

Título: Tractografía de estructuras subcorticales de la vía auditiva in-vivo

Paola Ocampo Luna¹, Juan Rodrigo Guerrero Morales¹, Merlin Fair¹, Cinti Carolina Carbajal Valenzuela², María Guadalupe García Gomar¹

¹ Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México

² Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Querétaro

Objetivo:

Reconstruir la vía auditiva mediante tractografía probabilística en un humano in-vivo usando Imagen de Resonancia Magnética (IRM) de 3 Teslas y un atlas recientemente desarrollado usando IRM de 7 Teslas.

Métodos:

1. Se estandarizó un protocolo de adquisición de IRM en un resonador Philips Achieva TX de 3 Teslas.
2. El protocolo de investigación fue aprobado por el comité de ética (Instituto de Neurobiología, INB)
3. Se realizó el consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue firmado por el sujeto (Femenino, 22 años de edad, diestra).
4. Se realizaron pruebas para evaluar función auditiva (Potenciales auditivos evocados), evaluación cognitiva (Montreal Cognitive Assessment), prueba de lateralidad manual (Edinburgh Handedness Inventory), pruebas de Weber y Rinne.
5. Adquisición de imágenes ponderadas en difusión (DWI) con los siguientes parámetros: $b = 1000 \text{ s/mm}^2$ con 32 direcciones diferentes, tamaño de voxel = $2.29 \times 2.33 \times 2.30 \text{ mm}^3$, y 64 direcciones diferentes con $b = 2000 \text{ s/mm}^2$, con tamaño de voxel = $2.29 \times 2.33 \times 2.30 \text{ mm}^3$, se adquirieron dos imágenes $b \sim 0 \text{ s/mm}^2$ con codificación de fase inversa y una imagen anatómica T1, tamaño de voxel = 1 mm^3 .
6. Se realizó el pre-proceso de las imágenes usando distintos softwares: DIPY, FSL, ANTS y MRtrix3. Se realizó denoising (Manjón et al., 2013), unringing, corrección de movimiento, corrección de inhomogeneidades del campo magnético (Tahedi et al., 2020). Se calculó la función de respuesta utilizando deconvolución esférica (Tournier et al., 2004).
7. La imagen T1 fue corregida para inhomogeneidades del campo magnético y se registró mediante ANTs con un mapa de anisotropía de potencia (Dell'Acqua et al., 2014) derivado de las imágenes DWI del sujeto. La matriz de transformación resultante se usó para transformar las regiones de interés de la vía auditiva del tallo cerebral y del cerebelo en espacio de difusión.
8. Se realizó tractografía probabilística de la vía auditiva utilizando regiones de interés: núcleos vestibulares (Ve), complejo olivar superior (SOC) y colículo inferior (IC) de ambos lados del tallo cerebral. Estas regiones fueron tomadas de un atlas probabilístico desarrollado previamente mediante IRM de 7 Teslas (<https://www.nitrc.org/projects/brainstemnavig/>).

Resultados:

Reconstruimos porciones relacionadas con vías de sustancia blanca de la vía auditiva tomando dos parámetros para la generación de tractos en el programa MRtrix3, el ángulo (angle) que controla la cantidad de curvatura permitida en los tractos, y el corte (cut-off) que determina cuándo un

streamline debe terminar. Estos parámetros se aplicaron para tres de los núcleos a nivel de tallo cerebral que forman parte de los relevos de la vía auditiva, bilateralmente.

Se realizaron tres tipos de comparaciones, una por los ángulos (angle) a partir de cada núcleo, la segunda entre los cortes (cut-off) y la tercera entre combinaciones de ambos parámetros.

- Ángulos: 45°, 55°, 65°, 75°, 85°, 95°
- Cut-off: 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09 mm
- Combinaciones: 0.02 mm + 45°, 0.03 mm + 45°, [...], 0.09 + 95°

Conclusiones:

La rutina de registro descrita previamente para utilizar las regiones del tallo cerebral de la vía auditiva del atlas probabilístico de 7 Teslas (García et. al, 2019) a las imágenes de 3 Teslas fue adecuada. La valoración cualitativa de la localización de estas regiones tras la familiarización de la anatomía de la vía auditiva corresponde adecuadamente a la ubicación de Ve, SOC y IC.

La tractografía demuestra la compleja conectividad de la vía auditiva, debido a decusaciones presentes en cada núcleo a partir de atlas anatómicos (Pickles 2015; Paxinos, 2012), estudios con trazadores y estudios de IRM previos (Sitek et al., 2019). Algunos factores a considerar son la pérdida e incorporación de tractos por el cumplimiento de los parámetros establecidos y el filtrado de tractos, para la interpretación de la reconstrucción de la vía auditiva.

Usando un ángulo mayor y un cut-off menor, hay mayor inclusión de líneas de corriente (streamlines) que pueden dar lugar a falsos positivos, mientras que un ángulo menor y cut-off mayor hay mayor exclusión de líneas de corriente que pueden ser evaluados. También existen ciertas combinaciones de parámetros que nos permiten obtener mayor o menor número de líneas de corriente, pero estos seguirán variando dependiendo de la anatomía y fisiología de cada uno, ejemplo de ello es el colículo inferior que requiere de un cut-off mayor (0.9 mm) para obtener más líneas de corriente, a diferencia del núcleo vestibular y el complejo olivar superior. Los ángulos permanecen dentro del mismo rango para las tres regiones de interés, entre los 45° y 55°, en general.

Referencias:

- Manjón, J. V., Coupé, P., Concha, L., Buades, A., Collins, D. L., & Robles, M. (2013). *Diffusion Weighted Image Denoising Using Overcomplete Local PCA*. *PLoS ONE*, 8 (9), e73021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073021>
- Tournier, J.-D., Calamante, F., Gadian, D. G., & Connelly, A. (2004). *Direct estimation of the fiber orientation density function from diffusion-weighted MRI data using spherical deconvolution*. *NeuroImage*, 23 (3), 1176–1185. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.07.037>
- Tahedl, M. (2020). *B.A.T.M.A.N.: Basic and Advanced Tractography with MRtrix for All Neurophiles*. *Osf.io*. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/FKYHT>
- Dell'Acqua, F., Lacerda, L., Catani, M., & Simmons, A. (2014). *Anisotropic Power Maps: A diffusion contrast to reveal low anisotropy tissues from HARDI data*. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 22. <https://archive.ismrm.org/2014/0730.html>
- García-Gomar, M. G., Strong, C., Toschi, N., Singh, K., Rosen, B. R., Wald, L. L., & Bianciardi, M. (2019). *In vivo Probabilistic Structural Atlas of the Inferior and Superior Colliculi, Medial and Lateral Geniculate Nuclei and Superior Olivary Complex in Humans Based on 7 Tesla MRI*. *Frontiers in Neurosciences*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00764>
- Pickles, J. O. (2015). *Auditory pathways: anatomy and physiology*. *Handbook of Clinical Neurology*, 129, 3–25. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00001-9>
- Paxinos, G., Huang, X.-F., Sengul, G., & Watson, C. (2012). *Organization of brainstem nuclei*. In *Faculty of Health and Behavioural Sciences - Papers (Archive)* (pp. 260–327). Amsterdam: Elsevier Academic Press. <https://ro.uow.edu.au/hbspapers/3056/>
- Sitek, K. R., Gulban, O. F., Calabrese, E., Johnson, G. A., Lage-Castellanos, A., Moerel, M., Ghosh, S. S., & De Martino, F. (2019). *Mapping the human subcortical auditory system using histology, postmortem MRI and in vivo MRI at 7T*. *ELife*, 8, e48932. <https://doi.org/10.7554/eLife.48932>

Presentación: Póster