



Tecnológico de Monterrey

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Procesamiento de Imágenes Médicas para el Diagnóstico (Grupo 101)

Evidencia 1: Reporte Parcial del Reto

Profesor

Dr. José Gerardo Tamez Peña

Equipo CT:

Diego De La Barrera Martínez	A01197739
Alexa María de León Durán	A01382990
Juan Luis Flores Sánchez	A01383088
Azul Sofía Moctezuma Enriquez	A01562585

17 de marzo de 2023

Tabla de Contenido

- 1** Introducción
- 2** Marco Teórico
 - 2.1** Rol de los Atlases en la Segmentación de Cerebro
 - 2.2** Tabla Comparativa de *Software* de Segmentación
 - 2.3** Comentarios y Validación de la Instalación Correcta del Software
 - 2.3.1** FreeSurfer (Windows)
 - 2.3.2** FreeSurfer (MacOS)
 - 2.3.3** FSL
 - 2.3.4** MRTrix
- 3** Discusión
- 4** Conclusión
- 5** Contribución de Cada Miembro
- 6** Referencias

Evidencia 1: Reporte Final del Reto

1. Introducción

En el presente documento se evalúan tres softwares de análisis cuantitativos del cerebro en base a una tabla operativa describiendo las características del equipo donde se instaló, los sistemas operativos necesarios para correr el software, detalles de la instalación, una lista de atlas y características utilizadas en cada software. Aparte se da una explicación del concepto de Atlas Anatómico y su aplicación en la segmentación de imágenes así como ejemplos en los softwares usados. Para ello se realizó la instalación y evaluación de los *software*: FreeSurfer (Martinos Center for Biomedical Imaging,), [FSL](#) (Analysis Group) y [MRtrix](#) (Ben Jeurissen et al).

2. Marco Teórico

2.1 Rol de los atlas en la segmentación de cerebros

Los atlas anatómicos también se utilizan en la segmentación de cerebros MRI (Imagen por Resonancia Magnética) para la investigación en neurociencia y en la práctica clínica. La segmentación de cerebros es el proceso de dividir una imagen de MRI del cerebro en diferentes estructuras anatómicas, como el cerebro, el cerebelo, el tronco cerebral y las diferentes regiones corticales (Addhis Utility Frame, s.f.).

La segmentación basada en Atlas está motivada por la observación de que la segmentación se correlaciona fuertemente con la apariencia de la imagen. Una imagen seleccionada se puede segmentar haciendo referencia a atlas, es decir, imágenes de muestra etiquetadas por expertos. Después de deformar el atlas a la imagen de destino a través del registro deformable, se pueden transferir etiquetas directamente desde el atlas a la imagen de destino. Como extensión, la segmentación basada en múltiples atlas hace uso de más de un atlas para compensar el sesgo potencial asociado con el uso de un solo atlas y aplica la fusión de etiquetas para producir la segmentación final (Addhis Utility Frame, s.f.).

Ejemplos de atlas en segmentación de cerebros:

- MNI 152: Proporcionado por Andrew Janke, este se deriva de 152 imágenes estructurales, promediadas juntas después de un registro no lineal de alta dimensión en el sistema de coordenadas común MNI152. Corresponde al atlas "152 nonlinear 6th generation".
- Julich Brain Atlas: Un atlas probabilístico creado mediante el promedio de segmentaciones citoarquitectónicas y mieloarquitectónicas post mortem de múltiples sujetos, realizado por el equipo de Profs. Zilles y Amunts en el Centro de Investigación Jülich y proporcionado por Simon Eickhoff. El atlas contiene 52 estructuras de materia gris y 10 estructuras de materia blanca. El atlas se basa en el examen histológico microscópico y cuantitativo de diez cerebros humanos post-mortem. Los volúmenes histológicos de estos cerebros se reconstruyeron en 3D y se normalizaron espacialmente en el espacio de la plantilla de sujeto único MNI para crear un mapa probabilístico de cada área.
- ICM T2 Atlas: El atlas ICBM T2 50 es un promedio de las resonancias magnéticas ponderadas en T2 de 50 cerebros adultos jóvenes normales (distribución equitativa de género). El espacio en el que se basa el atlas es el atlas determinista ICBM 452 y no en un solo tema. Representa el volumen medio construido a partir de la posición, orientación, escala y corte promedio de los 50 sujetos individuales. El atlas, por lo tanto, es tanto un promedio de intensidades T2 como un posicionamiento espacial.
- ICBM 452 T1 Atlas: El atlas ICBM452 es un promedio de resonancias magnéticas ponderadas en T1 de cerebros adultos jóvenes normales. El espacio en el que se encuentra el atlas no se basa en un solo tema. En cambio, es un espacio promedio construido a partir de la posición, orientación, escala y corte promedio de todos los sujetos individuales. El atlas, por lo tanto, es tanto un promedio de intensidades como de posicionamiento espacial.
- Talairach Atlas: Una conversión de las etiquetas estructurales originales de Talairach, proporcionada por Jack Lancaster y Diana Tordesillas Gutiérrez en el Research Imaging Center, UTHSCSA, Texas. Esta es una versión digitalizada del atlas de Talairach original (corte grueso) (Lancaster 2000) después de la aplicación de una transformación afín de corrección (Lancaster 2007) para registrarlo en el espacio MNI152.

2.2 Tabla comparativa

		<i>FreeSurfer (Windows)</i>	<i>FreeSurfer (MacOS)</i>	<i>FSL</i>	<i>MRtrix</i>
1	Operative System	Windows 10 and Linux, 64-bit operating system, Oracle VM VirtualBox 7.0.6, Ubuntu 22.04.1	macOS Ventura 13.0.1	MacOS	MacOS Ventura 13.2.1
2	Hardware (PC, Mac or other)	Processor Intel Core i5	MacBook Air Apple M1	Mac	Procesador Inter Core i5 de dos núcleos
3	<i>Installation documentation</i>				
	a	Easy to follow?	No	Yes	Yes
	b	Did you required to use another help to install?	Yes	No	Yes
	c	If yes, which one?	Examples on the website because tutorials were only useful for Mac users		Several library downloads and Softwares like Xcode are required.
4	<i>Successful installation? Yes/No</i>		Yes	Yes	Yes
	a	How long it took?	3 hours	1 hour	2 hours
	b	How many attempts did you take to install?	4	2	4
5	<i>Test:</i>				
	a	Did you perform any test to verify the installation?	Yes	Yes	Yes
	b	If yes, what did you do?	Upload an MRI image through a database on FreeSurfer	Upload an MRI image	Upload an MRI image

6	Software features				
	a	Type of analysis (Yes/No)			
	a1	Structural or volumetric	Both	Both	Structural
	a2	Functional MRI	Yes	Yes	Yes
	a3	Tractography	Yes	Yes	Yes
	b	Visualization	Yes	Yes	Yes
	b1	2D orthogonal view	Yes	Yes	Yes
	b2	3D renderings	Yes	Yes	Yes
	b3	Other?			
	c	Atlases	Yes	Yes	No
c1	List atlases	<ul style="list-style-type: none">• MNI305• Cortical surface-based atlas<ul style="list-style-type: none">• Spherical atlas• TRACULA atlas• Desikan-Killiany cortical atlas• Destrieux cortical atlas<ul style="list-style-type: none">• DKT atlas• Volumetric atlas• Yeo 7 cortical atlas• Yeo 17 cortical atlas	<ul style="list-style-type: none">• MNI152 standard brain atlas• JHU white matter atlas• Harvard-Oxford cortical and subcortical atlases.• Oxford thalamic connectivity atlas• Oxford-GSK-Imanova structural and connectivity	This software does not count with atlases, FreeSufner atlases are usually used	

				striatal atlases <ul style="list-style-type: none"> • Talairach atlas • MNI structural atlas • Probabilistic cerebellar atlas • Subthalamic nucleus atlas • Connectivity -based parcellation atlases • Sensorimotor tracts atlas • XTRACT HCP Probabilistic Tract Atlases 	
--	--	--	--	---	--

2.3 Comentarios y validación de la instalación correcta del software

2.3.1 FreeSurfer (Windows):

La descarga de FreeSurfer en Windows fue larga debido a la instalación de Linux necesaria para que pueda instalarse el software. Se hizo la descarga de la Virtualbox y la descarga del sistema operativo de Ubuntu que se tuvo que descargar e instalar en la máquina virtual el sistema operativo de Ubuntu manualmente. Dentro de la máquina virtual se tuvo que descargar el software de FreeSurfer. Se tuvieron que ejecutar los comandos descritos en la página para descomprimir el .tar, una vez hecho eso en la terminal se tuvo que ejecutar la instalación por medio de un CSH. Una vez instalado correctamente (tiene que haber al menos 60 Gigas de espacio para que la instalación funcione), el programa marcaba un error por no tener instalado Plugins. Se tuvo que instalar los plugins de QT mediante un comando en la terminal de SUDO. Una vez hecho esto se abre el ejecutable y se abre el programa correctamente.

Para probar la instalación de FreeSurfer fue necesario cargar información ya pre-procesada guardada en archivos .mgz. Para poder cargar la información fue necesario abrir la terminal de Linux donde primero escribimos la ruta donde está instalado nuestro programa para después insertar el siguiente código para cargar la información de nuestro sujeto de prueba:

```
$> <source_freesurfer>
$> freeview -v $SUBJECTS_DIR/bert/mri/brainmask.mgz -v
$SUBJECTS_DIR/bert/mri/aseg.mgz:colormap=lut:opacity=0.2 -f
$SUBJECTS_DIR/bert/surf/lh.white:edgecolor=yellow -f
$SUBJECTS_DIR/bert/surf/rh.white:edgecolor=yellow -f
$SUBJECTS_DIR/bert/surf/lh.pial:annot=aparc:edgecolor=red -f
$SUBJECTS_DIR/bert/surf/rh.pial:annot=aparc:edgecolor=red
```

El código nos carga el siguiente sujeto de prueba en 3 diferentes planos junto con la opción de cambiar de posición en los 3 planos para mostrar diferentes zonas del cerebro del sujeto.

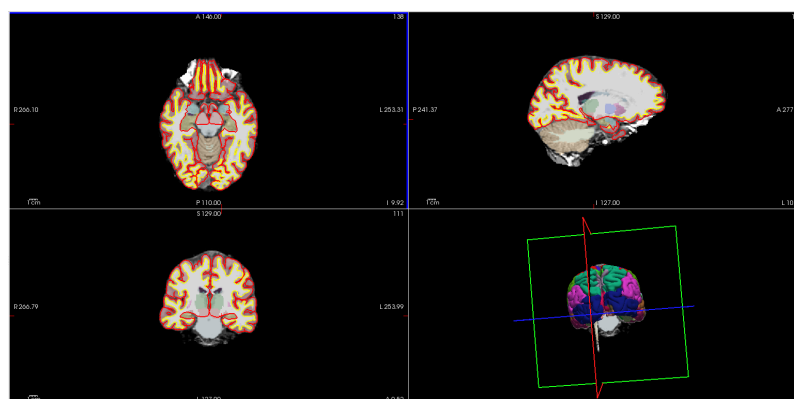


Figura 2.1. Imagen cargada de sujeto de prueba

2.3.2 FreeSurfer (MacOs)

La descarga del paquete para la instalación del software en MacOS fue larga, durando aproximadamente 2 horas para la descarga de un archivo de 5.41 GB. La instalación del software en el sistema operativo MacOS es la menos compleja de las que se realizan en otros sistemas operativos, ya que si el usuario es el administrador de la computadora simplemente tiene que descargar un archivo de instalador PKG (.pkg) que se instala como cualquier otro programa de un desarrollador confiable que no se encuentra en la App Store; no obstante, es necesaria la intervención del usuario vía Terminal en dos ocasiones, y si el usuario no tiene acceso de administrador se le suma otro paso con mayor complejidad para que se le permita la instalación utilizando un archivo TAR (.tar.gz). Una vez instalado las aplicaciones aparecerán en el Launchpad del dispositivo, listo para utilizarse.

Con el fin de validar el adecuado funcionamiento del software de segmentación, FreeSurfer, fue necesario el desarrollo de un plan, descrito por pasos, en seguida:

- Comprobar que la instalación del paquete de software se realice correctamente utilizando en la Terminal, los comandos mostrados a continuación:

```
$FREESURFER_HOME
export FREESURFER_HOME=/Applications/freesurfer/7.3.2
export SUBJECTS_DIR=$FREESURFER_HOME/subjects
source $FREESURFER_HOME/SetUpFreeSurfer.sh
```

- Si el mensaje anterior es mostrado, se procede a ejecutar el siguiente comando

```
which freeview
```

- Si se muestra un mensaje con la versión del software, se procede a ejecutar el siguiente comando:

```
freeview /Applications/freesurfer/7.3.2/subjects/bert/mri/brain.mgz
```

- En caso de que el mensaje de la Figura 2.1c sea mostrado, es necesario obtener una licencia de software a través de la [página web](#). Una vez que se tenga la licencia, es necesario ubicarla dentro de la carpeta con el nombre de la versión del software. En seguida, se vuelve a intentar la ejecución del comando previo.
- Si todo se encuentra en orden, se mostrará la siguiente pantalla con los datos de prueba que contiene el paquete de FreeSurfer por defecto.

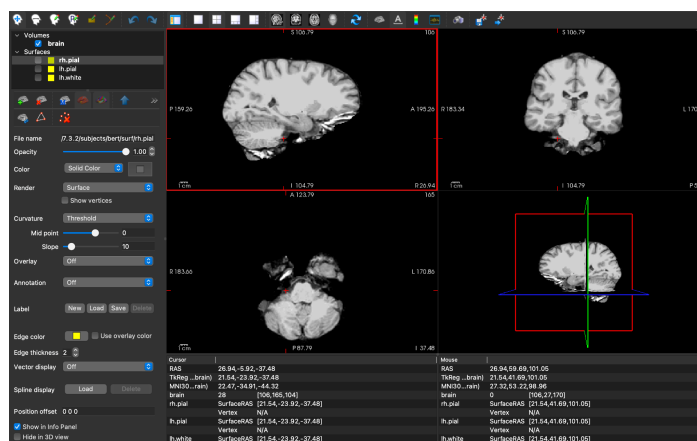


Figura 2.2 Pantalla con los datos de segmentación de los datos de prueba

2.3.3 FSL

El proceso de instalación fue confuso, en un comienzo por el tipo de instalador con el que se descarga, usualmente se usa el instalador de predeterminado, sin embargo en esta ocasión fue haciendo uso de la consola y con una función en Python. Por otra parte, se necesita descargar un software para la instalación del programa en cuestión, lo cual no se tiene que hacer con una aplicación común.

Para la validación de instalación y funcionamiento del software FSL en MacOS, se tuvo que abrir la *terminal*, e introducir la palabra *fsl*, una vez que se cargó aparece el menú principal, en el cual se debe seleccionar la opción de *FSLeyes*, para que nos abra la ventana de trabajo, después en *file* se selecciona *Add standard*, para acceder a las imágenes cargadas en el software. Una vez cargada la imagen se puede cambiar la vista por *3D View* o *Ortho View* para comenzar a trabajar con la imagen.

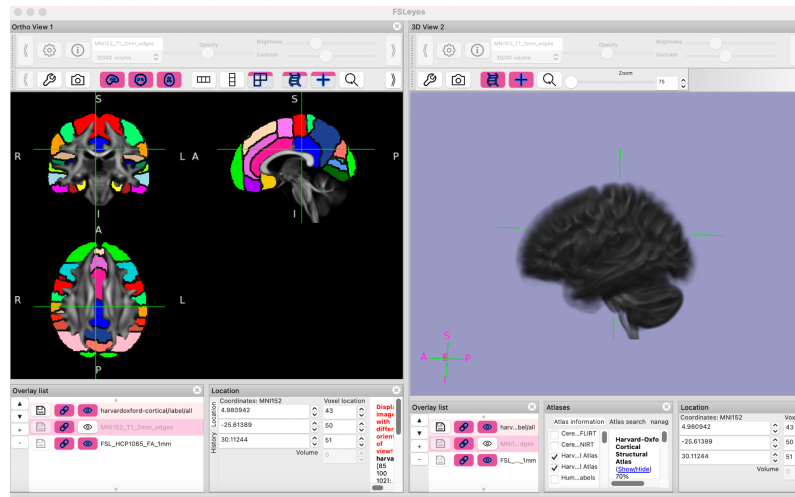


Figura 2.3 Pantalla con superficies cargadas y modificadas

2.3.4 MRTrix

MRtrix es un software que brinda herramientas para realizar varios tipos de análisis y visualización de imágenes, centrándose en la materia blanca, utilizando la funcionalidad proporcionada por Eigen y Qt. La instalación del software fué muy distinta a lo que se acostumbra, ya que no es una descarga convencional por medio de alguna marketplace. Es necesario el uso de líneas de comando por medio del emulador de Terminal que incluye el sistema operativo de la computadora con la que se esté realizando la instalación, en el caso de MacOS donde fué realizada la descarga nos da acceso a UNIX siendo la base sobre la que está escrito el sistema operativo.

Para la segmentación en MRTrix puede realizarse desde 'Terminal', haciendo conversión a .mif al archivo .nii que se está utilizando, después se utiliza el comando *dwi2response* para obtener una respuesta de difusión del tejido donde guarda la respuesta en otro archivo, posterior a esto es necesario el comando *dwi2fod* para obtener FOD, después se continúa con *mtnormalise* para normalizar la intensidad, como penúltimo paso se utiliza el comando *5ttgen* para generar la imagen de cinco tejidos a partir de la imagen normalizada y finalmente se utiliza el comando *labelconvert* para convertir la imagen de cinco tejidos en la imagen de segmentación deseada.

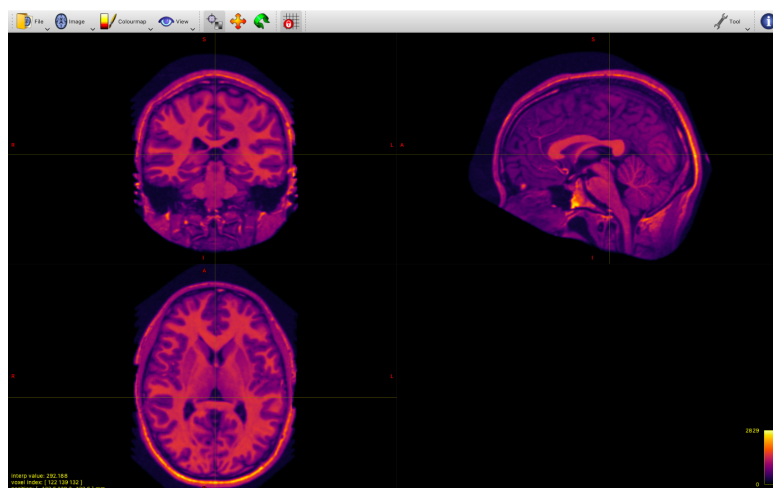


Figura 2.4 Pantalla con segmentación general.

3. Discusión

Los softwares instalados son más fáciles de instalar y requieren de menos programas adicionales. En el sistema operativo de Windows fueron necesario 3 programas adicionales para realizar la instalación. Todos los softwares fueron fáciles de instalar a excepción de FreeSurfer en windows que solo contaba la página con tutoriales útiles para Mac. El tiempo de instalación entre los softwares ronda entre 1 a 3 horas y la verificación fue hecha con el mismo proceso en los 3 softwares, la carga y visualización de una imagen de MRI. Las características descritas en la tabla comparativa fueron aprobadas por los softwares excepto MRTrix que solo cuenta con análisis

volumétrico y no estructural. Los atlas utilizados en MRTrix y FreeSurfer son los mismos ya que MRTrix no cuenta con atlas entonces este recurre a los utilizados en FreeSurfer y FSL cuenta con una lista más extensa de atlas pero que son enfocados en las mismas áreas que los otros softwares.

4. Conclusión

Azul Sofia Moctezuma Enriquez

A lo largo del curso se realizó la descarga, instalación, validación y comparación de distintos Softwares para la segmentación cerebral de un template prueba. Es fundamental el realizar una comparación para identificar fortalezas y debilidades de los diferentes softwares, esto en términos de precisión, eficiencia y capacidad de detección a lo que se desea visualizar, ya que estos tres softwares entregan una segmentación muy distinta que dependiendo a la función que le daremos a la imagen nos puede importar la segmentación si es precisa y detallada para cada estructura cerebral.

En conclusión, luego de haber evaluado las funciones utilizadas en la práctica académica, considero que la instalación del software FreeSurfer en macOS es la opción más viable. La razón principal es que su proceso de instalación es más sencillo y no requiere de instalaciones adicionales, lo que facilita su configuración. Además, el software cuenta con numerosas herramientas que son fáciles de entender y utilizar. Por otro lado, aunque MRTrix también es una herramienta útil, sus herramientas no son tan visibles como las de FreeSurfer, lo que requiere un mayor conocimiento en código abierto para poder utilizarlas.

Alexa María de León Durán

Para poder realizar una evaluación correcta de los softwares, primero se tuvo que realizar una investigación sobre ellos para conocer sus características y los atlas que manejan, después siguió el proceso de instalación del software, con esto pudimos observar cual era más conveniente en cuanto a tiempo y facilidad de instalación, finalmente se realizaron pruebas para poder conocer cuál era el software más cómodo y fácil de usar pero que cumpliera con las características básicas. Después del proceso de evaluación considero que el software más conveniente para segmentación es el FSL debido a que su proceso de instalación es sencillo y los tutoriales otorgados por el software son muy funcionales, además tiene una amplia variedad de atlas y cuenta con todas las features sugeridas.

Diego Alejandro De la Barreda Martínez

En nuestra comparación de softwares se pudo observar como todos son similares de acuerdo a sus características, tiempos de instalación y comprobación de cargas de imágenes. La instalación de softwares resulta más fácil en dispositivos Mac que en Windows al tener que descargar otros sistemas operativos para su correcta instalación. Una característica en común de estos softwares fue el uso de una gran cantidad de atlas, esto seguramente para poder crear mejores segmentaciones cerebrales más precisas y dar una mejor diagnóstico médico.

Juan Luis Flores Sánchez

Como resultado del proceso de investigación, instalación y evaluación de *software* de segmentación fue posible comparar con cada uno, sus características, funciones, requisitos de equipo y habilidades tecnológicas. La instalación del software designado fue sencilla, sin necesidad de conocimientos tecnológicos, *software* o *hardware* adicionales, es por ello que se concluye que el mejor sistema operativo para la instalación y uso de las herramientas es MacOS, con un mejor rendimiento si el equipo utiliza procesadores de la familia M de Apple. Además, es importante reconocer que cada una de las herramientas presentadas tiene disponibles recursos como volúmenes y superficies que son de utilidad para analizar imágenes médicas segmentadas.

5. Contribución De Cada Miembro:

En la Tabla 1 se establece la contribución al reto de cada miembro del equipo:

<i>Tabla 1. Integrantes, Participación y Roles en la Práctica</i>		
<i>Integrante</i>	<i>Participación</i>	<i>Rol en el Reto</i>
Diego de la Barreda	25%	FreeSurfer (Windows), Marco Teórico, Introducción
Alexa de León	25%	FSL, Comentarios e Instalación de FSL

Juan Luis Flores	25%	FreeSurfer (MacOS), Comentarios e Instalación de FreeSurfer (MacOS)
Sofia Moctezuma	25%	MRtrix, Comentarios e Instalación de MRtrix

6. Referencias

- [1]. Addthis Utility Frame - frontiers | peer reviewed articles. (n.d.). Retrieved March 3, 2023, from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fninf.2014.00007/full>
- [2]. *Atlases*. Laboratory of Neuro Imaging. (n.d.). Retrieved March 14, 2023, from <https://www.loni.usc.edu/research/atlasses>
- [3]. Sánchez, P. (2020). *DISEÑO DE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL PARA LA SEGMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS SUBCORTICALES CEREBRALES*. https://doc-14-2o-apps-viewer.googleusercontent.com/viewer/secure/pdf/m9i6o29qgqt20brr5f5r66f0d0ukfm9u/tib6qp0n1l8nrtilg2i23hgf4vfndd0n/1678822350000/lantern/03536793475311428404/ACFrOgDhRRj4B3pW1vgdMu6xV9rvLJB3ew2ir08t3HhEfpAFLD3LFxYXU8e0nr3UdfOzWMTM81dIOjk5mpNXLxfBUor9eY6XTPgzAbW5O0bNF2MwMp-xpTUhtT1oQw35XvnHROL38zn9U194R0m?print=true&nonce=hmpi5s3lv2s96&use_r=03536793475311428404&hash=lelnbusevusqvucn7krmfd68kka48knj
- [4]. Strukturelle und Funktionelle Organisation des Gehirns (INM-1). (n.d.). Retrieved March 14, 2023, from <https://www.fz-juelich.de/de/inm/inm-1>
- [5]. Tang, Y., Hojatkashani, C., Dinov, I. D., Sun, B., Fan, L., Lin, X., Qi, H., Hua, X., Liu, S., & Toga, A. W. (2010, May 15). *The construction of a Chinese MRI brain atlas: A morphometric comparison study between Chinese and Caucasian cohorts*. NeuroImage. Retrieved March 14, 2023, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2862912/>
- [6]. Templates and atlases included with FSL. Atlases - FslWiki. (n.d.). Retrieved March 14, 2023, from <https://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/Atlases>