen Vesalius in the Japanese juvenile and adult skulls. *Hokkaido Igaku Zasshi.* 72:667-74.



125. KÖSLING S.; OMENZETTER M.; BARTEL-FRIEDRICH S. (2009) Congenital malformations of the external and middle ear. *Eur J Radiology*. 69:269-279.
126. KOUYIALIS A.T.; STRANJALIS G.; PAPADOGIORGAKIS N.; PAPAVALASSOPOULOS F.; ZIAKA D.S.; PETSINIS V. and SAKAS D.E. (2007) Giant dumbbell-shaped middle cranial fossa trigeminal schwannoma with extension to the infratemporal and posterior fossae. *Acta Neurochir* 149:959-964.
127. KRAYENBÜHL N.; RASSIER G. and AL-MEFTY O. (2008) The foramen spinosum: a landmark in middle fossa surgery. *Neurosurg Rev* 31:397-402.
128. KULKARNI A.; ARIVAZHAGAN A.; SAMPATH S.; CHANDRAMOULI B.A. (2011) Anterior interhemispheric fissure meningioma without dural attachment in an adult. *Neurol India*.59:635-7.
129. KURODA Y.; HOSOYA T.; ODA A.; OOKI N.; TOYOGUCHI Y.; MURAKAMI M.; KANOTO M.; SUGAWARA CH.; HONMA T.; SUGAI Y. and NEMOTO K. (2011) Inverse-direction scanning improves the image quality of whole carotid CT angiography with 64-MDCT. *Eur J Radiology* 80:749-754.
130. KWAK R. and SHATZKES D. (2009) Transdural spread of glioblastoma through the foramen ovale with presentation as a masticator space mass. *AJNR Am J Neuroradiol*. 30:808-10.
131. LAGRÉZE W.A.; LAZZARO A.; WEIGE M.; HANSEN H.; HENNIG J. and BLEY T.H. (2007) Morphometry of the retrobulbar human optic nerve: comparison between conventional sonography and ultrafast magnetic resonance sequences. *IOVS*: 48:4.
132. LAINE F.J.; NADEL L. and BRAUN I. (1990) CT and RM imaging of central skull base. Techniques, embryologic development, and anatomy. *Radiographics*. 10:591-602.
133. LANZIERI C.; DUCHESNEAU P.M.; ROSENBLOOMS A.; SMITH A.S. and ROSEMBAUM A. (1998) The significance of asymmetry of the foramen of Vesalius. *AJNR am J Neuroradiol*. 9:1201-4.

134. LARA G.A.; MENEGATTI A.V.; BELINTANI P.A.; VICTOR M.J. and DRIMEL M.F (2010) A seven-year experience with patients with juvenile nasopharyngeal Angiofibroma. *Braz J Otorhinolaryngol.* 76(2):245-50.
135. LARSEN W.J. (1997) *Human Embriology.* 2<sup>nd</sup> edition. Churchill Livingstone. New York.
136. LARSEN W.J. (2003) *Embriología humana.* Editorial Elsevier, Madrid. 3<sup>a</sup> edición.
137. LEBLANC A. (2000) The cranial Nerves. Anatomy, Imaging, vascularization. *Eur J Radiol* 35:81-86.
138. LEBOWITZ R.A.; TERK A.; JACOBS J.B.; HOLLIDAY R. (2001) Asymmetry of the ethmoid roof: analysis using coronal computed tomography. *Laryngoscope* 111:2122-2124.
139. LECCHI M.; FOSSATI P.; ELISEI F.; ORECCHIA R. and LUCIGNANI G. (2008) Current concepts on imaging in radiotherapy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 35:821-837.
140. LELL M.; RUEHM S.G.; KRAMER M.; PANKNIN CH.; HABIBI R.; KLOTZ E. and VILLABLANCA P. (2009) Cranial computed tomography angiography with automated bone subtraction: a feasibility study. *Invest Radiol.* 44:38-43.
141. LIANG H.; ZHANG B.; WU L.; DU Y.; WANG X.; LIU C. and YU F. (2010) The superiority of 3D-CISS sequence in displaying the cisternal segment of facial, vestibulocochlear nerves and their abnormal changes. *Eur J Radiol.* 74:437-440.
142. LINN J.; PETERS F.; MORIGGL B.; NAIDICH T.P.; BRÜCKMANN H. and YOURSY I. (2009) The jugular foramen: Imaging strategy and detailed anatomy at 3T. *AJNR* 30:34-41.
143. LINN J.; PETERS F.; LUMMEL N.; SCHANKIN Ch.; RACHINGER W.; BRUECKMANN H. and YOURSY I. (2011) Detailed imaging of the normal anatomy and pathologic conditions of the cavernous region at 3 teslas using a contrast-enhanced MR angiography. *Neuroradiology* 53:947-954.
144. LINNAU K.F.; HALLAM D.K; LOMOSCHITZ F.M. and MANN F.A. (2003) Orbital apex injury: trauma at the junction between the face and the cranium. *Eur J Radiol.* 48: 5-16.

145. LIU T.; CHENG T.; XU W.; YAN W.L.; LIU J. and YANG H.L. (2011) A metaanalysis of <sup>18</sup>F-DG-PET, MRI and bone scintigraphy for diagnosis of bone metastases in patients with breast cancer. *Skeletal Radiol* 40:523-531.
146. LOUIS D.N.; OHGAKI H.; WIESTLER O.D.; CAVENNE W.K.; BURGER D.C.; JOUVET A. SCHEITHAUER B.W. and KLEIHUES P. (2007) The 2007 WHO classification of tumors of the central nervous system. *Acta Neurophatol.* 114:97-109.
147. LOVBLAD K.O (2007) Impact of contrast-enhanced CT and MRI on the management of patients with neurological disease. *Neuroradiology* 49(Suppl1).
148. LÖWENHEIM H.; KOERBEL A.; EBNER F.H.; KUMAGAMI H.; ERNEMANN U. and TATAGIBA M. (2006) Differentiating imaging findings in primary and secondary tumors of the jugular foramen. *Neurosurg Rev* 29:1-11.
149. LUO Z.; WANG D.; SUN X.; ZHANG T.; LUI F.; DONG D. (2011) Comparison of the accuracy of subtraction CT angiography performed on 320-detector row volume CT with conventional CT angiography for diagnosis of intracranial aneurysms. *Eur J Radiol.*
150. LUSTRIN E.S.; ROBERTSON R.L. and TILAK S. (1994) Normal anatomy of the skull base. *Neuroimaging Clinics of North America* 4:465-478.
151. LUYANDO L.H.; BLANCO J.; del LLANO ORTEGA R. (2008) Estudio vascular con tomografía computarizada. *Sociedad Española de Radiología Medica* 1: 1-8.
152. LV X.; JIANG CH.; LI Y.; YANG X.; WU Z. (2009) Endovascular treatment for pediatric intracranial aneurysms. *Neuroradiology.* 51:749-754.
153. MA R.; LIU C.; DENG K.; SONG S.J.; WANG D.P. and HUANG L. (2010) Cerebral artery evaluation of dual energy CT angiography with dual source CT. *Chin Med J.* 123:1139-44.
154. MACHADO-NETTO M.C.; LACERDA E.; HEINKE T. MAIA D.C.; LOWEN M.S. and SAAD E.D. (2006) Massive orbital metastasis of hepatocellular carcinoma. *Clinics* 61:359-62.

155. MAJDANI O.; THEWSS K.; BARTLING M.; LEINUNG C.; DALCHOW R. and LABADIE T. (2009) Temporal bone imaging: Comparison of flat panel volume CT and multisection CT. *AJNR An J Neuroradiol.* 30:1419-1424.
156. MANLEY N.F. and CAPE CCHI M.R. (1997) Group 3 paralouous genes act synergistically in the formation of somatic and neural crest-derived structures. *Dev Biol.* 192:274-88.
157. MARGALIT N.; WASSERZUG O.; de ROW A.; ABERGEL A.; FLISS D.M. and GIL Z. (2009) Surgical treatment of juvenile nasopharyngeal Angiofibroma with intracranial extension. Clinical article. *J Neurosurg Pediatr.* 4(2):113-7.
158. MARIANI G.; BRUSELLI L.; KUWERT T.; KIM E.E.; FLOTATS A.; ISRAEL O. DONDI M. and WATANABE N. (2010) A review on the clinical uses of SPECT/CT. *Eur J of Nucl Med Mol Imaging* 37:1959-1985.
159. MARTINEZ B.F.; TELIS O.; LAZA N.S.; QUEIROLO M.F.; RODRIGUEZ J. y GRILLO M. (2007) Anatomía topográfica del foramen oval con aplicación al tratamiento percutáneo de la neuralgia trigeminal. *Rev. Mex. Neuroci* 8(2):104-9.
160. MARU N.; CHEITA A.C.; MOGOANTA C.A. and PREJOIANU B. (2010) Intratemporal course of facial nerve: morphological, topographic and morphometric features. *Romanian Journal of Morphology and Embryology.*51 (2):243-248.
161. MCKINNEY A.; OTT F.; SHORT J.; MCKINNEY Z and TRUWIT CH. (2007) Angiographic frequency of blunt cerebrovascular injury in patients with carotid canal or vertebral foramen fractures on multidetector CT. *Eur J Radiol.*62:385-393.
162. MEIKE M.C. (2002) Craniofacial development, growth and evolution. 1<sup>st</sup> edition. Bateson Publishing. Bressingham, Norfolk, England.
163. MIKAMI T.; MINAMIDA Y.; YAMAKI T.; KOYANAGI I.; NONAKA T and HOUKIN K. (2005) Cranial nerve assessment in posterior fossa tumors with fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA). *Neurosurg Rev.* 28(4):261-266.
164. MILKER-ZABEL S.; KWOK Y. and DEBUS J. (2008) Skull base tumors. *Medicine IV:* 383-392.

165. MOORE K.L. y DALLEY A.F. (2007) Anatomía con orientación clínica. 5ª edición. Panamericana.
166. MOORE K.L. y PERSAUD T.V. (1995) Embriología clínica 5ª ed. McGraw-Hill. Interamericana. México.
167. MORALES F.; MAILLO A.; DIAZ-ALVAREZ A.; MERINO M.; MUÑOZ-HERRERA A. and HERNANDEZ J. (2005) A predictive system to know the extent of their surgical resection and patient outcome. *Neurocirugía (Astur)* 16:477-485.
168. MORHARD D.; FINK CH.; BECKER CH.; REISER M.F. and NIKOLAOU K. (2008) Value of automatic bone subtraction in cranial CT angiography: comparison of bone subtracted vs. standard CT angiography in 100 patients. *Eur Radiol* 18:974-982.
169. MORIYAMA H.; ITOH M.; SHIMADA K. and OTSUKA N. (2007) Morphometric analysis of wbers of the human vestibular nerve: sex differences. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 264:471-475.
170. MOYER J.S.; CHEPEHA D.; PRINCE M. and TEKNOS T (2009) Microvascular reconstruction of the orbital complex. *Facial Plast Surg Clin North Am.* 17:225-237.
171. MUTHUKUMAR M.; SWAMINATHAN R.; VENKATESH G. and BHANUMATHY S. (2005) A morphometric analysis of the foramen magnum region as it relates to the transcondylar approach. *Acta Neurochir (Wien)* 147:889-895.
172. NAKAHARA K.; SHIMIZU S.; KITAHARA T.; OKA U.; UTSUKI S.; SOMA K. KAN SH. And FUJII K. (2011) Linear fractures invisible on routine axial computed tomography: a pitfall at radiological screening for minor head injury. *Neurol Med Chir* 51(4):272-4.
173. NEMZEK W.R.; BRODIE H.; HECHT S.; CHONG B.; BABCOOK C. and SEIBERT J.A. (2000) CT and plain film imaging of the developing skull base in fetal specimens. *AJNR* 21:1699-1706.
174. NETTER H.F. y BRASS A. (2005) Sistema nervioso: anatomía y fisiología. Masson S.A. Barcelona.

175. NEVES F.; HUWART L.; JOURDAN G.; REIZINE D.; HERMAN P.; VICAUT E. and GUICHARD J.P. (2008) Head and neck paragangliomas: value of contrast-enhanced 3D MR angiography. *AJNR* 29:883-9.
176. OCANDO Z. y MILDRED (2007) Avances en el diagnóstico por imagen desde una perspectiva bioética. *RFM* 30:6-11.
177. OISHI M.; FUKUDA M.; ISHIDA G.; SAITO A.; HIRAISHI T. and FUJJI Y. (2011) Prediction of the microsurgical window for skull-base tumors by advanced three-dimensional multi-fusion volumetric imaging. *Neurol Med Chir.* 51:201-207.
178. OKAHARA M.; KIYOSUE H.; HORI Y.; YAMASHITA M.; NAGATOMI H. and MORI H. (2004) Three-dimensional time of flight MR angiography for evaluation of intracranial aneurysms after endosacular packing with guglielmi detachable coils: comparison with 3D digital subtraction angiography. *Eur Radiol.* 14:1162-1168.
179. OLEAGA L. (2008) Estudio vascular con resonancia magnética. *Sociedad Española de Radiología Médica.* 2:11-19.
180. OMAR L.A. y JUSTO L.G. (2005) Cirugía transepto esfenoidal en adenomas hipofisarios productores de prolactina. *Rev Cubana Endocrinol.* 112 (2).
181. OSBORN A.G.; SALZMAN K.L y BARKOVICH A.J. (2011) Diagnóstico por imagen cerebro, 2ª edición. 1102-1105.
182. OSUNWOKE E.A.; MBADUGHA C.C.; ORISH C.N.; OGHENEMAVWE E.L and UKAH C.J. (2010) A morphometric study of foramen ovale and foramen spinosum of the human sphenoid bone in the southern Nigerian population. *J Appl Biosci.* 26:1631-1635.
183. OTA H.; TAKASE K.; RIKIMARU H. TSUBOI M.; YAMADA T.; SATO A.; HIGANO SH.; ISHIBASHI T. and TAKAHASHI SH. (2005) Quantitative vascular measurements in arterial occlusive disease. *Radiographics.* 25(5):1141-1158.
184. OZER E.; ICKE C. and ARDA N. (2010) Microanatomical study of the intracranial abducens nerve: clinical interest and surgical perspective. *Turkish Neurosurgery.* 20(4):449-456.

185. ÖZSARLAK O.; VAN GOETHEM J.W.; MAES M. and PARIZEL P.M. (2004) MR angiography of the intracranial vessels: technical aspects and clinical applications. *Neuroradiology* 46:955-972.
186. PAI S.B.; VARMA R.G.; KULKARNI R.N. (2005) Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *Neurol India*. 53:186-190.
187. PANIAGUA ESCUDERO J.C.; de la MANO G.S. y ASENSIO C. J. (2009) Diagnóstico y control evolutivo de los paragangliomas cervicocefálicos. *Estudios de imagen: tomografía computarizada y resonancia magnética. Acta Otorrinolaringol Esp.* 60(1): 45-52.
188. PARIMA H.; SUPPAPONG T.; PIYAWADEE M. and SHANOP Sh. (2008) Orbital metastasis of hepatocellular carcinoma. *J Neuro-Ophthalmol.* 28:47-50.
189. PASTOR J.F.; GIL J.A.; de PAZ F.J.; BARBOSA M. (2001) Atlas de variaciones epigenéticas craneales. Ed. Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.
190. PAULINO A.C.; KOSKY M.; RUSTHOVEN K.E. (2005) The role of PET-CT fusion in head and neck cancer. *Oncology.* 19:241-253.
191. PEDROSA C.S. (2008) Diagnostico por imagen. *Neurorradiología.* 3ª edición. Marban, S.L. 489-508.
192. PENAR P.L.; NATHAN D.J.; NATHAN M.H.; SALSALI A. (2005) Pituitary tumor diagnosis and treatment. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2:236-245.
193. PÉREZ H. A.; SAURA L.P.; GARCIA A.J.; de las HERAS G.J. (2009) Diagnosis and treatment of head and neck paragangliomas. Uses of angiography and interventional radiology. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 60(1):53-67.
194. PETER M. y SOM (2004) Radiología de cabeza y cuello. 4ª edición. Vol. 1.

195. PIRRIS S.M.; POLLACK I.F.; SNYDERMAN C.H. CARRAU R.L.; SPIRO R.M. TYLER-KABARA E. and KASSAM A.B. (2007) Corridor Surgery: the current paradigm for skull base surgery. *Childs Nerv Syst.* 23:377-384.
196. POLICENI B.A. (2011) XXII curso internacional de correlación radio-patológica. Madrid.
197. POZZI-MUCELLI F.; BRUNI S.; DODDI M. CALGARO A.; BRAINI M. and COVA M. (2007) detection of intracranial aneurysms with 64 channel multidetector row computed tomography: comparison with digital subtraction angiography. *Eur J Radiol.* 64:15-26.
198. PRESTIGIACOMO Ch. J.; NIIMI Y.; SETTON A. and BERENSTEIN A. (2003) Three-dimensional rotational spinal angiography in the evaluation and treatment of vascular malformations. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 24:1429-1435.
199. QUITRAL R. y RAHAL M. (2005) Tumores malignos de nariz y cavidades nasales. *Rev Otorrinolaringol Cir. Cabeza y cuello.* 63:21-28.
200. RADNER H.; KATENKAMP D.; REIFENBERGER G.; DECKERT M.; PIETSCH T and WIESTLER O.D. (2001) New developments in the pathology of skull base tumors. *Virchows archiv.* 438(4):321-335.
201. RAY B.; RAJAGOPAL K.V.; RAJESH T.; GAYATHRI B.M.; D`SOUZA A.S.; SWARNASHRI J.V et al (2011) Morphometric and CT measurements of useful bony landmarks of skull base. *Rom J Morphol embryo.* 52(3):873-887.
202. REICHELT A.; ZECKEY C.H.; HILDEBRAND F.; GROSSHENNIG A.; SHIN H. GALANSKI M. and KEBERLE M. (2011) Imaging of the brain in polytraumatized patients comparing 64-row spiral CT with incremental (sequential) CT. *Eur J Radiol.*
203. REYMOND J.; CHARUTA A. and WYSOCKI J. (2005) The morphology and morphometry of the foramina of the greater wing of the human sphenoid bone. *Folia Morphologica.* 64(3):188-193.
204. RHOTON A.L. (2002) The anterior and middle cranial base. *Neurosurgery.* 51:273-302.



205. RHOTON A.L (2002) The supratentorial arteries. *Neurosurgery*. 51(4):53-120.
206. RICART V.; ARANA E.; REVERT A.; LLORET M.T.; BRUGGER J. y ROMERO M.J. (1999) Agujeros de la base del cráneo: estudio morfométrico con tomografía computarizada. *Radiología*. 41:321-326.
207. RICCIARDELLI E.J. Embryology and anatomy of the cranial base. *Clin Plast Surg*. 22(3):361-72.
208. RIDGWAY E.B.; WEINER H.L. (2004) Skull deformities. *Pediatr Clin N Am*. 51:359-387.
209. ROELFSEMA N.M.; GRIJSEELS E.W.; HOP W.C. and WLADIMIROFF J.W. (2007) Three-dimensional sonography of prenatal skull base development. *Ultrasound in Obstetrics Gynecology*. 29(4):372-377.
210. ROJAS L. y MONSALVE G. (2006) Fractura del clivus con trauma craneoencefálico leve. Reporte de un caso. *Revista Med*. 14(1):112-115.
211. ROSSI A.C.; FREIRE A.R.; PRADO F.B.; CARIA P.H. and BOTACIN P.R. (2010) Morphological characteristics of foramen of Vesalius and its relationship with clinical implications. *J Morphol. Sci*. 27:26-29.
212. ROUVIÉRE H. (2005) *Anatomía humana descriptiva, topografía y funcional*. Elsevier. España.
213. RYAN S.; BLYTH P.; DUGGAN N. WILD M. and AL-ALI S. (2007) Is the cranial accessory nerve really a portion of the accessory nerve? Anatomy of the cranial nerves in the jugular foramen. *Anat Sci Int*. 82:1-7.
214. RYDBERG J.; BUCKWALTER K.A. and CALDEMEYER K.S. (2000) Multisection CT: Scanning techniques and clinical applications. *Radiographics*. 20:1787-806.
215. SABA L.; SANFILIPPO R.; PIRISI R.; PASCALIS L.; MONTISCI R. and MALLARINI G. (2007) Multidetector –row CT angiography in the study of atherosclerotic carotid arteries. *Neuroradiology*. 49:623-637.

216. SADLER T.W. (2004) Embriología médica con orientación clínica. Editorial Médica panamericana. Madrid. 9ª edición.
217. SADLER T.W. (2010) Langman. Embriología medica. 11ª edición. Wolters Kluwer health España. S.A.
218. SAKAMOTO S.; KIURA Y.; SHIBUKAWA M.; OHBA S.; ARITA K. and KURISU K. (2006) Subtracted 3D CT angiography for evaluation of internal carotid artery aneurysms: comparison with conventional digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 27:1332-37.
219. SAKAMOTO S.; OHBA S.; SHIBUKAWA M.; KIURA Y.; OKAZAKI T.; ARITA K. and KURISU K. (2006) Characteristics of aneurysms of the internal carotid artery bifurcation. *Acta Neurochir.* 148:139-143.
220. SAMII A.; GERGANOV V.; HEROLD Ch.; GHARABAGHI A.; HAYASHI N. and SAMII M. (2009) Surgical treatment of skull base chondrosarcomas. *Neurosurg Rev.* 32:67-75.
221. SANTAGATI F. and RIJLI F.M. (2003) Cranial neural crest and the building of the vertebral head. *Nat Rev Neurosci* 4(10):806-18.
222. SARIKAYA B.; SARIKAYA S.; DENIZ F.E.; ACU B.; KABLAN Y. and FIRAT M.M. (2007) Unregistered subtracted CT angiography for the visualization of intracranial arteries at or near the skull base: preliminary experience. *Diagn Interv Radiol.* 13:105-108.
223. SARLIS N.J.; GOURGIOTIS L.; KOCH C.A.; SKARULIS M.C.; BRUCKER-DAVIS F.; DOPPMAN J.L. OLDFIELD E.H. and PATRONAS N.J. (2003) MR imaging features of thyrotropin-secreting pituitary adenomas at initial presentation. *AJNR.* 181:577-582.
224. SCHELLINGER P.D.; RICHTER G.; KÖHRMANN M. and DÖRFLER A. (2007) Non invasive angiography (magnetic resonance and computed tomography) in the diagnosis of ischemic cerebrovascular disease. *Cerebrovasc Dis.* 24:16-23.
225. SCHUKNECHT B. (2004) Latest techniques in head and neck ct angiography. *Neuroradiology.* 46(suppl 2):S208-S213.

226. SCHUKNECHT B. (2007) High-concentration contrast media (HCCM) in CT angiography of the carotid system: impact on therapeutic decision making. *Neuroradiology* 49(suppl 1): S15-S26.
227. SCHÜNKE M.; SCHULTE E. y SCHUMACHER U. (2007) Prometheus, texto y Atlas de Anatomía. Editorial Médica Panamericana. 3:10-261.
228. SEITZ J.; HELD P.; FRÜND R.R.; STROTZER M.; NITZ W.R. and VÖLK M. (2001) Visualization of the IXth to XIIth cranial nerves using 3-dimensional constructive interference in steady state, 3-dimensional magnetization- prepared rapid gradient echo and T2-weighted 2-dimensional turbo spin echo magnetic resonance imaging sequences. *J Neuroimaging*. 11:160-164.
229. SEMPLE P.; FIEGGEN G.; PARKES J. and LEVITT N. (2007) Giant prolactinomas in adolescence: an uncommon cause of blindness. *Child's Nerv syst*. 23:213-217.
230. SHANE T.R.; SHOJA M.; LOUKAS M.; JERRY O.; COHEN-GADOL A. and WILLIAM H. (2010) Mastoid ecchymosis as an indicator of basilar skull fracture. *JNS*. 112:186-188.
231. SHARMA B.S.; GUPTA A.; AHMAD F.U.; SURI A. and MEHTA V.S. (2008) Surgical management of giant intracranial aneurisms. *Clin Neurol Neurosurg*. 110(7):674-681.
232. SHETH S.B.; BRANSTETTER B.F. y ESCOTT E.J. (2009) Appearance of normal cranial nerves on steady-state free precession MRI images. *RadioGraphics*. 29:1045-1055.
233. SHU-QING Y.; WANG J.S.; JI N.; LIU W. and QIAN K. (2011) Clinical characteristics and therapeutic strategies of atypical meningioma. *CMJ*. 24(7):1094-1096.
234. SILVENNOINEN H.M.; IKONEN S.; SOINNE L.; RAILO M. and VALANNE L. (2007) CT angiographic analysis of carotid artery stenosis: comparison of manual assessment, semiautomatic vessel analysis, and digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*. 28:97-103.
235. SLIKER C.W. (2008) Blunt cerebrovascular injuries: imaging with multidetector CT angiography. *RadioGraphics*. 28:1689-1708.

236. SOM P.N. y CURTIN H.D. (2004) Radiología de cabeza y cuello. 4ªed.
237. SOMESH M.S.; SRIDEVI H.B.; PRABHU L.; SWAMY M.S.; KRISHNAMURTHY A.; MURLIMANJU B.V. and CHETTIAR G.K. (2011) A morphometric study of foramen ovale. Turk Neurosurg. 21(3):378-83.
238. SONG M.H.; LEE H.Y.; JEON J.S.; LEE J.D.; LEE H.K. and LEE W.S. (2008) Jugular foramen schwannoma: analysis on its origin and location. Otol neurotol.29:387-91.
239. SOTO S. Y VALDÉS F. (2007) Tumor del cuerpo carotideo. Rev. Med. Chile. 135:1414-1420.
240. SPERBER G.H. (1989) Craniofacial embryology. 4<sup>th</sup> edition. Wright. Great Britain.
241. SPERBER G.H. (1989) Early embryonic development in craniofacial embryology. 4<sup>th</sup> ed. London: Wright.7-30.
242. SPERBER G.H. (2001) Craniofacial development. Hamilton, BC Decker.
243. STOKES S.M. and CASTLE T.J. (2010) Nasopharyngeal Angiofibroma of the nasal cavity. Head and Neck Pathol. 4:210-213.
244. TANRIOVER N.; KAWASHIMA M.; RHOTON A.L.; ULM A.J. and MERICLE R.A. (2003) Microsurgical anatomy of the early branches of the middle cerebral artery: Morphometric analysis and classification with angiographic correlation. J Neurosurg. 98:1277-1290.
245. TAO H.; MA Z.; DAI P. and JIANG L. (1999) Computer-aided 3-D reconstruction and measurement of optic canal and intracanalicular structures. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 35(6):426-9, 25.
246. TARASÓW E.; ABDULWAHED S.A.; LEWSZUK A. and WALECKI J. (2007) Measurements of the middle cerebral artery in digital subtraction angiography and MR angiography. Med Sci Monit. 13(suppl 1):65-72.

247. TEKSAM M.; MCKINNEY A.; CASEY S.; ASIS M.; KIEFFER S. and TRUWIT Ch.L. (2004) Multi-section CT angiography for detection of cerebral aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol.* 25:1485-92.
248. TESTUD L. y LATARJET A. (1988) *Tratado de anatomía humana, tomo II.* Barcelona.
249. THOMPSON E.O.; SMOKER W.R. (1994) Hypoglossal nerve palsy: A segmental approach. *Radiographics.* 14:939-958.
250. TITLIC M.; ERCEG I.; KOVACEVIC T.; GABRIC N.; KARAMAN K.; ZULJAN I.; ORSOLIC K. and KALAJZIC J. (2005) The correlation of changes of the optic nerve diameter in the acute retrobulbar neuritis with the brain changes in multiple sclerosis. *Coll Antropol.* 29:633-636.
251. TOPSAKAL C.; AL-MEFTY O.; BULSARA K.R. and WILLIFORD V.S. (2008) Intraoperative monitoring of lower cranial nerve in skull base surgery: technical report and review of 123 monitored cases. *Neurosurg Rev.* 31:45-53.
252. TUBBS R.S.; GRIESSENAUER C.J.; LOUKAS M.; SHOJA M.M.; COHEN-GADOL A. A. (2010) Morphometric analysis of the foramen magnum: an anatomic study. *Neurosurgery.* 66(2):385-8.
253. UCHINO A.; SAITO N.; OKADA Y.; INOUE K. (2011) Carotid-anterior cerebral artery anastomosis on MR angiography: a university hospital-based study. *Neuroradiology.*
254. UNGER F.; HASELSBERGER K.; WALCH C.; STAMMBERGER H. and PAPAETHYMIU G. (2005) Combined endoscopic surgery and radiosurgery as treatment modality for olfactory neuroblastoma (esthesioneuroblastoma). *Acta Neurochir.* 147:595-602.
255. VALENZUELA R. y EBENSPERGUER E. (2002) Base del cráneo: Anatomía y patología tumoral. Revisión conceptual. *Revista Chilena de Radiología.* 4:170-176.
256. VAN DER BERG R.; VERBIST B.M; MERTENS B.J.; VAN DER MEY A.G. and VAN BUCHEM M.A. (2004) Head and neck paragangliomas: Improved tumor detection using contrast-enhanced 3D time-of-flight MR angiography as compared with fat-suppressed MR imaging techniques. *AJNR Am J Neuroradiol.* 25:863-70.

257. VAN DER BERG R. (2005) Imaging and management of head and neck paragangliomas. *Eur Radiol.* 15:1310-1318.
258. VILLABLANCA J.P.; NAEL K.; HABIBI R.; NAEL A.; LAUB G. and FINN J.P. (2006) 3T contrast-enhanced magnetic resonance angiography for evaluation of the intracranial arteries: comparison with time-of-flight magnetic resonance angiography and multislice computed tomography angiography. *Invest Radiol.* 41:799-05.
259. VILLABLANCA J.P.; RODRIGUEZ F.J.; STOCKMAN T.; DAHLIHAL S.; OMURA M.; HAZANY S. and SAYRE J. (2007) MDCT angiography for detection and quantification of small intracranial arteries: comparison with conventional catheter angiography. *AJNR Am J Roentgenol.* 188:593-602.
260. VINKO V.D. (2005) Microsurgical anatomy and surgery of the central skull base. *AJNR.* 26:1292-1293.
261. WANG H.; UDAGAWA J. and OTANI H. (2011) Morphological and Zhang morphometric study on sphenoid and basioccipital ossification in normal human fetuses. *Japanese Teratology Society.* 51:138-148.
262. WEBER A.L. y KENNA M.J. (1994) Radiologic evaluation of the jugular foramen. Anatomy, vascular variants anomalies, and tumor. *Neuroimaging Clin N Am.* 4:579-98.
263. WEIGEL M.; LAGREZE W.A.; LAZZARO A.; HENNIG J. and BLEY T.A. (2006) Fast and quantitative high-resolution magnetic resonance imaging of the optic nerve at 3.0 teslas. *Invest Radiol.* 41:83-86.
264. WEIR J.; ABRAHAMS P.H.; BELLI A.M.; HOURIHAN M.; MOORE y OWEN P. (2005) Atlas de anatomía humana por técnicas de imagen. Elsevier, España. Madrid.
265. WILLIAMS L.S.; SCHMALFUSS I.M.; SISTROM Ch. L.; INOUE T.; TANAKA R.; SEOANE E.R. and MANCUSO A.A. (2003) MR imaging of the trigeminal ganglion, nerve, and the perineural vascular plexus: normal appearance and variants with correlation to cadaver specimens. *AJNR Am J Neuroradiol.* 24:1317-1323.

266. WILSON-PAUWELS L.; ANESSON E.J.; STEWART P.A. y SPACEY S.D. (2003) Nervios craneales en la salud y la enfermedad. 2ª edición. Editorial Médica Panamericana.
267. YAGI A.; SATO N.; TAKETOMI A.; NAKAJIMA T.; MORITA H.; KOYAMA Y; OAKI J. and ENDO K. (2005) Normal cranial nerves in the cavernous sinuses: contrast-enhanced three-dimensional constructive interference in the steady state MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 26:946-950.
268. YAGI A.; SATO N.; TAKAHASHI A.; MORITA H.; AMANUMA M.; ENDO K. and TAKEUCHI K. (2010) Added value of the contrast-enhanced CISS imaging in relation to conventional MR images for the evaluation of intracavernous cranial nerve lesions. *Neuroradiology.* 52:1101-1109.
269. YILMAZ C.; ALTINORS N.; SONMEZ E.; GULSEN S.; CANER H. (2010) Rare lesions of the cerebellopontine angle. *Turkish Neurosurgery.* 20(3):390-397.
270. YOSHINO N.; AKIMOTO H.; YAMADA I.; NAGAOKA T.; TETSUMURA A.; KURABAYASHI T.; HONDA E.; NAKAMURA SH. And SASAKI T. (2003) Trigeminal neuralgia: evaluation of the neuralgic manifestation and site of neurovascular compression with 3D CISS MR imaging and MR angiography. *Radiology.* 228:539-45.
271. YOUSRY I.; CAMELIO S.; SCHMID U.D.; HORSFIELD M.A.; WIESMANN M.; BRÜCKMANN H. and YOUSRY A. (2000) Visualization of cranial nerves I-XII: values of 3D CISS and T2-weighted FSE sequences. *Eur Radiol.* 10:1061-1067.
272. YOUSRY I.; MORIGGL B.; SCHMID U.D.; NAIDICH T.P. and YOUSRY T.A. (2005) Trigeminal ganglion and its divisions: detailed anatomic MR imaging with contrastenhanced 3D constructive interference in the steady state sequences. *AJNR Am J Neuroradiol.* 26:1128-1135.
273. ZHANG J.; CHI L.Y.; MENG B.; LI F. and ZHU S.G. (2007) Meningioma without dural attachment: case report, classification, and review of the literature. *Surg Neurol.* 67:535-9.

274. ZHANG L.J.; WU S.Y.; NIU J.B.; ZHANG Z.L.; WANG H.Z.; ZHAO Y.E.; CHAI X.; ZHOU CH. And LU G.M. (2010) Dual-energy CT. Angiography in the evaluation of intracranial aneurysms: image quality, radiation dose, and comparison with 3D rotational digital subtraction angiography. *AJNR Am J Roentgenol.* 194:23-30.
275. ZHANG Q.; WANG H.; UDAGAWA J. and OTANI H. (2011) Morphological and morphometric study on sphenoid and basioccipital ossification in normal human fetuses. *Congenital Anom (Kyoto).*51(3):138-48.
276. ZURADA A.; GIELECKI J.S. (2007) A novel formula for the classification of blood vessels according to symmetry, asymmetry and hypoplasia. *Folia Morphol (Warsz)* 66:339-345.
277. ZURADA A.; GIELECKI J.; SHANE TUBBS R.; LOUKAS M.; MARKSYMOWICZ W.; COHEN-GADOL A.; MICHALAK M.; CHLEBIEJ M. and ZURADA-ZIELINSKA A. (2011) Three-dimensional morphometrical analysis of the M1 segment of the middle cerebral artery: potential clinical and neurosurgical implications. *Clinical Anatomy.* 24:34-46.