



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

**MEMORIA RESULTADOS**  
**Proyecto innovación docente**  
**2009/2010**

**Desarrollo de contenidos docentes para la formación virtual,  
que motive el aprendizaje autónomo**

**Código del Proyecto: ID9/198**

**Responsable del Proyecto: Prof. Dr. Juan A. Juanes Méndez**

## **Índice**

1. Papel de las nuevas tecnologías en el entorno médico.
2. Justificación y objetivos.
3. Metodología.
4. Resultados.
5. Conclusiones
6. Bibliografía.

## **1. Papel de las nuevas tecnologías en el entorno médico.**

El campo de las imágenes médicas ha avanzado significativamente en los últimos años, convirtiéndose en una herramienta primordial, no solo en la práctica de la medicina clínica radiológica, sino también en el planteamiento de abordajes quirúrgicos y en el ámbito de la formación; generando, a su vez, nuevas líneas de investigación científica que abarcan múltiples disciplinas. Esta evolución ha sido posible gracias a la difusión de áreas tradicionalmente separadas pero muy relacionadas: desde la visión por ordenador y el procesamiento de imágenes, pasando por técnicas gráficas y de visualización, hasta los entornos interactivos y dispositivos para la manipulación interactiva de la información.

Como resultado de estas innovaciones, las imágenes médicas se están reinventando a sí mismas continuamente, fundamentalmente en el modo en que son vistas, en cómo son comunicadas y aprendidas y, por último, en la forma de interactuar con la información médica. (1).

La información en forma de imágenes tiene una creciente importancia en Medicina. Mientras que hace apenas 25 años la información médica, en forma de imágenes, se reducía prácticamente a las placas de rayos X, en los años 80 y, en mayor medida, en los últimos años se puede decir que los médicos se encuentran a menudo desbordados por la cantidad de información puesta a su disposición, muy en particular por los equipos de imágenes médicas de diversos tipos. En la actualidad, el médico dispone de imágenes médicas de diversos tipos que debe relacionar de alguna forma. Al utilizar imágenes médicas de diversas modalidades (TC, RM, PET, SPECT), en ocasiones el problema mayor es manejar la gran cantidad de datos disponible y discernir su importancia.

La disciplina de la visualización médica surge como una necesidad para aprovechar y “digerir” la enorme cantidad de datos producidos por los modernos sistemas de imágenes médicas.

La disponibilidad de hardware dedicado hace posible en la actualidad realizar aplicaciones tanto de visualización de superficies y como de visualización volumétrica gracias a sistemas informáticos.

En la actualidad, las aplicaciones de tratamiento y análisis de imágenes aparecen frecuentemente integradas con aplicaciones de visualización tridimensional. Además de detectar y localizar zonas de interés, los usuarios de las aplicaciones informáticas de imágenes médicas (radiólogos, cirujanos, estudiantes, etc.) desean en general ver dichas zonas visualizándolas tridimensionalmente, aprovechando de este modo la naturaleza tridimensional de la mayoría de las imágenes utilizadas.

Un área de creciente importancia es la planificación de cirugía, que impactará cómo se realizarán las intervenciones a corto y medio plazo. Una aplicación de este tipo permite al cirujano planificar la trayectoria de acceso a las zonas a intervenir. En este tipo de aplicaciones normalmente se integran también técnicas de tratamiento y análisis para la extracción de estructuras de interés, de las cuales se pueden elaborar modelos tridimensionales para su posterior manipulación y procesamiento. Es de esperar, asimismo, que la utilización de las herramientas informáticas se extienda también durante la intervención quirúrgica. El cirujano, con la ayuda de interfaces sofisticados de realidad aumentada podrá superponer modelos y trayectorias previamente calculadas a las imágenes que está viendo en ese mismo instante. Estas herramientas se complementarán con sistemas de exploración susceptibles de ser utilizados durante la intervención misma (como, por ejemplo, ciertos sistemas de resonancia magnética). (2)

El papel de las nuevas tecnologías aplicadas al entorno médico ha sido, está siendo y será de gran importancia. El abanico de posibilidades y mejoras que nos ofrece la tecnología de la que disponemos actualmente es amplísimo. En particular, las reconstrucciones tridimensionales de estructuras anatómicas suponen un cambio notable en la forma de visualizar, comprender, abordar y estudiar el cuerpo humano. Cuando se generalice esta forma de visualizar la anatomía se podrán evaluar los resultados que se esperan: mejores abordajes quirúrgicos, mejores diagnósticos, y un estudio de la anatomía de un modo diferente, mas atractivo y comprensible.

## **2. Justificación y objetivos.**

La visualización tridimensional de las estructuras anatómicas en general y de las representaciones de estas con imágenes diagnósticas, como la resonancia magnética, o la tomografía computarizada, entre otras, son un pilar fundamental en la formación nuestros futuros profesionales de Ciencias de la Salud. Su conocimiento es imprescindible tanto para aquellos que la utilizarán en su actividad profesional como elemento diagnóstico, como para los que, a través de esta disciplina, necesitan adquirir el conocimiento preciso de estructuras de nuestro organismo que resultan especialmente complejas.

Este proyecto se justifica en base a que la identificación y aprendizaje de determinadas zonas anatómicas, especialmente complejas, es uno de los conocimientos fundamentales que debe adquirir un alumno de Ciencias de

la Salud y especialmente los futuros licenciados en Medicina y Cirugía. Por otra parte, en el trabajo habitual de diagnóstico clínico, las principales fuentes de información de que dispone el especialista son las imágenes y muchas de ellas son imágenes radiológicas. Este proyecto trata de crear una aplicación que permita al usuario acercarse a determinadas zonas anatómicas en primer lugar, entendiendo su estructura ósea, sus componentes, sus posiciones y orientaciones en el esqueleto, en segundo lugar, identificando estas estructuras en las imágenes diagnósticas utilizadas en la práctica médica y finalmente comprendiendo la estructuración que el resto de tejidos posee en relación a ellas (imágenes volumétricas de tejidos blandos) y pretende avanzar en el conocimiento de la forma más eficaz de aplicar dicho material en el proceso de enseñanza aprendizaje de los alumnos.

Desde el descubrimiento de los rayos X a cargo de Röntgen en 1895 hasta las técnicas más novedosas como el PET-TC, pasando por la ecografía, la TC, la RM, las imágenes médicas han experimentado un gran avance.

Esta evolución va dirigida a un mayor contraste, definición, rapidez... y hacia un menor daño del paciente, entre otras cuestiones; y todo ello con el fin de ayudar a los facultativos y futuros profesionales de la medicina y de las ciencias de la salud en general.

Con ese mismo fin, es con el que lanzamos este proyecto, que consiste en la elaboración de estructuras tridimensionales a partir de imágenes de TC o RM. Lo cual, creemos que va a aportar unas ventajas tanto en la formación de profesionales médicos a la hora de conocer la anatomía humana, como en el diagnóstico médico y el abordaje quirúrgico de distintas patologías.

### Objetivos:

- En la actualidad, el aprendizaje de la anatomía humana en la mayoría de las facultades de nuestro país se realiza a partir de libros, láminas, dibujos, explicaciones... pero a día de hoy, parece que se queda un poco atrás no aprovecharse de los avances tecnológicos que tenemos a nuestro alcance para facilitar, motivar y clarificar ese aprendizaje.

- Creemos que el manejo de las imágenes 3D les va a servir de gran ayuda a la hora de tener una comprensión visual más cercana a la realidad tridimensional del objeto de estudio. Concretamente, en el ámbito del aprendizaje de estructuras anatómicas, el alumno puede beneficiarse de la manipulación de representaciones tridimensionales extraídas a partir de imágenes médicas, con el objetivo de comprender su forma, elementos constituyentes, ubicación relativa y relaciones. También podemos mover y seleccionar las estructuras que necesitemos; incluso con descripciones textuales

- Este proyecto tiene como finalidad obtener un material iconográfico de las zonas más complejas de la anatomía humana para permitir una visualización 3D por parte del alumno.

Por otra parte, a profesionales médicos, este proyecto también les ayudará no solo al diagnóstico, sino también planificar abordajes quirúrgicos.

- Con respecto al diagnóstico médico, sabemos que con las técnicas actuales no siempre observamos la localización exacta, las relaciones precisas que una estructura tiene con otra... , por ello, la representación 3D nos dará una idea más clara de todo ello y nos facilitará así el trabajo.

- Las ventajas no sólo se centran en el aspecto médico, sino también en el abordaje quirúrgico. Existen algunas operaciones quirúrgicas realmente complicadas por su localización, abordaje, técnica, experiencia... por ello cada poco tiempo surgen nuevas técnicas que mejoran a las anteriores en algún aspecto. Aquí también cobra importancia el proyecto, ya que gracias a sus reconstrucciones desde la superficie corporal, podemos ir viendo con todas y cada una de las estructuras anatómicas que nos vamos encontrando a medida que profundizamos en nuestra visión. Todo ello facilitará el trabajo del cirujano cuando se enfrente a la operación real evitando sorpresas desagradables.

Con este proyecto se busca proporcionar unas imágenes anatómicas tridimensionales para enseñanza de la anatomía, buscando que sirvan para un aprendizaje más útil, efectivo y visual.

### **3. Metodología.**

#### **3.1.- Obtención de las regiones de interés (ROIs)**

La obtención de las ROIs consiste en el delineado y etiquetado de las estructuras anatómicas cuyos volúmenes vamos a modelar.

Los criterios para la selección de estructuras anatómicas han sido: su relevancia en la organización del cuerpo humano, su implicación en los principales trastornos físicos, y su susceptibilidad de acceso a nivel macroscópico.

Con esta finalidad, construimos un atlas de referencia numérica de todas las estructuras en las que estamos interesados. Este atlas está compuesto de imágenes reconstruidas tridimensionalmente.

#### **3.2.- Delineado y etiquetado**

El delineado consiste en la colocación de una serie de *landmarks* situados en el espacio unidos por segmentos cortos y proyectados en los planos coronal, axial y sagital.

Los diferentes componentes de las estructuras objeto de estudio se han identificado en las imágenes de las diferentes secciones y etiquetado manual con diferentes códigos de color, mediante un editor 3D (Amira software, from Mercury/TGS-Europe, Inc., Marignac, Francia).

Este proceso de etiquetado o creación de máscaras ha sido aplicado en una de cada dos imágenes para obtener modelos de 0.66 mm de resolución. Una vez dibujadas las diferentes máscaras se ha procedido a eliminar la capa de referencia con la imagen anatómica y han sido fusionadas el resto de capas, procediéndose a su almacenamiento en formato de 8 bits (fichero estándar de tipo Bitmap).

El delineado y etiquetado de las regiones de interés relativas a aquellas estructuras anatómicas seleccionadas es el paso previo para la posterior reconstrucción volumétrica en modelos 3D.

Claramente, este etiquetado manual de cada una de las estructuras anatómicas modeladas fue el paso que llevó más tiempo. Se tiene que hacer de forma individual para cada conjunto de datos. Es muy importante que sean etiquetadas las mismas estructuras en todos los conjuntos de datos.

#### **3.3.- Alineación y registro**

El siguiente paso fue la alineación de los ROIs en los tres planos ortogonales de referencia y transformación o edición si fuera necesario.

Un paso importante que va a permitir comparar conjuntos de datos individuales es el registro. Significa que los conjuntos de datos que han sido grabados de diferentes orientaciones, tienen que incorporarse a un sistema de coordenadas común. Hay varias formas de realizar la alineación. Se puede realizar a partir del centro de gravedad de las estructuras labeladas y calcular la transformación (rotación y translación) que minimice la suma de las distancias. También se calcula una escala que

permita que la suma de los volúmenes de todas las estructuras encaje con la plantilla, que sólo se usa para definir la malla en la que se computa el volumen.

### **3.4.- Modelos 3D de estructuras anatómicas en malla**

Esta fase se basa fundamentalmente en la obtención de modelos de superficie, consistentes en una malla triangular, a partir de las regiones de interés (ROIs) que definen las estructuras anatómicas objeto de estudio. Requiere la segmentación de estructuras, su registro y alineación, e integración y visualización.

Se trata del siguiente paso en el proceso iniciado con la obtención de imágenes 2D, interpolación bilineal, etiquetado, creación de bases de datos conteniendo las dimensiones y localización de las estructuras, registro de estructuras en cuanto al orden e intervalo de separación entre ellas, la delimitación de contornos y creación de una base de datos de éstos, y el cálculo de la superficie triangular en forma de malla. Esta fase finaliza con la representación del modelo de malla o generación tridimensional.

El procedimiento para la elaboración de los modelos en malla se denomina *marching cubes*. La aplicación de determinados algoritmos (de decimación) a los modelos en malla permite simplificarlos y suavizarlos. Finalmente, estos modelos son exportados en formato directX que permite su visualización. Los visores que hemos utilizado permiten representar las escenas gráficas en cualquier orientación y almacenarlas en formato bitmap, y con las que se han obtenido todas las imágenes utilizadas en este Proyecto.

La generación de un modelo 3D corregistrado, es decir, alineado, con las imágenes de las que parte requirió dos etapas sucesivas:

En primer lugar, delimitar los ROIs tomando como referencia la imagen. Los diferentes componentes de las estructuras que fueron objeto de reconstrucción se identificaron bilateralmente en las distintas secciones o imágenes y etiquetado manualmente con diferentes códigos de color, mediante un editor 3D, en este caso Amira®.

En segundo lugar, se aplicó una transformación geométrica para obtener una alineación aproximada del modelo a la imagen original. En este proyecto este procedimiento ha sido guiado visualmente, y ha precisado la visualización simultánea del modelo de superficie y de los tres planos ortogonales de la imagen de referencia. La matriz de transformación resultante fue aplicada a la ROI de un modelo. La ROI transformada fue re-editada para conseguir una máxima adaptación a la imagen original, empleando como referencias anatómicas estructuras más fácilmente identificables visualmente (*landmarks*). A partir de la ROI transformada y re-editada se obtuvo un fichero en formato directX del modelo de superficie definitivo de la estructura a reconstruir.



### **3.5.- Generación y visualización de estructuras volumétricas**

Existen dos formas básicas de generar estructuras volumétricas para su posterior visualización.

La visualización de isosuperficies es una forma rápida y sencilla de generar modelos a partir de superficies poligonales generadas previamente. De esta forma, grandes conjuntos de datos 3D pueden mostrarse de forma interactiva.

La renderización volumétrica (directa), por su parte, es una de las técnicas más potentes utilizadas para la visualización de imágenes 3D. Consiste en asignar parámetros de emisión y absorción de luz a cada punto del volumen. La simulación del paso de luz a través del volumen hace posible mostrar los datos desde cualquier dirección sin construir modelos poligonales intermedios. Amira es capaz de realizar renderización volumétrica prácticamente en tiempo real, incluso para volúmenes de datos de 10Mb o más.

Además de los métodos de visualización como la como la renderización volumétrica directa o isosuperfices, algunos programas, como el que se ha utilizado en la elaboración de este proyecto, Amira, permiten trabajar con láminas de cualquier orientación en los conjuntos de datos 3D, incluso empleando láminas oblicuas para obtener imágenes de alta calidad. A este proceso se le denomina Laminado (*slicing*) y *clipping*.

En general, la razón de crear entornos 3D con una forma de visualización más simple, como los modelos en malla o alambre, es reducir la alta potencia de cálculo que exigiría a los programas de diseño 3D por ordenador trabajar con el acabado final deseado de una escena en tiempo real. Se trata, de generar una imagen bidimensional a partir de la interpretación de modelos en 3D.

Actualmente existen diferentes técnicas o algoritmos para la reconstrucción de imágenes en 3D, siendo las más empleadas: PMI (Puntos de Máxima Intensidad), representación de superficie (*shaded surface display*) y representación volumétrica (*volume rendering*) ([Esteban Hernández, Martínez Sanjuan, Cervera Deval, Casaña Mohedo, Gurrea Ramón, Vélez Castaño y cols., 2002](#)).<sup>(3)</sup> Pero aunque se ha intentado automatizar el análisis de imágenes anatómicas 3D, la interacción manual sigue aportando robustez y aumentando la utilidad de la aplicación.

*Amira* ®, una herramienta profesional para la visualización avanzada, análisis y reconstrucción geométrica de datos. Permite la segmentación de objetos, la creación de modelos poligonales a partir de dicha segmentación a través de algoritmos, y la generación de mallas volumétricas, adecuadas para la simulación avanzada de elementos.

Los motivos por los que se ha elegido Amira son la posibilidad de soportar la mayoría de los formatos estándar de imagen y permitir la visualización de datos 3D obtenidos a partir de TC, RM y otras técnicas de

**Código del Proyecto: ID9/198**

imagen. También permite la segmentación automática e interactiva de datos de imágenes, la generación de modelos de superficie 3D y modelos 3D tetraedrales, la edición de superficies y diezmación poligonal libre de intersecciones, la computación de isosuperficies y renderización volumétrica directa, el registro y alineamiento interactivo y automático, soporta mallas tetraedrales curvilíneas y/o desestructuradas, y permite la visualización simultánea de diferentes conjuntos de datos. Además, permite el uso de transparencias, lo que provoca una la mejor comprensión de relaciones espaciales.

Descripción de la herramienta informática utilizada (Amira®)

Se trata de un desarrollo informático profesional para la visualización avanzada, análisis de datos y reconstrucción geométrica. Entre sus posibilidades, Amira permite la segmentación de objetos e incluye algoritmos para la creación de modelos poligonales a partir de la segmentación de objetos. Además, permite generar verdaderas mallas volumétricas, adecuadas para la simulación avanzada de elementos. Las simulaciones pueden verse a través de potentes métodos de visualización.

En realidad, constituye un sistema de software modular dirigido a objetos con múltiples funcionalidades como el análisis, modelado o reconstrucción y, posterior visualización de datos 3D, lo que permite la rápida exploración, el análisis, la comparación y cuantificación de datos 3D biomédicos obtenidos a partir de distintas fuentes y modalidades (*Amira, 2010*).

***Interface***

El conjunto de herramientas contenido en Amira utiliza interfaces visuales de programación, lo que facilita las tareas, convirtiéndolas en pasos sencillos e intuitivos basados en selección y arrastre. Quizás lo más difícil es acostumbrarse a utilizar todos los módulos que se incluyen, cada uno con sus restricciones respecto al tipo de datos a utilizar, sus propios parámetros y sus propios algoritmos.

Cuando hablamos de reconstrucción, significa que los objetos 3D se pueden representar como una malla de superficie triangular o una malla volumétrica tetraedral a partir de los datos que representan el volumen de una imagen (voxel).

Visualización significa que Amira puede mostrar conjuntos de datos de imágenes a través de un visor 3D interactivo que permite ver el modelo desde diferentes posiciones, rotar el objeto en el espacio moviendo el cursor del ratón dentro de la ventana del visor con el botón izquierdo presionado, trasladar el objeto presionando el botón derecho, e incluso aplicar zoom.

Los componentes básicos del sistema informático Amira son los módulos y los datos relativos a los objetos. Los módulos se utilizan para la visualización de datos de los objetos y realización de operaciones con ellos como la creación de modelos poligonales a partir de imágenes 3D que pueden combinarse para producir una sola escena mostrando múltiples conjuntos de datos simultáneamente. Los datos de objetos se crean automáticamente a partir de los datos del archivo de entrada que se estén leyendo, o como salida de las operaciones de los módulos.

Los componentes de los módulos están representados por pequeños iconos colocados en la parte superior derecha, conectados por líneas para

indicar las dependencias entre componentes, es decir, qué módulos pueden aplicarse a qué tipo de datos.

Actualmente, se han desarrollado extensiones o módulos adicionales que proporcionan soluciones a áreas de aplicación: Amira-Mol para el análisis de datos bioquímicos, visualización de trayectorias, cálculo de densidades, creación de superficies moleculares, y la alineación de secuencias de proteínas; y Amira-VR (y AmiraVRPack) para el funcionamiento en entornos de realidad virtual (*Amira, 2010*).

Entre las tareas y herramientas más útiles que incluye Amira de cara a la reconstrucción de modelos tridimensionales, destacan las siguientes:

### ***Segmentación de imágenes tridimensionales***

Consiste en asignar a cada pixel de la imagen una etiqueta referente a qué región o material pertenece el pixel, por ejemplo, tálamo o ventrículos. La segmentación se almacena por separado en datos de objetos llamados *LabelField* y es el requisito para la medida precisa del volumen y generación de la superficie del modelo. Los *LabelField* se pueden visualizar y modificar utilizando el editor de segmentación de imagen de Amira que permite suavizar los datos y conseguir una superficie más limpia y agradable del objeto. Este editor es un componente que ofrece una amplia variedad de herramientas que van desde las puramente manuales a las completamente automáticas: pincel (pintar), lazo (contorno), varita mágica, tijeras inteligentes, interpolación y extrapolación del contorno, varios filtros como el de suavizado, limpieza... Muchas de estas herramientas pueden aplicarse tanto en 2D como en 3D y ya que el editor no almacena las regiones que rodean a los contornos, sino las etiquetas de la región, se garantiza una clasificación única y bien definida (*Amira, 2010*).

### ***Reconstrucción de la Superficie***

La *Reconstrucción de la Superficie* consiste en la construcción o generación de una superficie o modelo de superficie en malla triangular del objeto insertado en el conjunto de datos. Una vez que las características referentes al volumen de la imagen 3D han sido segmentadas, Amira puede crear el modelo de superficie poligonal correspondiente dichas imágenes 3D garantizando un modelo de superficie poligonal topológicamente correcto, sin auto-intersecciones. Durante la segmentación el sistema produce límites suaves entre las caras que forman parte del modelo, consiguiendo modelos realistas de alta calidad (incluso si los datos de la imagen subyacente son de baja resolución o contienen ruido intenso). Actualmente, y gracias a recientes técnicas de aceleración, la reconstrucción de la superficie se puede realizar rápidamente, y a prueba de error, utilizando un algoritmo robusto (*Amira, 2010*).

### ***Simplificación de la superficie***

Consiste en un editor para la reducción del número de triángulos en un modelo de superficie ya que el número de triángulos creados por el módulo SurfaceGen es demasiado grande para la generación de modelos de malla posteriores que puedan ser procesados por ordenadores comunes. La clase de datos que representa las superficies triangulares en Amira se denomina HxSurface y permite emplear comandos a través de los cuales, se puede manipular los datos a través de métodos e interfaces gráficas. Por ese motivo, la generación de la malla tetraedral requiere pasar satisfactoriamente el test de orientación e intersección. Después de la simplificación de la superficie, pueden aparecer, aunque muy raramente, incorrecciones de orientación (un pequeño número de triángulos pueden solaparse parcialmente). Estas incorrecciones se reparan de forma automática, y si falla la reparación, se señalan cuales son los triángulos afectados, de forma que pueden repararse manualmente (*Amira, 2010*).

### ***Alineación de Imágenes***

Consiste en tener en cuenta la translación y rotación, esta técnica es un paso previo a la reconstrucción del modelo tridimensional. Se realiza gracias al módulo Align Slices.

### ***Registro***

De aquellas imágenes obtenidas a partir de diferentes técnicas para un mismo sujeto: TC, RM y PET. Normalmente se toma una de las bases de datos como referencia, y las demás se transforman hasta que coincidan. El módulo para el registro en Amira permite, por ejemplo, determinar la transformación óptima respecto a la translación, rotación, escalamiento... (*Amira, 2010*)

### ***Generación de una Malla Tetraédrica***

Consiste en el relleno del volumen definido por la superficie con tetraedros (a modo de pirámides triangulares). Genera una verdadera malla volumétrica tetraédrica, a partir de la superficie triangular creada previamente, adecuada para simulaciones en 3D. En entornos gráficos, esta malla volumétrica tetraédrica determina el número de caras y la velocidad de renderización.

Amira soporta dos tipos de mallas importantes: mallas con estructura hexaédrica (mallas regulares), y mallas tetraédricas no estructuradas. Una malla regular consiste en una cadena de nodos, donde cada nodo es colocado por un coordenadas (i,j,k). El tipo de mallas tetraédricas representa una malla volumétrica compuesta por muchos tetraedros. Este tipo de malla se puede usar para realizar simulaciones y mantiene una considerable cantidad de información. Para cada vértice, se almacena una coordenada 3D. Para cada tetraedro, las coordenadas de sus cuatro vértices se almacenan al igual que el número que indica el segmento al que pertenece el tetraedro, tal y como se obtuvo en el procedimiento de

segmentación. Cuando se selecciona una malla, se muestra información sobre el número de sus vértices, aristas, caras y tetraedro (*Amira, 2010*).

***Reconstrucción de modelos de superficie poligonal a través de Isosurfaces***

Otro método que permite la reconstrucción de modelos de superficie poligonales. Amira incluye un método mejorado que genera menos triángulos, de forma que grandes conjuntos de datos 3D se pueden mostrar de forma interactiva incluso en pequeños ordenadores personales, al consumir menos recursos. Al igual que otros modelos poligonales, las isosurfaces pueden colorearse y aplicárseles transparencias. Esta característica permite que complejas estructuras espaciales puedan comprenderse con más facilidad (*Amira, 2010*).

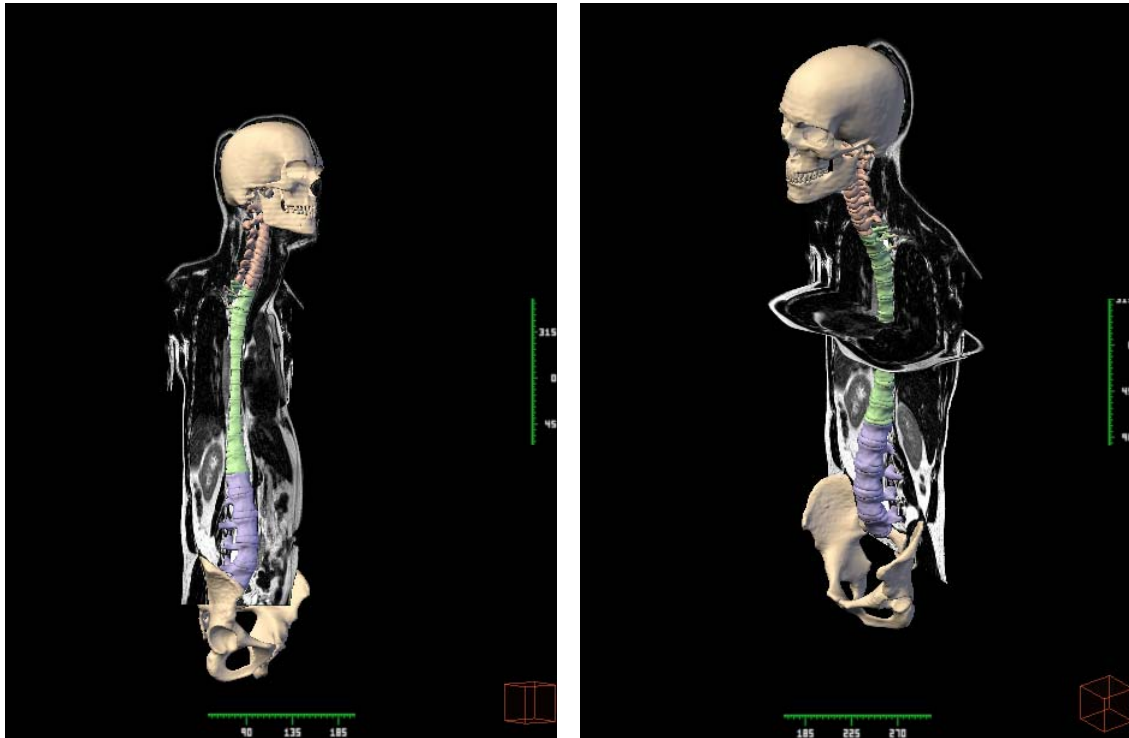
***Renderización de Volumen Directo***

Es una de las técnicas más intuitivas y más potentes para la visualización de datos de imágenes en 3D. A cada punto del volumen se le asignan parámetros de emisión de luz y absorción de luz. La simulación de la transmisión de luz a través del volumen hace posible mostrar los datos desde cualquier dirección sin construir modelos poligonales intermedios. Amira puede aplicar esta técnica de renderización prácticamente en tiempo real, incluso con datos originales de más de 40 Megabytes. Las imágenes renderizadas del volumen pueden combinarse con casi cualquier tipo de aparición poligonal mejorando la utilidad de esta técnica significativamente. Incluso, un rasgo único de Amira es que permite renderizar múltiples conjuntos de datos al mismo tiempo (*Amira, 2010*).

#### **4. Resultados.** (4), (5), (6)

Se presentan algunos ejemplos de las imágenes anatómicas reconstruidas con el comentario de texto adicional incorporado a las imágenes volumétricas

#### **COLUMNA**



Visión antero-lateral de la columna vertebral.

**La columna vertebral está formada por 7 vértebras cervicales, 12 dorsales, 5 lumbares, 5 sacras fusionadas y de 3 a 5 coccígeas.**

Se extiende desde la cabeza, a la cual sostiene, hasta la pelvis, que la soporta.

Envuelve y protege a la médula espinal gracias al conducto vertebral de los cuerpos vertebrales.

**Curvaturas** → la columna no es rectilínea, sino que posee 4 curvaturas en el plano sagital: son, de superior a inferior las siguientes:

Cervical = lordosis (convexa anteriormente)

Dorsal = cifosis (cóncava anteriormente)

Lumbar = lordosis

Sacra = cifosis

El resultado de estas curvas es un aumento de la resistencia y la elasticidad de la columna.

**En el conjunto de la columna podemos describir 4 caras y un conducto vertebral:**

Cara anterior: formada por la superposición de los cuerpos vertebrales

Cara posterior: posee en la línea media la cresta espinal, formada por la superposición de las apófisis espinosas; y a los lados, los canales vertebrales. La vertiente medial de los canales está formada por las apófisis espinosas, la vertiente antero-lateral por las articulares y transversas y el fondo por las laminae vertebrales.

Caras laterales: muestran posteriormente a los cuerpos vertebrales, los pedículos y los agujeros intervertebrales, las apófisis transversas y las articulares

Conducto vertebral: sus dimensiones están en relación a la movilidad de cada segmento de la columna (mayores en cervical y lumbar)

### Características generales de las vértebras:

Cuerpo vertebral: normalmente es de forma cilíndrica y presenta dos caras intervertebrales horizontales, una superior y otra inferior, y una circunferencia.

Pedículos: son dos columnas óseas, una derecha y otra izquierda, que van desde el cuerpo vertebral hasta el macizo óseo que da origen a las láminas vertebrales, las apófisis transversas y a las articulares. Sus bordes superior e inferior limitan, junto con los de los pedículos de las vértebras superior e inferior, los agujeros intervertebrales o de conjunción.

Láminas: van de los pedículos a la apófisis espinosa limitando posteriormente el agujero vertebral

Apófisis espinosa: nace del ángulo de unión de las láminas y se dirige posteriormente.

Apófisis transversas: implantadas a la derecha e izquierda del arco vertebral, posteriormente a los pedículos. Se dirigen lateralmente y acaban en un borde libre.

Apófisis articulares: son 4, dos superiores y dos inferiores. Se implanta en el arco vertebral a la altura de la unión de las láminas y los pedículos. La superior e inferior del mismo lado configuran en conjunto una columnita ósea dirigida verticalmente y que terminan en sus extremidades superior e inferior mediante una superficie articular para las apófisis articulares de las vértebras vecinas.

Agujero vertebral: limitado anteriormente por el cuerpo, lateralmente por los pedículos y posteriormente por las láminas.

### Articulaciones intervertebrales:

Las articulaciones de todos los cuerpos vertebrales son sínfisis a excepción de la articulación entre atlas y axis y de las articulaciones lumbosacra y sacrococcigea.

### Aspectos funcionales de la columna vertebral:

La columna tiene tres funciones: estática, cinética y protectora.

Los cuerpos vertebrales y sus discos se encargan de la función estática, que sostiene el peso de la cabeza, del tronco y de los miembros superiores y lo transmite a los miembros inferiores.

Los arcos vertebrales, constituidos por el conjunto de las apófisis articulares, transversas y espinosas, forman el órgano cinético.

La columna tiene movimientos de flexión, extensión (el más amplio), inclinación y rotación.

El contorno del conducto vertebral, constituido por la cara posterior del cuerpo vertebral, el pedículo y las láminas, forma el órgano protector de la médula.

### Patologías relevantes:

Hernias discales → los discos intervertebrales están formados por una sustancia suave y gelatinosa, que le suministra amortiguamiento a la columna vertebral. Estos discos se pueden herniar (salirse de su lugar) o romperse a causa de un trauma o esfuerzo. Son mas frecuentes a nivel cervical y lumbar.

Fracturas por compresión → En las fracturas por compresión vertebral, el tejido óseo en las vértebras colapsa y puede verse afectada más de una vértebra. Esta afección puede ser causada por osteoporosis (causa más común), traumatismos o tumores. Cuando la fractura ocurre como resultado de la osteoporosis, las vértebras en el pecho (torácicas) y la columna lumbar normalmente resultan afectadas y los síntomas pueden empeorarse al caminar. Las múltiples fracturas pueden llevar a cifosis.

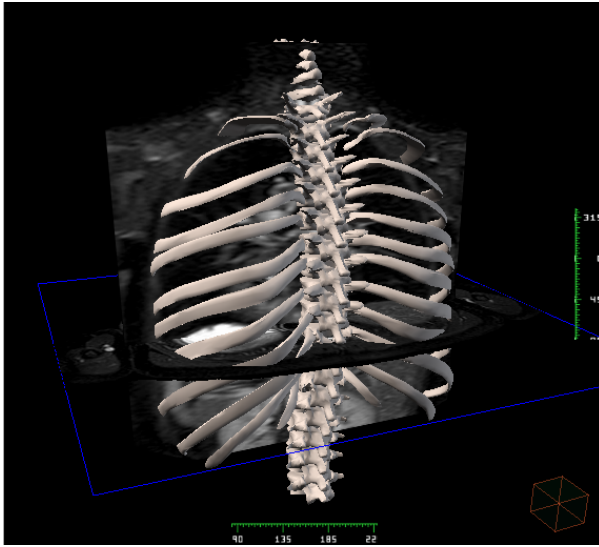
Sección medular → Sección completa: una sección completa implica que no hay funcionalidad por debajo del nivel de la lesión, ni sensibilidad ni movimiento, y que los dos lados del cuerpo se ven afectados por igual. Las secciones completas se pueden producir en cualquier nivel de la médula espinal.

Sección incompleta: una sección incompleta implica que existe alguna funcionalidad por debajo del nivel de la lesión, más movilidad en una extremidad que en la otra, sensaciones en algunas partes del cuerpo o mayor funcionalidad en un lado del cuerpo que en el otro. Las secciones incompletas se pueden producir en cualquier nivel de la médula espinal.

En la imagen además de la columna, podemos ver el cráneo por su parte externa y los dos huesos iliacos, que se unen por su porción posterior al sacro, articulación sacroiliaca y entre si por su porción anterior, pubis, formando la sínfisis.



## **COLUMNA Y COSTILLAS**



Visión posterior de parte la columna vertebral (4 últimas cervicales, 12 dorsales y 5 lumbares) y de los 12 pares de costillas.

En la imagen destacan las apófisis espinosas de las vértebras dorsales, que son muy voluminosas, largas, inclinadas inferoposteriormente y unituberculares.

Las apófisis transversas de las vértebras dorsales se presentan a cada lado de la columna ósea formada por las apófisis articulares; presentan también fosita costal, que se relaciona con la tuberosidad de las costillas.

Los cuerpos de las vértebras dorsales tienen en la parte posterior de las caras laterales, cerca del pedículo, dos fositas costales, una superior y otra inferior que se articulan con las costillas.

Decir que la 1ª costilla puede tener su articulación posterior en la vértebra en D1 por fosita completa o C7 puede presentar fosita inferior; la 2ª en D1 y D2; la 3ª en D2 y D3, y así sucesivamente. Las vértebras 11ª y 12ª presentan una sola fosita articular completa para su costilla correspondiente.

### **Articulaciones costo-vertebrales:**

La cabeza de las costillas está articulada con fositas costales de las caras laterales de los cuerpos vertebrales.

Están unidas por una capsula articular delgada y por un ligamento intraarticular de la cabeza de la costilla.

### **Patología relevante:**

Fracturas y fisuras costales → pueden ser provocadas por un choque, por una lesión por aplastamiento o por tos o estornudos violentos. Las costillas que se rompen con mayor frecuencia son de la cuarta a la octava.

## ESFENOIDES

Imagen 01

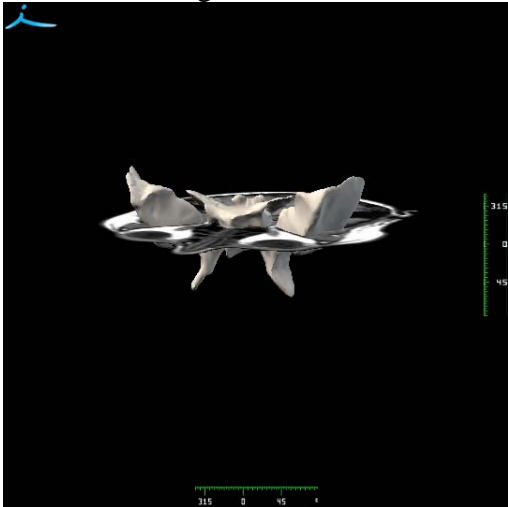


Imagen 02

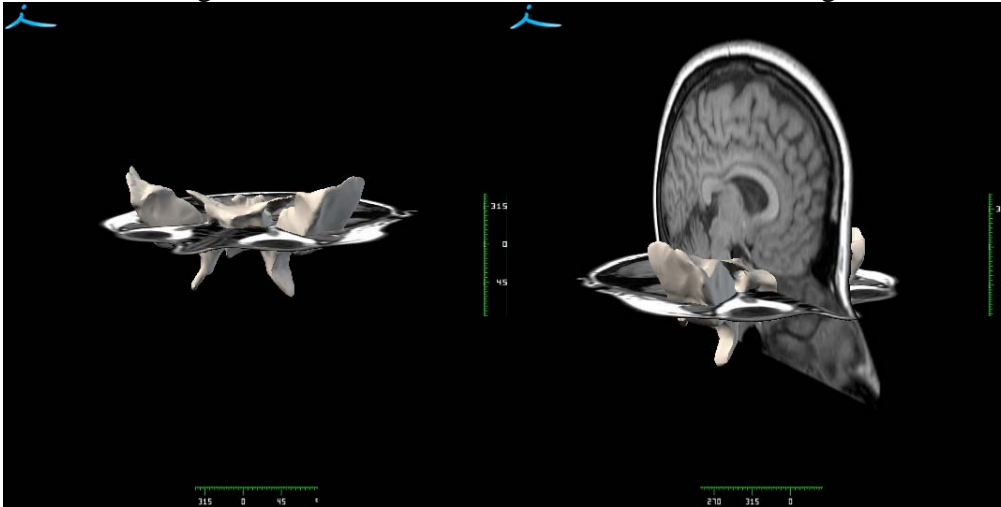


Imagen 03



El esfenoides es un hueso complejo. Está situado en la parte media de la base del cráneo, entre el etmoides y el frontal, que son anteriores, y el occipital y los temporales que son posteriores.

Para su mejor descripción, vamos a dividirlo en: cuerpo, alas mayores y menores y apófisis pterigoides.

**Cuerpo** → podemos dividirlo en 6 caras:

Cara superior: en su parte anterior se encuentra una superficie cuadrilátera y lisa llamada *yugo esfenoidal*. Éste termina en su parte anterior en un borde anguloso llamado *proceso o prolongación etmoidal del esfenoides*, que se articula con la crista galli en la parte media y con la lámina cribosa a los lados. Este yugo está limitado posteriormente por una cresta transversal (limbo esfenoidal). Posterior al limbo está el canal óptico, dirigido transversalmente y que tiene continuidad a cada lado con el conducto óptico, excavado en la base de las alas menores. El canal óptico está limitado posteriormente por una cresta transversal, el tubérculo de la silla, el cual limita anteriormente la fosa hipofisaria, llamada también silla turca, que aloja la hipófisis.

Cara anterior: forma parte del techo de las fosas nasales y presenta: superiormente, el borde anterior de una lámina delgada, horizontal, el *proceso etmoidal*, que se articula con la lámina cribosa del etmoides. El proceso etmoidal rebasa el resto de la cara anterior y supone la mitad anterior del yugo esfenoidal.

Una cresta media vertical, *cresta esfenoidal*, que se une al borde posterior de la lámina perpendicular del etmoides

A cada lado de la cresta esfenoidal existe un canal vertical cóncavo anterior en el que se ubica el orificio de entrada del seno esfenoidal.

Una superficie lateral excava por hemiceldillas esfenoidales que se articulan con la cara posterior del laberinto etmoidal y con la superficie esfenoidal de la apófisis orbitaria del palatino.

Cara inferior: supone la parte posterior del techo de las fosas nasales. Presenta en su línea media la *cresta esfenoidal inferior*. Su extremidad anterior, muy saliente, llamada *pico del esfenoides*, se continúa con la cresta esfenoidal. A cada lado de la cresta media se encuentra una superficie lisa, triangular, de base anterior, formada por la concha esfenoidal. Esta superficie está limitada lateral y posteriormente por un saliente de la raíz de la lámina medial de la apófisis pterigoides, la apófisis vaginal (ver apófisis pterigoides).

Cara posterior: superficie cuadrilátera desigual por la cual el esfenoides se une al occipital. Estos dos huesos se sueldan y en el adulto no hay trazos articulares.

Caras laterales: de ellas nacen superior y anteriormente las alas menores e inferior y posteriormente las mayores. El espacio entre la raíz inferior del ala menor y el borde anterior del ala mayor se llama hendidura esfenoidal, y es el extremo medial de la fisura orbitaria superior. Anterior a la fisura orbitaria superior, la cara lateral es lisa y constituye la parte más posterior de la pared medial de la órbita.

**Alas menores** → son dos láminas horizontales, de vértice lateral situadas a ambos lados de la parte anterior y superior del cuerpo. Nacen del cuerpo por medio de dos raíces que se unen lateralmente y delimitan con la parte correspondiente del cuerpo del esfenoides el conducto óptico, por el cual pasa el nervio óptico y la arteria oftálmica.

Cara superior: plana y lisa. Se continúa con la cara superior de la porción orbitaria del frontal

Cara inferior: forma la parte más profunda de la pared superior de la órbita y limita superiormente la fisura orbitaria superior. El borde inferior se articula con la porción orbitaria del frontal. El borde posterior, libre, se continúa medialmente con un saliente de vértice posterior, la apófisis clinoides anterior.

**Alas mayores** → se originan en la parte posteroinferior de las caras laterales del cuerpo. Se despliegan primero lateral y después lateral y superiormente. Distinguimos en ellas:

Cara medial o endocraneal: es cóncava. Presenta tres orificios en su parte medial: el agujero redondo mayor, por el que pasa el nervio maxilar; el agujero oval, por el que pasa el nervio mandibular y la arteria meníngea menor; y el agujero espinoso o redondo menor, por el que pasa la arteria meníngea media y la rama meníngea del nervio mandibular.

Cara lateral o exocraneal: está dividida en dos caras por el borde cigomático.

Cara orbitaria: forma parte de la pared lateral de la órbita. El vértice de esta cara es posterior y medial, y corresponde a la extremidad anterior de la raíz del ala mayor. Su borde superior forma el labio inferior de la fisura orbitaria superior. Su borde inferior limita superiormente con la fisura orbitaria inferior

Cara temporocigomática: la cresta infratemporal, que presenta un saliente en su extremo anterior llamado tubérculo esfenoidal, la divide en dos partes, una superior o temporal (sirve de inserción al músculo temporal) y otra inferior o cigomática (es horizontal, y forma la pared superior de la fosa infratemporal).

Borde medial: está formado por 3 segmentos:

Anterior: es el borde superior de la porción orbitaria de la cara exocraneal. Forma el labio inferior de la fisura orbitaria superior, por la que pasan los nervios oculomotores, abducens y troclear, los ramos terminales del nervio oftálmico y la vena oftálmica.

Medio: está unido al cuerpo, forma la raíz del ala mayor.

Posterior: anteriormente forma el borde anterior del agujero rasgado. A lo largo de su labio inferior se encuentra un semicanal que corresponde a la trompa auditiva. Posee un saliente llamado línula, que forma el reborde lateral de la parte posterior y vertical del seno cavernoso, y divide el agujero rasgado en dos partes.

Borde lateral o escamoso: se articula con la escama del temporal.

Ambos bordes se unen anteriormente por medio de una superficie triangular frontal que se articula con el frontal y el parietal y posteriormente formando un ángulo que se prolonga inferiormente en una apófisis vertical, la espina del esfenoides.

**Apófisis pterigoides** → se implantan en la cara inferior del esfenoides por medio de dos raíces, una medial que nace de la cara inferior del cuerpo y otra lateral que nace del ala mayor. Ambas se unen un poco por debajo de su origen formando el conducto pterigoideo o vidiano, por el que pasan los vasos y nervios del conducto pterigoideo. Por debajo de este conducto cada raíz se continúa con una lámina, ambas láminas se unen por su borde anterior en la mitad superior contribuyendo a formar la fosa pterigoidea. En su mitad inferior se separan limitando la escotadura pterigoidea.

Cara anterior: forma parte de la pared posterior del trasfondo de la fosa pterigopalatina. En su extremidad superior se ve el orificio anterior, ensanchado, del conducto pterigoideo.

Cara medial: su parte anterior se articula con la lámina perpendicular del palatino. De la extremidad superior de esta cara sale la apófisis vaginal, que se apoya en la cara inferior del cuerpo y termina en un borde medial libre que limita un surco profundo con la parte correspondiente de la cara inferior del cuerpo del esfenoides. El borde del ala del vómer encá en la entreda de este surco y lo transforma en el conducto vomerovaginal. En la cara inferior de la apófisis vaginal existe un canal anteroposterior transformado en conducto palatovaginal por la apófisis esfenoidal del palatino.

Cara lateral: limita medialmente la fosa pterigoidea.

Cara posterior: constituye la fosa pterigoidea. En la parte superomedial de la fosa destaca una pequeña depresión alargada llamada fosa escafoidea, donde se inserta el músculo elevador del velo del paladar. La fosa pterigoidea esta limitada lateralmente por el borde posterior de las dos láminas. El borde posterior de la medial presenta superiormente la escotadura tubárica (trompa auditiva) e inferiormente se prolonga con un gancho cóncavo sobre el que se refleja el elevador del velo. El borde posterior de la lámina lateral presenta en su parte superior un saliente agudo, la apófisis pterigoespinosa (espina de Civinini), donde se inserta el ligamento homónimo.

Imagen 01 → visión anterior, distinguimos:

El proceso etmoidal, la cresta esfenoidal, el pico del esfenoides, la cresta esfenoidal inferior.

El borde frontal del ala mayor, la cara orbitaria, las alas menores, la fisura orbitaria superior y las apófisis pterigoides.

Imagen 02 → visión lateral

Imagen 03 → visión posterior, distinguimos:

Las alas mayores y menores, las apófisis pterigoides, línula y fisura orbitaria superior.

Desde un punto de vista clínico podemos destacar del esfenoides, que contiene a la glándula hipófisis en la llamada silla turca, y que en una patología muy conocida puede estar ausente dando así la llamada: silla turca vacía. Realmente es patología de la hipófisis, no del esfenoides, pero como se aloja en el, la comentamos.

## FOSAS NAALES

Imagen 001

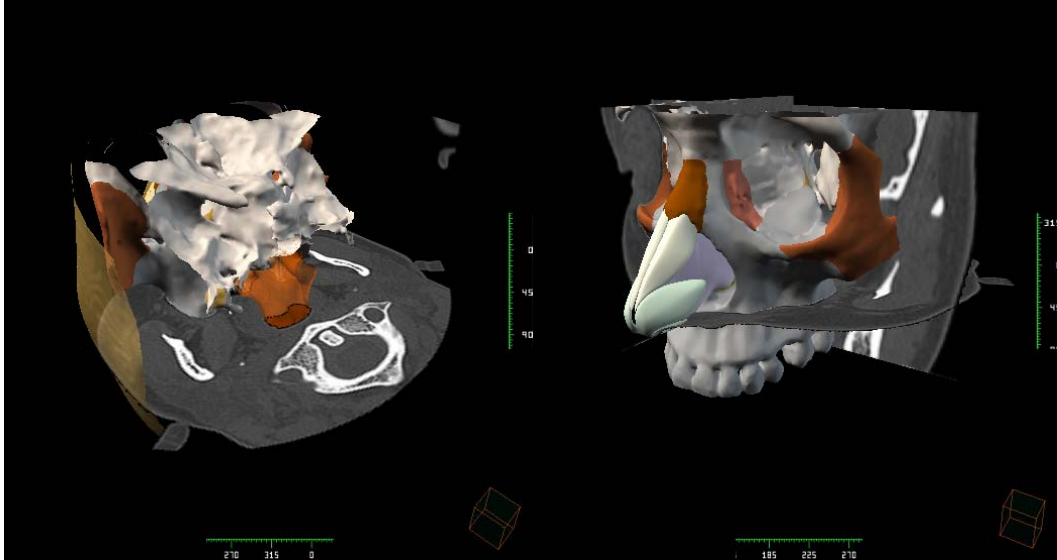


Imagen 002

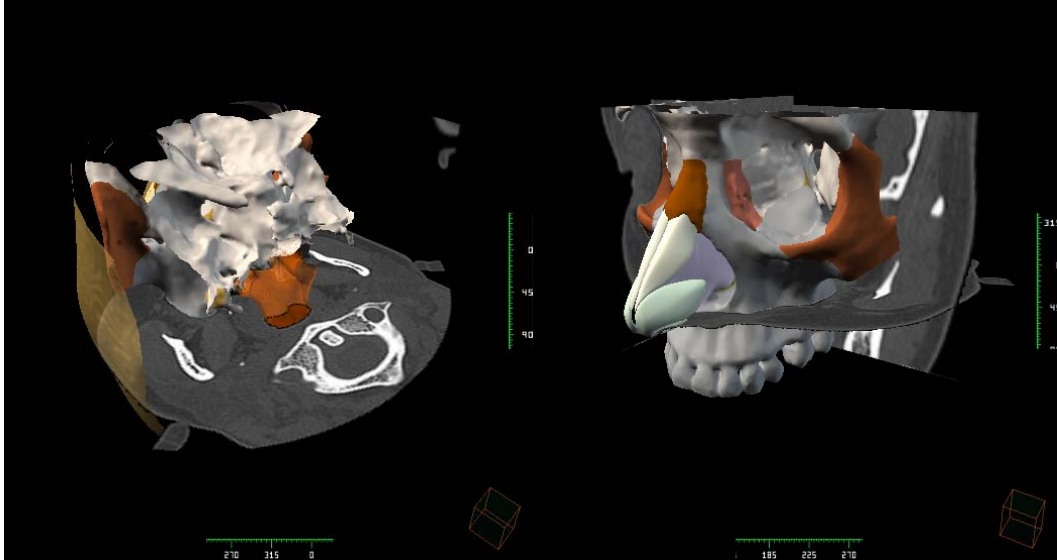
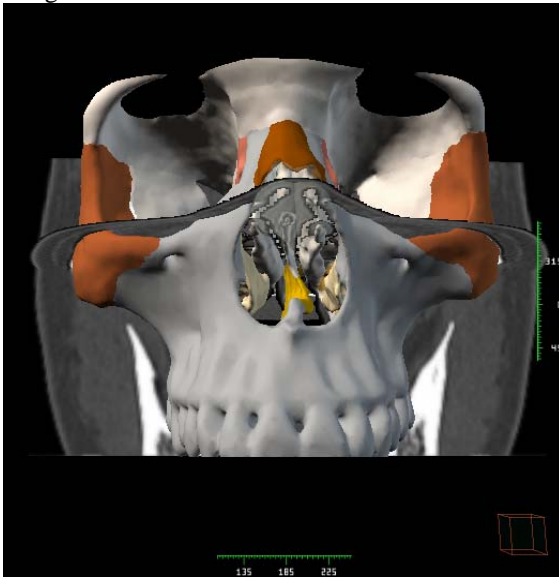


Imagen 003



Para su descripción vamos a dividirlos en 4 paredes:

### **Pared lateral:**

Seis huesos la forman:

Maxilar → interviene con el segmento medio de su cara medial, que es superior a la apófisis palatina.

Esfenoides → interviene con la apófisis pterigoides, que es posterior al maxilar y se halla separada de él por un espacio que se ensancha de superior a inferior. La cara medial de la lámina medial de la apófisis pterigoides, situada en el mismo plano que la cara medial del maxilar, es la que forma la parte más posterior de la pared lateral de las cavidades nasales.

Lagrimal → es posterior a la apófisis frontal del maxilar y anterior al correspondiente laberinto del etmoides. La parte inferior de este hueso desciende sobre la cara medial del maxilar y recubre los 2/3 superiores del surco lagrimal convirtiéndolo en conducto nasolagrimal.

Lámina perpendicular del palatino → se articula con la parte posterior del maxilar y con la parte anterior de la apófisis pterigoides. Inferiormente ocupa, con su apófisis piramidal, el espacio entre el

## **Código del Proyecto: ID9/198**

borde posterior del maxilar y el borde anterior de las láminas pterigoideas, en la región en que estas están separadas entre sí limitando la escotadura pterigoidea. Esta escotadura se encuentra así cerrada por la apófisis piramidal, que contribuye en esta región a formar la fosa pterigoidea.

Esta lámina cierra medialmente el espacio entre el maxilar y la lámina medial de la apófisis pterigoides, superior a la apófisis piramidal del palatino, a excepción de su parte más alta, donde la escotadura esfenopalatina da acceso al trasfondo de la fosa infratemporal. Es por esto, que la lámina perpendicular del palatino transforma este espacio en una fosa llamada trasfondo de la fosa infratemporal constituyendo el fondo de dicha fosa.

Esta lámina rebasa anteriormente el borde posterior del seno maxilar, al mismo tiempo que se une a dicho borde por medio de una lámina en forma de gancho.

Inferiormente al hiato maxilar emite la apófisis maxilar, que se une con la apófisis homónima de la concha nasal inferior.

El cuerpo del esfenoides se articula superiormente con la apófisis orbitaria y esfenoidal del palatino y pasa como un puente superiormente a la escotadura que separa estas dos apófisis, transformando así esta escotadura en el agujero esfenopalatino. Esta abertura, en la parte superior de la lámina perpendicular del palatino, comunica la fosa infratemporal con las cavidades nasales.

Concha nasal inferior → se sitúa en la pared inferior de la pared lateral de las cavidades nasales y se fija a dicha pared por su borde superior, que se articula anteriormente con la cresta conchal del maxilar y posteriormente con la cresta conchal del palatino. Posee tres apófisis: la apófisis lagrimal (articulada superiormente con el borde inferior del lagrimal y completa, inferiormente a dicho hueso, la pared medial del conducto lagrimal), la maxilar (cierra la parte inferior del hiato maxilar) y la etmoidal (articulada con la apófisis unciforme del etmoides).

Laberintos etmoidales → se unen a las piezas óseas mencionadas para acabar de formar la pared lateral de las cavidades nasales.

### **Pared superior o techo:**

Está formada, de anterior a posterior, por:

Huesos nasales → se articula con la cara anterior de la espina nasal del frontal

Espina nasal del frontal → la forma con sus caras posterolaterales

Lámina cribosa → se articula posteriormente con el cuerpo del esfenoides.

Cuerpo del esfenoides → posterior al etmoides, se articula con la lámina cribosa del etmoides por el borde anterior del proceso etmoidal, y con los laberintos etmoidales por las partes laterales de su cara anterior.

También contribuyen a formar el techo las caras anterior e inferior del cuerpo del esfenoides.

### **Pared inferior o suelo:**

Anteriormente → apófisis palatinas de los maxilares. Presenta el orificio superior del conducto incisivo

Posteriormente → lámina horizontal de los palatinos, apoyada en el borde posterior de la apófisis palatina

### **Pared medial o tabique:**

Está formada por dos huesos (vómer y lámina perpendicular del etmoides) y un cartílago (que explicaremos después y vemos en la imagen fosas nasales002):

Vómer → parte posterior del tabique. Su borde superior se articula con la cresta esfenoidal inferior, el borde inferior con las crestas nasal e incisiva del suelo nasal, y el borde anterior con la lámina perpendicular del etmoides y con el cartílago del tabique.

Lámina perpendicular del etmoides → articulada posteriormente con la cresta esfenoidal, inferoposteriormente con el vómer, superoanteriormente con la espina nasal del frontal e inferoanteriormente se une al cartílago del tabique.

### **Esqueleto cartilaginoso (imagen 002):**

#### **Cartílago del tabique nasal:**

Es una lámina cuadrilátera, vertical y media situada en el ángulo que forman anteriormente el vómer y la lámina perpendicular del etmoides. Sus bordes son:

Borde posteroinferior → va entre las dos láminas del borde anterior del vómer.

Borde posterosuperior → se une a la lámina perpendicular del etmoides

Borde anterosuperior → se une superiormente a la parte inferior y medial de los huesos nasales. Inferiormente a estos huesos, el cartílago se relaciona con la piel hasta el vértice de la nariz.

## **Código del Proyecto: ID9/198**

Borde anteroinferior → se continúa con el borde anterosuperior por un ángulo redondeado que se relaciona con el vértice de la nariz. Posteriormente termina en la espina nasal anterior, donde tiene continuación con el borde posteroinferior.

### **Cartílagos laterales de la nariz:**

Son dos láminas triangulares situadas inferiormente a los huesos nasales y superiores a las alas de la nariz.

Borde anterior → se suelda al borde anterosuperior del cartílago del tabique.

Borde superior → se une al hueso nasal del lado correspondiente

Borde inferior → relacionado con el borde superior del segmento lateral del cartílago del ala de la nariz, al que está unido por la lámina fibrosa.

### **Cartílagos alares:**

Uno para cada narina. Cada uno es una lámina delgada y flexible, contorneada en forma de U, cuya concavidad limita lateral, anterior y medialmente con el orificio de la narina correspondiente. En estos cartílagos se describen:

Un segmento lateral

Un segmento medial: más estrecho y corto que el lateral, aplicado a lo largo del borde anteroinferior del cartílago del tabique nasal, al que desborda inferiormente.

Un segmento anterior: intermedio a los otros dos, redondeado, cóncavo posteriormente y en relación con la mitad correspondiente del vértice de la nariz.

### **Cartílagos accesorios:**

Son pequeños y separan los alares de los laterales.

### **Patología frecuente:**

#### Atresia de coanas:

Consiste en la imperforación de una o ambas coanas, que son las aberturas posteriores de las fosas nasales. Si es unilateral puede pasar inadvertida, pero si es bilateral puede causar asfixia al recién nacido. Generalmente en las maternidades se verifica con una sonda esta eventualidad y de haber estenosis o imperforación el niño debe ser atendido por un especialista inmediatamente.

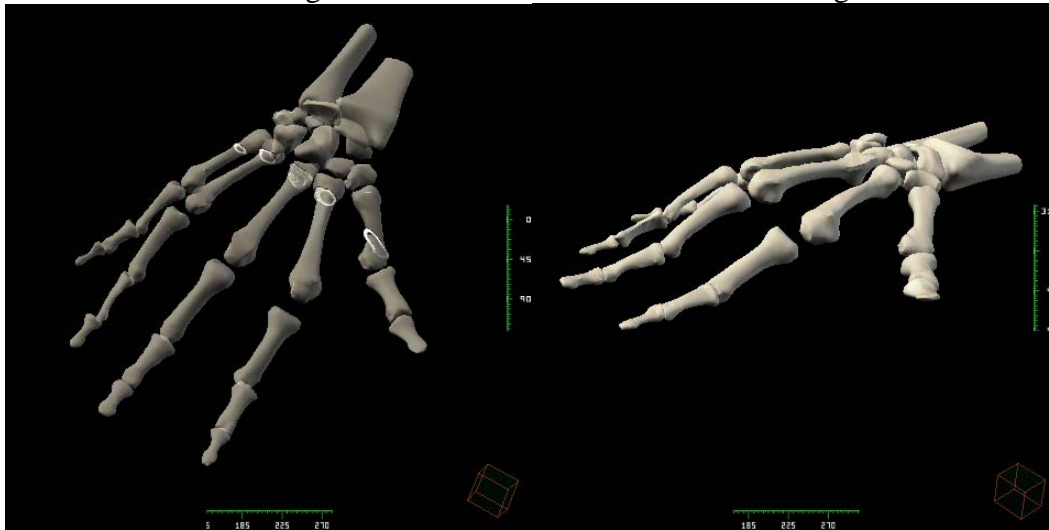
#### Patología de la pirámide nasal:

Los traumatismos de la nariz son muy frecuentes y particularmente en niños y jóvenes. Dependiendo de las características del trauma las lesiones pueden ser más o menos complejas. Las consecuencias pueden ser estéticas y funcionales. Lo más frecuente es la fractura de los huesos propios con o sin desplazamiento de estos. Cuando el golpe es violento puede provocar además fractura del tabique. Un hematoma a este nivel determinará obstrucción y eventualmente infección con lisis del cartílago. En este caso se produce una deformidad en silla de montar.

**MANO**

Imagen 001

Imagen 002



**Mano 001:**

En esta captura vemos los tres grupos de huesos que forman la mano: carpo, metacarpo y falanges; así como una pequeña parte del tercio distal de los huesos del antebrazo: radio y cubito.

**Fila inferior de los huesos del carpo: (de lateral a medial)**

**Trapezio** → cara superior articular cóncava para el escafoides

Cara inferior convexa anteriorposteriormente y cóncava transversalmente, que se articula con el primer metacarpiano

Cara lateral rugosa, sin articulación

Cara medial, relacionada con el trapezoide superiormente y con el 2º metacarpiano inferiormente.

**Trapezoide** → cara superior cóncava, articulada con el escafoides

Cara inferior, articulada con el 2º metacarpiano

Cara lateral, convexa superoinferiormente y cóncava en sentido anteroposterior, relacionada con el trapezio

Cara medial, cóncava, articulada con el hueso grande.

**Grande** → formado por cabeza, cuello y cuerpo.

Cara superior convexa, articulada con escafoides y semilunar.

Cara inferior, posee tres carillas para el segundo, tercer y cuarto metacarpiano.

Cara lateral, se articula superiormente con el escafoides e inferiormente con el trapezoide.

Cara medial, articulada con el ganchoso.

**Ganchoso** → tiene forma de prisma triangular, 3 de las caras son articulares y 2 no.

Cara anterior, es la que le da nombre, presenta la apófisis unciforme o gancho.

Cara inferior, parte lateral con 4º metacarpiano, parte medial con el 5º

Cara lateral, articulada con el hueso grande.

Cara superomedial, articulada superiormente con el piramidal.

**Fila superior de los huesos del carpo: (de lateral a medial)**

**Escafoides** → cara superior convexa articulada con el radio

Cara inferior para trapezio y trapezoide

Cara medial articulada con semilunar y grande.

**Semilunar** → cara superior, convexa, se articula con el radio

Cara inferior, cóncava, en relación con el grande y el ganchoso.

Cara lateral, articulada con el escafoides

Cara medial, articulada con el piramidal.

**Piramidal** → cara superior, articulada con el disco articular

Cara inferior, relacionada con el hueso ganchoso



## **Código del Proyecto: ID9/198**

Cara anterior, articulada con el pisiforme  
Cara lateral o base, articulada con el semilunar

(Casi no se ve: Pisiforme → cara posterior, relacionada con la cara anterior del piramidal)

### **Metacarpo:**

Se compone de 5 huesos largos llamados metacarpianos, articulados superiormente con los huesos de la 2ª fila del carpo e inferiormente con las falanges proximales de los dedos. En todos ellos podemos ver:

Una base: por su cara superior se articula con los huesos de la 2ª fila del carpo

Por sus caras lateral y medial se relaciona con los metacarpianos vecinos

Un cuerpo

Una cabeza: que se articula con la base de la falange proximal correspondiente.

### **Falanges:**

Cada dedo consta de 3, a excepción del pulgar, que presenta sólo 2.

Al igual que los metacarpianos, presentan una base, un cuerpo y una cabeza.

La base de la 1ª falange o falange proximal se articula con la cabeza del metacarpiano correspondiente; y su cabeza, con la base de la 2ª falange o falange media.

La falange media es similar a la proximal.

De la 3ª falange o falange distal, hay que destacar que la base es similar a la de la falange media, y que la cabeza no presenta articulación alguna.

De las 2 falanges del pulgar podemos decir que la 1ª es similar a la proximal de otros dedos y la 2ª es parecida a una falange distal.

### **Movimiento y tipos de articulaciones de la mano:**

Las dos filas de huesos del carpo deben ser consideradas funcionalmente como cóndilos y por ello efectúan movimientos de flexión, extensión, abducción radial y cubital.

La posición central del hueso grande, así como su integridad, es fundamental para todos los movimientos de la mano.

Flexión: preferentemente la articulación radiocarpiana

Extensión: principalmente la mediocarpiana

Abducción cubital: comprende la abducción cubital de las dos filas del carpo y la flexión y supinación de la primera.

Abducción radial: abducción de la 1ª y 2ª fila carpianas, el semilunar se sitúa inferiormente al cúbito, se acompaña de flexión de la 1ª fila y extensión de la 2ª

Movimiento de pronosupinación: rotación simultánea de la articulación radio-cubital distal y proximal. Es el radio el que gira sobre el cúbito, que hace de eje.

### **Patologías relevantes:**

Túnel carpiano → Es una enfermedad causada por la compresión de un nervio, el nervio mediano, a nivel de la muñeca. Es el pinzamiento nervioso más frecuente del ser humano. El túnel del carpo es un espacio anatómico ubicado en la cara anterior de la muñeca, conformado por los huesos del carpo y el ligamento transversal del carpo. Por él transcurre el nervio antes mencionado acompañado de nueve tendones flexores. El problema es causado por una disminución del tamaño del canal, o por un aumento del volumen del contenido. La patología está asociada al embarazo, artritis reumatoidea o artrosis y alteraciones metabólicas como diabetes o gota. También es frecuente en personas obesas y sedentarias.

Fractura de escafoides → Son tres las razones: en primer lugar la gran frecuencia con que ocurren. En segundo lugar porque es una fractura que en muchas oportunidades no se diagnostica a tiempo, si no se piden las proyecciones radiológicas adecuadas no se ve en la radiografía. Y en tercer lugar porque su pobre vascularización hace que en ocasiones no consolide, aun con un diagnóstico temprano.

## **Código del Proyecto: ID9/198**

### **Mano 002: (ver también mano 001)**

Visión lateral de la mano en pronación.

Se aprecian con especial detalle el segundo y tercer dedo. Vamos a describirlos:

Metacarpiano → esta formado por: cuerpo, base y cabeza.

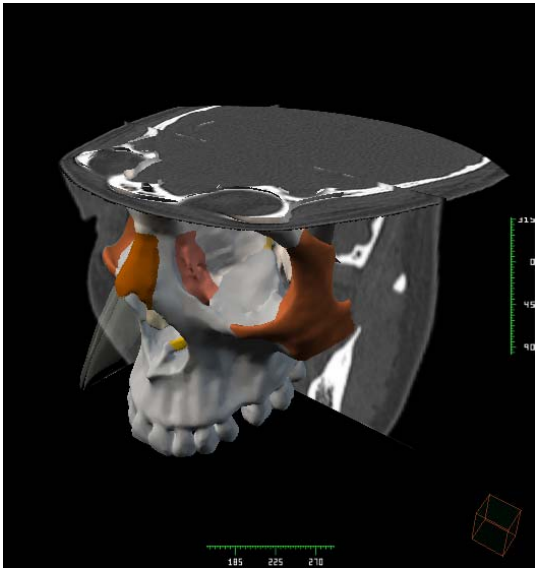
Cuerpo: describe una concavidad anterior y tiene forma de prisma triangular formando así una cara posterior ligeramente convexa y dos caras, lateral y medial, que limitan los espacios interóseos; así como dos bordes, lateral y medial, y uno anterior, cóncavo.

Base: es superior y cuboide. Su cara superior se articula con los huesos de la segunda fila del carpo, sus caras lateral y medial con los metacarpianos vecinos. Su caras dorsal y palmar tienen rugosidades donde se insertan músculos y ligamentos.

Cabeza: es la extremidad inferior. Se articula con la falange proximal correspondiente.

Falanges: son 3 en cada dedo a excepción del pulgar, que posee 2. Todas están formadas por base, cuerpo y cabeza.

## ÓRBITA



La cavidad orbitaria u órbita tiene forma de pirámide cuadrangular con vértice posterior y base anterior. Podemos diferenciar 4 caras o paredes, una base y un vértice.

### **Pared superior o techo orbitario:**

Tiene forma triangular y está formada por:

- anteriormente → porción orbitaria del frontal
- posteriormente → ala menor del esfenoides.

Se encuentran en esta pared:

- Fosa de la glándula lagrimal (parte anterolateral)
- Fosita troclear (parte anteromedial, donde se fija la tróclea de reflexión del oblicuo sup.)
- Sutura esfenofrontal (parte posterior; articula el frontal con el ala menor del esfenoides)

### **Pared inferior o suelo orbitario:**

También es triangular, separa la cavidad orbitaria del seno maxilar y está formada por:

- Anteromedialmente → cara orbitaria de la apófisis cigomática del maxilar.
- Anterolateralmente → cara medial de la apófisis frontal del hueso cigomático.
- Posteriormente → carilla superior de la superficie no articular de la apófisis orbitaria del palatino

En esta pared encontramos:

- Suturas de unión entre el maxilar con el cigomático lateralmente y con la apófisis orbitaria del palatino posteriormente.
- El surco infraorbitario, que se continúa anteriormente con el conducto infraorbitario.

### **Pared medial:**

Es muy delgada, frágil, vertical, cuadrilátera y alargada de anterior a posterior. Está formada, de anterior a posterior, por:

Apófisis frontal del maxilar, el lagrimal, la lámina orbitaria del etmoides y la parte anterior de la cara lateral del cuerpo del esfenoides.

Podemos encontrar en esta pared:

- tres suturas verticales que unen los cuatro huesos que la forman
- el surco lacrimonasal, limitado por las crestas lacrimales anterior (maxilar) y posterior (lagrimal), en la parte anterior. La parte media del surco está recorrida por la línea de sutura lagrimomaxilar, que une la apófisis frontal del maxilar con el borde anterior del lagrimal.

### **Pared lateral:**

Es la más gruesa y resistente de las cuatro. Es plana y triangular, y está formada por:

- 1/3 anterior → apófisis frontal del cigomático
- 2/3 posteriores → cara orbitaria del ala mayor del esfenoides.

Podemos ver en esta cara:

- la sutura esfenocigomática

## **Código del Proyecto: ID9/198**

- el orificio cigomático orbitario.

### **Base:**

Es de forma cuadrilátera. Su contorno, llamado borde orbitario, está formado por:

Superiormente → borde supraorbitario del frontal. Encontramos aquí la escotadura o agujero supraorbitario y la escotadura frontal, que es menos marcada

Lateralmente → borde superomedial del hueso cigomático

Inferiormente → mitad lateral del borde anteriormente citado y mitad medial del maxilar

Medialmente → cresta lagrimal anterior. Superiormente a esta cresta, el borde orbitario se borra en una extensión de 1 a 1,5 cm, hasta la extremidad medial del borde supraorbitario del frontal.

### **Vértice:**

Corresponde a la extremidad medial de la fisura orbitaria superior. Se encuentra en este punto un surco estrecho cuyo labio anterior sobresale y se convierte en el tubérculo infraóptico. En el surco y en el tubérculo se inserta el anillo tendinoso común.

La función de la órbita es contener y proteger al conjunto de estructuras que forman el órgano de la visión.

Entre las patologías más frecuentes de la órbita, destacamos:

- las fracturas por hundimiento, que suele afectar con mayor frecuencia al suelo de la órbita, cursando con clínica enoftalmos, anestesia infraorbitaria y diplopía en grade variable.

Estas son debidas, a parte del traumatismo, a que son finas láminas óseas.

En la imagen vemos, fundamentalmente, las paredes inferior y medial; la base cuadrangular, con detalle; y además, hueso maxilar y las piezas dentarias.

**PELVIS ÓSEA**

Imagen 001

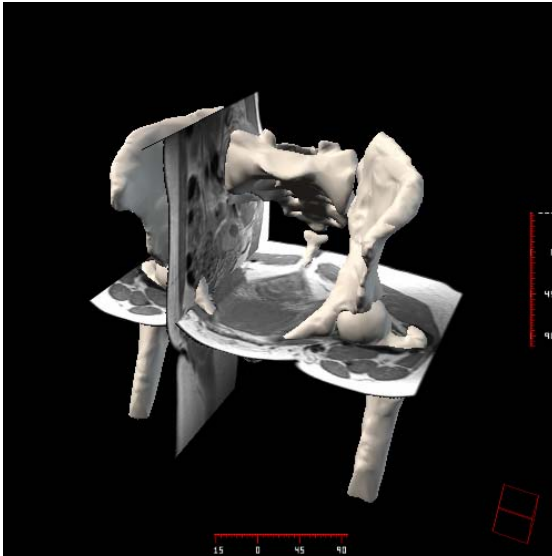


Imagen 002

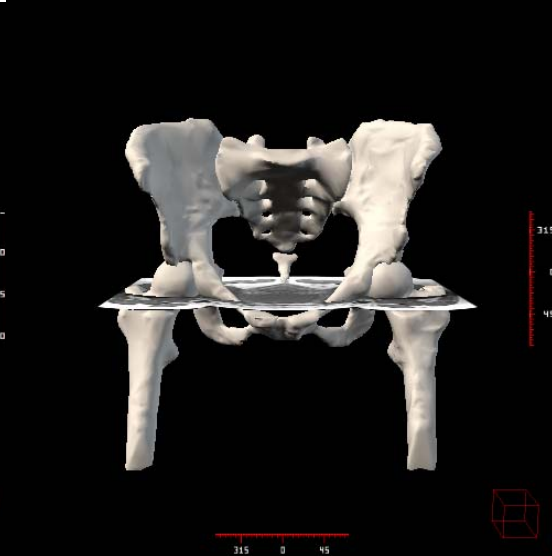
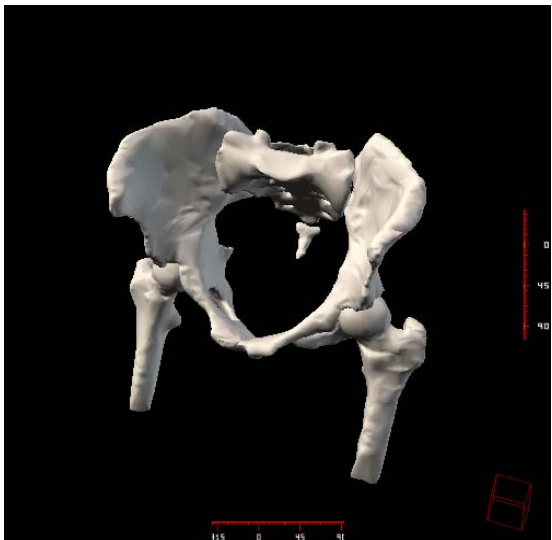


Imagen 003



La pelvis ósea está formada por los coxales, el sacro y el cóccix articulados entre si.

En la pelvis se describen dos superficies, una exterior y otra interior, dos aberturas, una superior y otra inferior, y un borde superior.

Superficie exterior:

Anteriormente y a cada lado de la sínfisis púbica presenta el cuerpo y las ramas superior e inferior del pubis, que encuadran anteriormente el agujero obturado.

Lateralmente presenta la cara glútea del ilion, el acetábulo, la rama del isquion y la tuberosidad isquiática.

Posteriormente presenta la cara posterior del sacro y cóccix

Superficie interior:

Limita la cavidad pélvica, y está dividida por un relieve casi circular, llamado abertura superior, en dos partes, la pelvis mayor y la pelvis menor (excavación pélvica)

Abertura superior:

Se constituye de posterior a anterior por: el promontorio, el borde anterior del ala del sacro, la línea arqueada, el pecten del pubis y por el labio posterior del borde superior del pubis y de la sínfisis púbica.

Abertura inferior:

Tiene forma romboidal y está limitado por la extremidad inferior de la sínfisis del pubis en su parte anterior, por el vértice del cóccix en su parte posterior, a los lados por las ramas del isquion e inferior del pubis y las tuberosidades isquiáticas.

Borde superior:

Está circunscrito de anterior a posterior por la extremidad superior de la sínfisis, el borde anterior del iliaco, la cresta iliaca, el borde posterior del ala del sacro y el promontorio. Es ampliamente escotado anteriormente entre las dos espinas iliacas anterosuperiores. Presenta también una escotadura posterior entre las tuberosidades iliacas y la base del sacro.

Pelvis mayor → sus paredes son las fosas iliacas y las alas del sacro

Pelvis menor → limitada anteriormente por la cara posterior de la sínfisis del pubis y por la cara medial del marco óseo del agujero obturado, a los lados con una superficie lisa en relación con el acetábulo y posteriormente por la cara anterior del sacro.

### **Hueso coxal:**

Está formado por 3 segmentos, uno medio estrecho excavado en su parte lateral por una cavidad articular llamada acetábulo, uno superior aplanado y ancho llamado ilion y uno inferior que forma los bordes o marco de un amplio orificio llamado agujero obturado; la mitad anterior de este marco óseo se halla formada por el pubis y la posterior por el isquion.

Para describir el hueso coxal lo haremos en dos caras, 4 bordes y 4 ángulos.

Cara lateral → se divide:

Cara glútea: es la fosa iliaca externa y esta recorrida por las líneas glúteas anterior y posterior, que dividen la cara en tres segmentos (posterior, medio y anteroinferior, donde se insertan los músculos glúteo mayor, medio y menor respectivamente).

La parte inferior está excavada, en sentido inmediatamente superior al borde del acetábulo, por un surco supraacetabular (canal supracotiloideo) cribado de agujeros nutricios. Este surco se relaciona con el tendón reflejo del recto femoral

Acetábulo: está limitado por un borde saliente, llamado borde o limbo acetabular (ceja cotiloidea), que presenta 3 escotaduras (la inferior o acetabular es la mas ancha y profunda), que corresponden a los puntos de unión de las tres piezas que constituyen el hueso (ilion, isquion y pubis).

El acetábulo presenta dos partes, una central de forma cuadrilátera, deprimida, rugosa, no articular llamada fosa acetabular (trasfondo de la cavidad cotiloidea) que presenta continuidad inferior con la escotadura acetabular; y otra periférica, lisa y articular, que tiene forma de media luna, cuyos extremos limitan anterior y posteriormente la escotadura acetabular.

Agujero obturado:

Se sitúa inferiormente al acetábulo, posteriormente al pubis y anteriormente al isquion.

Pubis:

Está compuesto por la rama horizontal o superior, la rama inferior y la lámina cuadrilátera o cuerpo. En la cara lateral de estas porciones del pubis se insertan los músculos aductores del muslo, el grácil y el obturador externo.

Isquion:

Está formado por dos columnas óseas: el cuerpo o rama descendente y la rama ascendente que se une a la rama inferior del pubis. Ambas columnas óseas se unen casi en ángulo recto formando la tuberosidad isquiática.

Cara medial → se divide en dos por la línea arqueada (innominada o cresta del estrecho superior) el saliente que forma en su parte anterior se llama pecten del pubis (cresta pectínea). Por encima de esta línea esta la fosa iliaca interna donde se inserta el músculo iliaco. Posteriormente a la fosa iliaca encontramos la cara auricular del coxal y la tuberosidad iliaca.

Inferiormente a la línea arqueada podemos ver en su parte anterior el agujero obturado, en la parte anterosuperior de dicho orificio, la entrada del surco obturador, que delimita superior y medialmente al labio posterior del surco; en esta región suele observarse la cresta tubercular (Vallois) donde se inserta la parte superior de la membrana obturatriz; posteriormente al agujero obturado está la fosa acetabular.

Borde superior o cresta iliaca → la extremidad anterior se llama espina iliaca anterosuperior y la extremidad posterior se llama espina iliaca posterosuperior.

Borde anterior → presenta de superior a inferior: espina iliaca anterosuperior, escotadura innominada, espina iliaca anteroinferior, escotadura relacionada con el iliopsoas, eminencia iliopúbica (une el pubis e ilion), superficie pectínea, tubérculo del pubis y la cresta del pubis.

Borde inferior → es la continuidad del borde anterior, formando un ángulo recto llamado ángulo del pubis. Se pueden distinguir 2 segmentos:

Segmento anterior o articular: está ocupado por una superficie elíptica oblicua llamada cara sinfisaria del pubis, que se articula con la cara correspondiente del hueso opuesto para formar la sínfisi del pubis.

## **Código del Proyecto: ID9/198**

Segmento posterior: presenta un labio lateral donde se insertan el grácil y el aductor mayor, un labio medial donde se fijan los transversos del periné, y un intersticio donde se fijan el cuerpo cavernoso y el músculo isquiocavernoso.

**Borde posterior** → va desde la espina iliaca posterosuperior a la tuberosidad isquiática. Presenta de superior a inferior: la espina iliaca posterosuperior, escotadura innominada, espina iliaca posteroinferior (extremidad posterior de la cara auricular), escotadura isquiática mayor o ciática, la espina isquiática, escotadura isquiática menor y la tuberosidad isquiática.

**Ángulos** → el ángulo anterosuperior está constituido por la espina iliaca anterosuperior, ángulo anteroinferior por el ángulo del pubis, el ángulo posteroinferior por la tuberosidad isquiática, y el ángulo posterosuperior por la espina iliaca posterosuperior.

**ARTICULACIÓN COXO-FEMORAL**, esférica:

Las superficies articulares son la cabeza del fémur y el acetábulo del hueso coxal agrandado por un fibrocartílago llamado rodete acetabular.

Cabeza del fémur: es una eminencia redondeada y presenta una fosita donde se inserta el ligamento de la cabeza del fémur.

El acetábulo: es casi hemisférico y presenta dos partes, una articular en forma de media luna y otra no articular llamada fosa acetabular.

Rodete acetabular: es un fibrocartílago situado en el perímetro del acetábulo

Tiene los siguientes movimientos: Flexión o anteversión, extensión o retroversión, adducción, abducción, pronación y supinación, en conjunto circunducción.

**PATOLOGÍA FRECUENTE:**

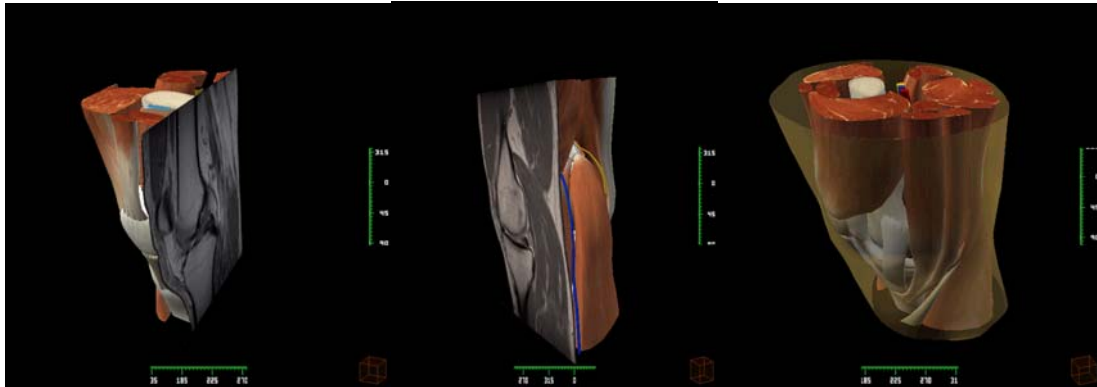
**Fractura de cadera:** se da principalmente por caídas en personas que presentan osteoporosis. La parte mas frecuentemente fracturada es el cuello del fémur. Su tratamiento es quirúrgico mediante prótesis.

En la imagen 001 → una visión superior de la pelvis donde podemos apreciar la superficie interna (descrita anteriormente), así como la cresta iliaca o borde superior del coxal, la cabeza del fémur articulándose con el acetábulo, el cuello y el trocánter mayor; también vemos la cara superior y anterior del sacro, la parte anterior del cóccix.

Imagen 002 → visión anterosuperior del conjunto de la pelvis y su articulación con el fémur. Vemos la sínfisis del pubis, el agujero obturado, la tuberosidad isquiática y la fosa iliaca. Vemos también el borde anterior con detalle. El sacro en su parte anterior con sus apófisis articulares superiores y sus alas.

Imagen 003 → el detalle a apreciar en esta imagen es la espina isquiática. Además de detalles del fémur como por ejemplo: cabeza, cuello quirúrgico, trocánter mayor y menor, cresta intertrocantérea, cuello anatómico y parte de la diáfisis.

## CUADRICEPS, ARTICULACIÓN DE LA RODILLA Y FOSA POPLITEA



Empezaremos describiendo la articulación de la rodilla:

Se forma por dos cóndilos (fémur) y dos superficies articulares (tibia). Podemos decir que es un articulación doble condilia, pero con la pierna en extensión (se ancla todo el conjunto) podemos decir que se convierte en una troclea → diartrosis troclear.

En la flexión, los cóndilos apoyan su parte mas convexa sobre la cavidad glenoidea; por ello la interlinea queda muy separada por delante y por detrás, necesitando un complejo de relleno, los meniscos, los cuales rodean a la cavidad glenoidea por su margen con pocas inserciones para tener movilidad y deformabilidad según que movimientos realice la articulación.

El menisco externo tiene un grado de movilidad máximo debido a que solo se inserta en la espina tibial y adopta forma de O, capaz de deformarse mucho.

El interno tiene mas firmes inserciones en las superficies pre y retroespinales, adoptando forma de C.

La articulación esta sujeta por ligamentos:

Lateral externo (de cóndilo femoral externo a peroné), lateral interno (de cóndilo femoral interno a tibia), cruzado anterior (de superficie intercondilia anterior tibial hasta la superficie del cóndilo externo que limita el espacio intercondilio), cruzado posterior (desde la superficie ósea del espacio intercondilio hasta la superficie del cóndilo interno que limita el espacio intercondilio). (regla nemotécnica AEPI: anterior externo, posterior interno).

Movimientos: flexión → con pequeña rotación interna, meniscos hacia delante.

Extensión → con ligera rotación externa, meniscos hacia atrás.

Se encajan tibia, fémur y rótula, poco movimiento.

Los lig. Laterales limitan la rotación externa y la extensión

Los cruzados limitan la rotación interna y unen las superficies tibial y femoral

Pasamos ahora a describir los músculos:

Celda anterior:

**Cuadriceps**: consta de 4 vientres musculares que se insertan juntos inferiormente en el tendón del cuádriceps.

- Músculo crural, femoral o vasto intermedio: se extiende por la cara anterior y externa del fémur, sin llegar a su máxima altura; se inserta en los dos tercios superiores.

- Vasto interno: va por la cara interna del fémur, llegando hasta la línea áspera, hasta la rama interna de la trifurcación.

- Vasto externo: asciende por la cara externa del fémur y llega a la rama externa de la trifurcación y a la cara externa del trocánter mayor (misma inserción que glúteo mayor)

- Recto anterior: ocupa el plano mas superficial y se inserta en la espina iliaca anteroinferior.

Su función es la de extensión de la rodilla

**Sartorio**: se inserta por debajo de la tuberosidad interna de la tibia junto con el recto interno y el semitendinoso (formando la pata de ganso) y se dirige hacia fuera y arriba en busca de la espina iliaca anterosuperior.

Su acción es flexionar y separar la rodilla.



### Celda posterior:

**Bíceps femoral:** está situado lateralmente al semitendinoso, está formado por 2 cabezas (una isquiática o larga y otra femoral o corta). Ambas se inserta inferiormente en los dos huesos de la pierna y superiormente, la larga en la tuberosidad isquiática, junto con el semitendinoso, y la corta en la línea áspera.

Su acción es flexora de la pierna. Cuando está flexionada se convierte en extensor del muslo sobre la pelvis y rotador lateral de la pierna.

**Aductor mayor:** su porción recta se inserta en el tubérculo del gran aproximador (cóndilo interno femoral) y en la tuberosidad del isquion; sus fibras están perpendiculares al suelo y su función es alinear la extremidad inferior con el cuerpo.

Su porción torcida se inserta en la línea áspera del fémur (rama externa de su trifurcación) y en la rama isquiopubiana. Las fibras de más baja inserción en la línea áspera son las que llegan al isquion y por ello son las que inician la aproximación mas allá de la línea media; las fibras de inserción mas altas en la línea áspera van cerca del pubis y por ello, además de ser aproximadoras, también son ligeramente flexoras.

Entre la porción torcida y recta está el anillo del gran aproximador, que permite el paso de un paquete vascular.

**Semimembranoso:** está situado posteriormente al aproximador mayor; es delgado, tendinoso y aplanado en su parte superior donde se inserta en el isquion, y voluminoso y muscular en su parte inferior donde se inserta en la tibia mediante un tendón capsular (tendón reflejo, directo y recurrente) que sirve además para tensar la sinovial cuando se arruga esta región.

Su función es flexora de la pierna, y cuando está flexionada, extiende el muslo sobre la pelvis e imprime a la pierna un movimiento de rotación medial.

**Semitendinoso:** es un músculo fusiforme, muscular superiormente cuya inserción es el isquion, y tendinoso inferiormente, cuya inserción está en la parte interna de la tibia, formando parte de la pata de ganso (junto con el recto interno y el sartorio). Está situado en sentido posterior al semimembranoso y medial al bíceps femoral.

Su función es igual a la del semimembranoso.

**Recto interno o grácil:** es aplanada, delgado, en forma de cinta; está situado en en la parte mas medial del muslo, medialmente a los aductores y va desde la cara interna de la tibia (pata de ganso) hasta el cuerno y la rama inferior del pubis.

Su acción es la flexión y aproximación de la pierna.

### **Fosa poplítea: (imagen rm02)**

Es una excavación romboidea, de eje mayor vertical situada en la parte posterior de la rodilla. Se divide en dos triángulos, uno superior y otro inferior, por una línea horizontal que sería el borde superior de los cóndilos femorales.

#### Paredes:

Pared superolateral: la forma el bíceps femoral.

Pared superomedial: formada por el semimembranoso, semitendinoso, recto interno y sartorio.

Pared inferolateral e inferomedial: formadas por las cabezas del gastrocnemio y por sus vainas.

La cabeza medial del gastrocnemio forma la pared inferomedial. La inferolateral la forman la cabeza lateral y el plantar

Pared anterior: formada en la parte superior por el triángulo que limitan en el fémur las dos líneas supracondíleas del fémur, e inferiormente por el plano fibroso posterior de la rodilla y por el músculo poplíteo, que va desde el epicóndilo lateral del fémur hasta el segmento de la cara posterior de la tibia

Pared posterior: formada por la fascia profunda de la región.

#### Contenido:

La fosa poplítea está dividida en dos celdas por la fascia profunda de la fosa poplítea.

Celda posterior o superficial: se sitúa entre las fascias superficial y profunda. Contiene una capa de tejido celuloadiposo y por ella discurren el nervio cutáneo femoral posterior y la vena safena menor, que atraviesa la fascia profunda penetrando en la celda profunda

Celda anterior o profunda: se sitúa entre la fascia profunda y la pared anterior osteofibrosa de la fosa poplítea. Es mas ancha y excavada en el triángulo superior que en el inferior. Contiene:

Arteria poplítea → entra por el hiato tendinoso del aductor, desciende oblicuamente en sentido inferior y lateral hasta la altura de la interlínea articular, donde alcanza el eje vertical medio de la fosa; después continúa verticalmente hasta el arco tendinoso del sóleo, donde termina dividiéndose en las arterias tibiales anterior y posterior.

Vena poplítea → acompaña a la arteria y ambas se encuentran envueltas por tejido adiposo y se relacionan anteriormente, en la cara poplítea del fémur, con el plano fibroso posterior de la articulación de

## **Código del Proyecto: ID9/198**

la rodilla y con el músculo poplíteo, posteriormente con el semimembranoso en la parte superior y con la fascia profunda y el intersticio entre las cabezas del gastrocnemio; están separadas de estos elementos, desde la parte media de la región, por el nervio tibial.

Nódulos linfáticos poplíteos.

Vena safena menor → atraviesa la fascia profunda a la altura de la interlínea articular, cruza el nervio tibial medialmente al nódulo linfático yuxtasafo y desemboca en la vena safena.

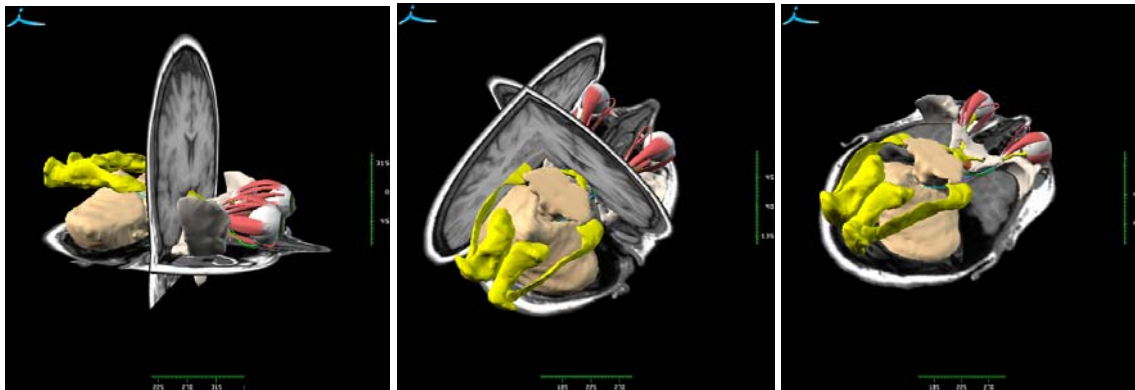
Ciático → se divide en el ángulo superior de la fosa en tibial y peroneo común.

Nervio tibial → desciende verticalmente siguiendo el eje mayor de la fosa. Está situado posterior y lateralmente a los vasos poplíteos, hallándose separado de ellos por tejido graso. Se va aproximando a los vasos y acaba por situarse posteriormente a ellos. Se halla cruzado medialmente por la vena safena menor, poco antes de su desembocadura.

Nervio peroneo común → se dirige oblicuamente en sentido inferior y lateral, siguiendo el borde medial del bíceps femoral hasta la cabeza del peroné; contornea luego el cuello del peroné y penetra en el espesor del músculo peroneo largo, donde se divide. Está situado inmediatamente anterior a la fascia profunda; cruza de superior a inferior la cabeza lateral del gastrocnemio y el sóleo, que lo separan de la cabeza del peroné, y alcanza finalmente el cuello de dicho hueso.

(la arteria, vena y nervio que vemos en la imagen rodilla 3D, son la arteria, vena y nervio femorales)

## VÍA ÓPTICA Y MÚSCULOS OCULARES



### **Músculos oculares:**

Están situados en el interior de la órbita y sirven para dirigir la mirada. Los podemos dividir en:

Músculos **rectos** (4) → superior, inferior, externo e interno.

Inserción móvil en el ojo, en la espiral de Tirox (paralelo de la ora serrata), en relación con los puntos cardinales; se dirigen hacia el fondo de la órbita donde confluyen para formar una inserción fija en un tendón situado entre el agujero óptico y la hendidura esfenoidal (tendón de Zinn). Este tendón se continúa con 4 cintillas tendinosas (2 superiores, interna y externa, y dos inferiores, interna y externa; la superointerna se desdobra para el paso del nervio óptico y la arteria oftálmica)

El recto superior mide 8mm, el externo 7, el inferior 6 y el interno 5.

Son acintados, mas anchos por delante, con aponeurosis de inserción y que al unirse entre ellos forman un cono muscular aponeurótico.

Discurren paralelos a las paredes de la órbita.

Músculos **oblicuos** (2) → superior e inferior

Superior: inserción móvil en el cuadrante superoexterno del hemisferio posterior (entre los rectos superior y externo), se dirige hacia adelante y hacia dentro, al ángulo superointero de la órbita, pasando en forma de tendón por la polea fibrocartilaginosa del frontal. Es un músculo de dos vientres. El 2º vientre se inserta en el tendón de Zinn.

Está por debajo del recto superior.

Inferior: se inserta en el cuadrante inferoexterno del hemisferio posterior, pasando por debajo del recto inferior, y en el borde inferior del canal lagrimal (inferointerno).

Músculo **elevador del párpado superior**:

Trabaja continuamente y es antagonista del orbicular. Se inserta en la parte posterior (fondo del ojo) y se ensancha hacia delante donde, en forma de aponeurosis, forma la expansión interna y externa, que atraviesan la aponeurosis llegando a la dermis del párpado y a la cara anterior del tarso dividiendo en 2 en canal lagrimal.

### **Inervación:**

Par III: entra por la hendidura esfenoidal-anillo de Zinn y se divide en dos ramas, superior para el recto superior y el elevador, e inferior para el recto inferior, el recto interno y el oblicuo inferior. Va acompañado del parasimpático de la musculatura intrínseca (ramo más distal).

Par IV: entra por la hendidura esfenoidal pero sin pasar por el anillo de Zinn; pasa por encima del elevador y se dirige hacia dentro para inervar al oblicuo superior.

Par VI: inerva al recto externo por su cara interna pasando por la hendidura esfenoidal y el anillo de Zinn

### **Movimientos:**

La posición primaria de mirada en reposo al infinito, perpendicularmente al eje axial en el que los ejes anteroposteriores son paralelos, los músculos están en reposo.

Para mantener los ojos hacia el frente: contracción del recto interno (porque el ángulo de la órbita es de 23°)

Contracción del recto superior: eleva, aproxima ligeramente y rota internamente

Contracción del recto inferior: desciende y realiza una ligera aproximación y rotación externa.

Los oblicuos son antagonistas de los rectos, ya que tiran hacia dentro del ojo (separadores):

Contracción del oblicuo superior: rotador interno, dirige la mirada hacia abajo y fuera, desciende y separa.

## **Código del Proyecto: ID9/198**

Contracción del oblicuo inferior: rotador externo, dirige la mirada hacia arriba y fuera, separa y eleva.

Otros:

Todo ello está envuelto por la aponeurosis orbitaria o capsula de Tenon, que tapiza la esclara y se fusiona con la duramadre del nervio óptico. Se divide en dos hojas, la fascia de Bulbi (hoja interna fina: llega por delante al limbo esclerocorneal) y hoja externa.

Entre ambas está el espacio de Tenon.

Esta aponeurosis es atravesada por los músculos rectos y oblicuos.

Envía expansiones que forman vainas musculares que se unen entre sí cerrando el cono musculoaponeurótico.

De las vainas salen expansiones ligamentosas a la pared de la órbita para sujetar el ojo:

Rectos y oblicuos, tendón de contención, que sujeta el globo ocular y limita el movimiento del recto interno y externo poseen fibras musculares lisas de tono simpático.

### **Vía óptica:**

La vía óptica son un conjunto de estructuras nerviosas encargadas de conducir el impulso eléctrico hasta las áreas del córtex visual donde son interpretadas. Las estructuras que lo forman son la **capa de fibras nerviosas de Henle**, el **nervio óptico**, el **quiasma óptico**, las **cintillas ópticas**, el **cuerpo geniculado externo**, las **radiaciones ópticas de Gratiolet** y las **áreas visuales del córtex cerebral**.

### **Capa de fibras nerviosas de Henle.**

Es la capa más interna de la retina. Esta formada por los axones de las células ganglionares que se dirigen a la papila óptica. Las fibras procedentes de la mácula representan el 65% del total de las fibras del nervio óptico y se dirigen de forma horizontal hacia la papila óptica conformando el haz papilo-macular. Las fibras procedentes de la retina temporal superior e inferior pasan de forma arqueada por encima y por debajo del haz papilo-macular entrando en la papila por encima y debajo del citado haz. Las fibras que proceden de la hemirretina nasal se dirigen a la papila de forma radial.

### **Nervio óptico.**

El nervio óptico está formado por la reunión de los axones de las células ganglionares de la retina. En realidad resulta inapropiado llamarlo nervio ya que se trata más bien de un fascículo de la sustancia blanca, no estando recubierto por células de Schwann sino por las meninges. Comienza en el agujero escleral posterior y acaba en el quiasma óptico con una longitud variable de 4 a 5 cm por término medio. Podemos distinguir las siguientes porciones:

- Porción intrabulbar o intraocular. Es la porción que sitúa internamente al globo ocular y que forma la papila óptica. Tiene una longitud de 1 mm aproximadamente.
- Porción intraorbitaria. Tiene unos 25 mm de longitud y tiene forma de S itálica para favorecer la motilidad ocular.
- Porción intraósea o intracanalicular. Tiene una longitud de 4 a 10 mm. Se extiende a lo largo del agujero óptico para hacerse intracraneal.
- Porción intracraneal. Su longitud es de unos 10 mm, se sitúa en la fosa craneal media y termina en el quiasma óptico.

### **Quiasma óptico.**

El quiasma óptico es una estructura nerviosa, con forma semejante a la letra griega chi, que deriva de la fusión de los dos nervios ópticos y que se continúa de manera posterior con las dos cintillas ópticas. Mide aproximadamente 8 mm desde su escotadura anterior a la posterior, 12-18 mm de anchura y 4 mm de altura. Por encima se relaciona con el suelo del III ventrículo, lateralmente con las arterias carótidas internas e, inferiormente, con la silla turca y la hipófisis. En esta estructura se produce el entrecruzamiento o decusación de las fibras provenientes de las hemirretinas nasales de ambos ojos por lo que las fibras provenientes de la retina nasal del ojo izquierdo pasan a formar parte de la cintilla óptica derecha. De la misma manera y de forma inversa ocurre con las fibras provenientes de la hemirretina nasal derecha que se harán contralaterales circulando por la cintilla óptica izquierda. La decusación tiene como peculiaridad que las fibras provenientes del cuadrante nasal inferior se decusan en la porción anterior del quiasma insinuándose en el nervio óptico contralateral, y las del cuadrante nasal superior en la porción posterior del quiasma insinuándose en la cintilla óptica homolateral. Las fibras provenientes de las hemirretinas temporales de ambos ojos no se entrecruzan y continúan homolaterales.

### **Cintillas ópticas.**

Los fascículos o cintillas ópticas se originan en la zona inmediatamente posterior del quiasma. En su origen cada cintilla se encuentra separada de la otra por el tallo de la hipófisis en la parte inferior y por el III ventrículo en la parte superior. A medida que avanzan posteriormente se relacionan con el uncus del lóbulo temporal, los pedúnculos cerebrales, la cápsula interna y la amígdala cerebral. Cada cintilla óptica contiene las fibras nerviosas provenientes de la retina temporal ipsilateral y las de la retina nasal contralateral. En la cintilla óptica se produce un nuevo ordenamiento de las fibras nerviosas por lo que las que provienen de la mácula se hacen internas viajando por el centro de la cintilla, las temporales y nasales superiores se hacen superointernas (haz superior) y las nasales y temporales inferiores se hacen inferoexternas (haz inferior).

La mayoría de las fibras de la cintilla óptica acaban en el cuerpo geniculado lateral ipsilateral; sin embargo, parte de las fibras se dirigen *al* núcleo paraventricular del hipotálamo para intervenir en el control de los ritmos circadianos. Otra parte con mayor número de fibras que la anterior se dirigen ventralmente *al* cuerpo geniculado medial y a través de los tubérculos cuadrigéminos anteriores acaban en el núcleo pretectal del mesencéfalo. La función de estas fibras constituyen la rama aferente del reflejo pupilomotor.

### **Cuerpo geniculado externo.**

Este núcleo forma parte del tálamo y es el núcleo visual primario más grande y probablemente el más importante en el hombre. Contiene seis capas neuronales y cada capa recibe información procedente de tan sólo un ojo. La capa 1 recibe proyecciones de la retina contralateral y la capa 2 recibe proyecciones retinianas ipsilaterales. Estas dos capas están formadas por neuronas de gran tamaño por lo que reciben el nombre de magnocelular. Las capas 3 a 6 se denominan parvocelulares por estar formadas por neuronas de pequeño tamaño. En las capas 1, 4 y 6 sinaptan fibras cruzadas mientras que en las capas 2, 3 y 5 lo hacen las fibras directas. Los axones de las neuronas que forman parte del cuerpo geniculado lateral constituirán las radiaciones ópticas de Gratiolet.

### **Radiaciones ópticas de Gratiolet.**

Las radiaciones ópticas de Gratiolet o fascículo geniculocalcarino se inicia en el cuerpo geniculado lateral y constituye la vía óptica posterior que se va a proyectar sobre el área visual primaria o área 17 de

## **Código del Proyecto: ID9/198**

Brodmann. Son fibras mielínicas que parten de la cara dorsal del cuerpo geniculado lateral y discurren de manera lateral e inferior a través del istmo temporal desde donde se abren en abanico rodeando la punta del asta temporal del ventrículo lateral. Las fibras anteroinferiores forman una acodadura denominada asa de Meyer. En su trayecto posterior hacia la corteza estriada se relacionan con *el* tapetum del cuerpo calloso a través del cual se relacionan con las cavidades del ventrículo lateral. También se relacionan con el trígono y el asta principal del ventrículo lateral.

## **5. Conclusiones.**

1ª.- El estudio con Tomografía Computarizada y con Resonancia Magnética de alta resolución constituyen unos buenos métodos de diagnóstico por imagen, que permite identificar las estructuras anatómicas, lo que facilitó su reconstrucción tridimensional a partir de las diferentes secciones seriadas.

2ª.- Las novedosas técnicas informáticas de diseño gráfico por ordenador, empleadas en nuestro estudio, nos han permitido desarrollar imágenes tridimensionales reales de las estructuras anatómicas, proporcionando una nueva entidad en el campo de las ciencias de la salud, al posibilitar la creación y manipulación de imágenes médicas de estructuras corporales, con el objeto de originar entornos virtuales animados con fines docentes o prácticos.

3.- Los entornos de docencia, con programas informáticos, constituyen una forma nueva de tecnología formativa, donde el aprovechamiento de todo este potencial tecnológico, es de gran utilidad en la formación médica y en la práctica clínica, Con este proyecto hemos desarrollado una colección de imágenes anatómicas en 3D, que facilitara, sin duda, su mejor comprensión, facilitando así el proceso de enseñanza-aprendizaje para el conocimiento de la anatomía, correlacionado con secciones de resonancia magnética en los tres planos espaciales y de tomografía computarizada.

## **6. Bibliografía.**

(1) Eduardo Quintás Serantes, Norberto Ezquerra Machado, Justo A. Alvarez. Técnicas gráficas, visión por computador y modelos de visualización en imágenes médicas: estado del arte. Avances en informática biomédica / coord. por Julián Dorado de la Calle, Alejandro Pazos Sierra, Bernardino Arcay Varela, Antonino Santos del Riego, 2001, ISBN 84-95322-84-6 , pags. 39-68.

(2) Crespo, J. Procesamiento y visualización 3D. Boadilla del Monte, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

(3) Esteban Hernández, Martínez Sanjuan, Cervera Deval, Casaña Mohedo, Gurrea Ramón, Vélez Castaño y cols., 2002.

(4) Rouvière, H y Delmas, A. *Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional*. 3 vols. Barcelona: Masson S.A, 2001.

(5) Sobotta. *Atlas de anatomía humana*. 2 vols. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A, 2001.

(6) Netter, Frank H. *Atlas de anatomía humana*. Barcelona: Masson S.A, 2007