

Figura 1. Imagen de referencia Globos Oculares
'Netter Interactive Atlas of Human Anatomy v3.0.' de Frank H. Netter MD (Bradford Books, Saunders, 2002).

Segmentación de los nervios ópticos:

En la segmentación de los nervios, se siguieron procedimientos similares a los mencionados previamente. Inicialmente, se cargó el archivo DICOM en 3D Slicer. Posteriormente, se consultó el libro de anatomía 'Netter Interactive Atlas of Human Anatomy v3.0' de Frank H. Netter MD (Bradford Books, Saunders, 2002) para identificar la ubicación de los nervios y delimitar las zonas correspondientes.

Se aplicó el primer filtro para resaltar bordes accediendo al menú superior, seleccionando la opción "Intensity transform" y ejecutando el "percentile rescaling" al volumen original. Esto resultó en la obtención de un nuevo volumen tras hacer clic en "apply".

La segmentación se llevó a cabo en la vista axial mediante el "Segment Editor", creando una nueva segmentación para los nervios. Las zonas de los nervios fueron seleccionadas con la herramienta "pintar" en diversos fotogramas dentro de los slices que conformaban tanto la vista axial como la sagital. Al finalizar, se verificó en otras vistas para asegurar que no se hubiera seleccionado otra parte y que abarcara hasta los globos oculares y el quiasma. Se activó la visualización 3D de la selección y se perfeccionaron sus partes con la herramienta de "Scissors". En el último tramo, se llevó a cabo la transformación a STL. Se hizo clic en la flecha verde junto a "Show 3D", se seleccionaron las opciones de "Operation" en "Export" y "Output type" en "Models", seguido de hacer clic en el botón "Export". El archivo resultante se pudo exportar como STL.

Para finalizar, se realizó el proceso de transformación a DICOM. Regresando a los datos, se seleccionó con clic izquierdo el archivo de la segmentación y se eligió la opción "Export visible segments to binary labelmaps". El archivo creado en este proceso también pudo ser exportado como DICOM.

Segmentación del Quiasma Óptico:

Se llevó a cabo la carga del archivo DICOM en 3D Slicer. Posteriormente, se consultó el libro de anatomía 'Netter Interactive Atlas of Human Anatomy v3.0' de Frank H. Netter MD (Bradford Books, Saunders, 2002) para ubicar el Quiasma y determinar sus zonas delimitadas.

Se aplicó el primer filtro para realzar bordes; accediendo al menú superior, se seleccionó la opción "intensity transform" y se realizó el "percentile rescaling" al volumen original. Esto resultó en la creación de un nuevo volumen llamado "filtrado" tras hacer clic en "apply".

A continuación, se llevó a cabo el "histogram matching" mediante el menú superior, eligiendo la opción "filtering" y aplicando este filtro sobre el volumen "filtrado". Se tomó como referencia el volumen original, obteniendo el volumen "f" después de accionar "apply".

Se procedió a la segmentación utilizando la vista axial a través del "Segment Editor", creando una segmentación identificada con el color fucsia. Las zonas del Quiasma fueron seleccionadas con la herramienta "pintar" en distintos fotogramas dentro de los slices que conformaban la vista axial. Tras la selección, se verificó en otras vistas para asegurar que no se hubiera seleccionado otra parte y que abarcara hasta el tálamo. Se activó la visualización 3D de la selección y se perfeccionaron las partes del quiasma mediante la herramienta de "scissors".

Posteriormente, se llevó a cabo la transformación a STL. Se hizo clic en la flecha verde junto a "Show 3D", se seleccionaron las opciones de "Operation" en "Export" y "Output type" en "Models", seguido de hacer clic en el botón "Export". El archivo resultante se pudo exportar como STL.

Finalmente, se inició el proceso de transformación a DICOM. Regresando a los datos, se seleccionó con clic izquierdo el archivo de la segmentación y se eligió la opción "Export visible segments to binary labelmaps". El archivo creado en este proceso pudo ser exportado como DICOM.

Segmentación Ventriculos Cerebrales:

Para segmentar los cuatro ventrículos del cerebro se cargaron los archivos DICOM, para identificar el plano en el que mejor se observaban los ventrículos, se aplicó un filtro que resaltaba las características relevantes en las imágenes. Posteriormente, se eliminaron las islas pequeñas que no eran de interés para el análisis.

Una vez que se identificó el plano óptimo, se inició el proceso de recorte utilizando herramientas de edición para delinear con precisión los contornos de los ventrículos. Este proceso se realizó con cuidado y atención para asegurar una segmentación precisa y detallada de cada uno de los ventrículos cerebrales, se utilizó herramientas de recorte y eliminación de áreas no deseadas para refinar la segmentación. Este proceso se repitió hasta obtener segmentaciones precisas que representaran con exactitud la forma y estructura de los cuatro ventrículos cerebrales.

Para garantizar la precisión de este proceso, también se utilizó el libro de anatomía 'Netter Interactive Atlas of Human Anatomy v3.0' de Frank H. Netter MD. Esta referencia proporcionó una base anatómica sólida que ayudó a identificar y segmentar correctamente los ventrículos cerebrales en las imágenes médicas. El uso de esta guía fue fundamental para asegurar la exactitud de las segmentaciones.

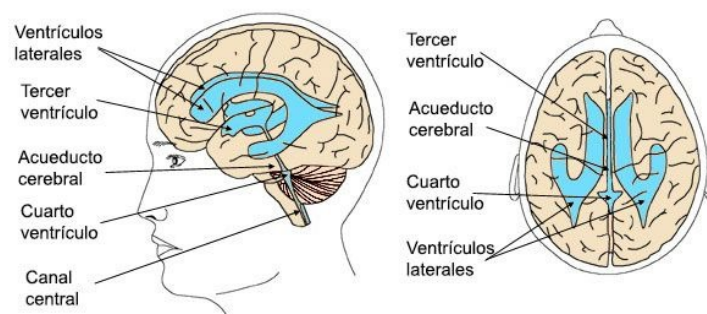


Figura 2. Ventrículos Cerebrales

Intersección de los segmentos

Este código permite cargar archivos DICOM de dos directorios, construir volúmenes 3D a partir de estos archivos y visualizar y calcular propiedades de las estructuras anatómicas segmentadas, como la intersección entre ellas y el área de intersección.

- *Cargar Archivos DICOM:* Se define una función `cargar_archivos_dicom_desde_directorio` para cargar archivos DICOM desde un directorio específico utilizando la biblioteca PyDICOM, en cuanto a los globos oculares, nervio y quiasma ópticos. Además, se implementa otra opción de carga por medio de la librería tkinter para cargar los archivos DICOM de los ventrículos cerebrales.
- *Selección de Directorios y Carga de Archivos DICOM:* Se carga el segundo archivo.
- *Construcción de Volumen 3D:* La función `construir_volumen_3D` crea un volumen 3D a partir de los cortes DICOM cargados, teniendo en cuenta la orientación y la posición de las imágenes.
- *Visualización de Cortes:* Se definen funciones para visualizar cortes coronales de los volúmenes 3D de los globos oculares y los nervios ópticos.
- *Intersección y Área de Intersección:* Se calcula la intersección entre los volúmenes 3D de los globos oculares, los nervios ópticos, quiasma óptico, ventrículos y encéfalo, así como el área de esta intersección.
- *Visualización de la Intersección:* Se proporciona una función para visualizar los cortes coronales de los nervios y los quiasmas ópticos, así como la intersección entre ellos.

Medición volumétrica:

Los volúmenes de los ventrículos cerebrales obtenidos a través de las mediciones hechas en VS Code son las siguiente: Ventrículos laterales (50481.74 mm³), Tercer ventrículo (2199.75 mm³), Cuarto ventrículo (653.10 mm³), y Acueducto de Silvio (258.62 mm³).

En términos generales, los resultados revelan la magnitud de los diferentes ventrículos, destacando que los laterales tienen un volumen mucho mayor en comparación con los otros. Se encuentra que el volumen más reducido es el del acueducto de Silvio. Comparando estos resultados entre sí, se observa una clara jerarquía en la distribución del líquido cefalorraquídeo.

En la literatura no se encuentran valores específicos de los volúmenes de los ventrículos cerebrales ya que estos varían entre individuos y depende de factores como genética, edad, enfermedades, anomalías, entre otros. Según el artículo "Los Ventrículos: Viaje al fondo de la mente" publicado por SERAM (Sociedad Española De Radiología Médica), el sistema ventricular se puede medir con el índice de Evans (IE), "el índice bicaudado (para enfermedad de Huntington y envejecimiento), el índice bifrontal (útil para valorar ventriculomegalia en ecografía transfontanelar), y diámetros transversos del tercer ventrículo y astas temporales (también usados para el control de la hidrocefalia)".

Es importante considerar posibles fuentes de error, como la precisión de las medidas y cualquier variabilidad debido al método utilizado. Estas fuentes de error pueden darse desde la parte de

segmentación desde la aplicación de 3D Slicer, hasta la creación y manipulación del dicom binario en VS Code.

En conclusión, el análisis volumétrico de los ventrículos cerebrales respalda la importancia de estas estructuras en la anatomía y la homeostasis del cerebro.

Referencias

1. (Bradford Books) Frank H. Netter MD - Netter Interactive Atlas of Human Anatomy v3.0- Saunders (2002)
2. DeLeon Lab. (2021, 17 septiembre). Merging models [3D Slicer workflow] [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=mhCS5gsR410>
3. Merge Models — 3D Slicer documentation. (s. f.). https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/modules/mergemodels.html