

LAS VÍAS DEL LENGUAJE HUMANO: ESTUDIO CON TRACTOGRAFÍA POR RM, UTILIDADES Y DESAFÍOS

**Belisle Luis Ignacio
Perez Akly Manuel Sliman
Besada Cristina
Marenco Cecilia
Carvajal Sicacha Angeliet K.
Valiere Gimenez Mauricio**



HOSPITAL ITALIANO
de Buenos Aires

Objetivos

- Describir los principales tractos cerebrales de sustancia blanca implicados en la función del lenguaje.
- Conocer la información capaz de proporcionar la técnica de tractografía por tensor de difusión de resonancia magnética.
- Mencionar las utilidades en el campo clínico y de investigación de la tractografía del lenguaje.
- Aportar datos para el postproceso de imágenes de los principales fascículos a estudiar en esta técnica.

Lenguaje

El lenguaje humano, implica una compleja conexión de estímulos auditivos, con pensamientos significativos y respuestas verbales.

A nivel cognitivo, la codificación del lenguaje involucra la colaboración de la memoria, la atención y las redes auditivas, visuales y motoras.

En el siglo XIX, los modelos "neurológicos" del lenguaje se basaban en estudios de lesiones, influenciaron la comprensión temprana del lenguaje. Sin embargo, los modelos contemporáneos, basados en el comportamiento, se centran en explicar la funcionalidad lingüística.

La tractografía por tensor de difusión (DTT) de las vías del lenguaje humano es una técnica avanzada que permite visualizar y entender la conectividad de las estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento del lenguaje.

Tractos

Existen dos principales sistemas de tractos implicados en el lenguaje: las vías dorsales y las vías ventrales. Las vías dorsales están asociadas con la integración auditivo-motora y la repetición de entradas auditivas, mientras que las vías ventrales facilitan la interpretación del lenguaje hacia el pensamiento abstracto y la formulación de respuestas motoras.

Vías dorsales

La corriente dorsal se proyecta desde la corteza temporal hacia las cortezas parietal inferior y frontal posterior, y está implicado en la integración auditivo-motora, interviniendo así en el control de tareas como la repetición de una entrada auditiva. Abarcan los grandes fascículos arqueados y longitudinales superiores.

Vías ventrales

La corriente ventral se proyecta desde las áreas frontales hasta las cortezas temporales media e inferior y la corteza occipital, y funciona como un "intérprete" de las entradas del lenguaje al pensamiento abstracto y de allí a la formulación de una salida motora. Los correlatos del tracto DTI de la corriente ventral consisten en los fascículos longitudinal inferior, frontooccipital inferior y uncinado

Tractos

Se destacan los siguientes tractos de materia blanca en el procesamiento del lenguaje:

Fascículo Longitudinal Superior (FLS): Con componentes FLS I, II y III, conecta diversas áreas cerebrales para la producción y comprensión del lenguaje. Discurre por el centro semioval, por encima del plano del putamen, une los lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital del mismo lado, formando arcos sobre la ínsula.

Fascículo Arcuato (FA): Conecta la parte posterior de la unión temporoparietal con la corteza frontal.

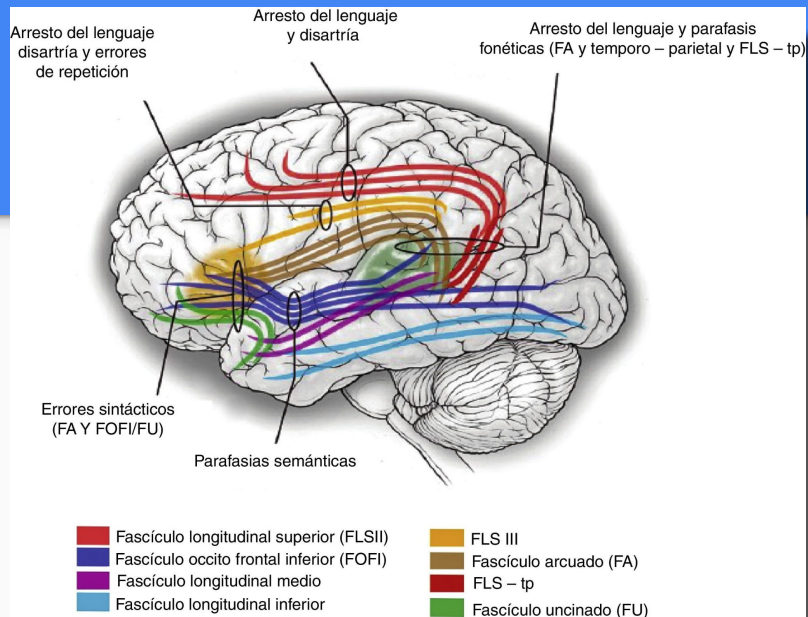
Fascículo Uncinado (FU): Un haz ventral que conecta el lóbulo temporal anterior con la corteza orbitofrontal, desempeñando un papel en la denominación de objetos y procesos semánticos.

Tractos

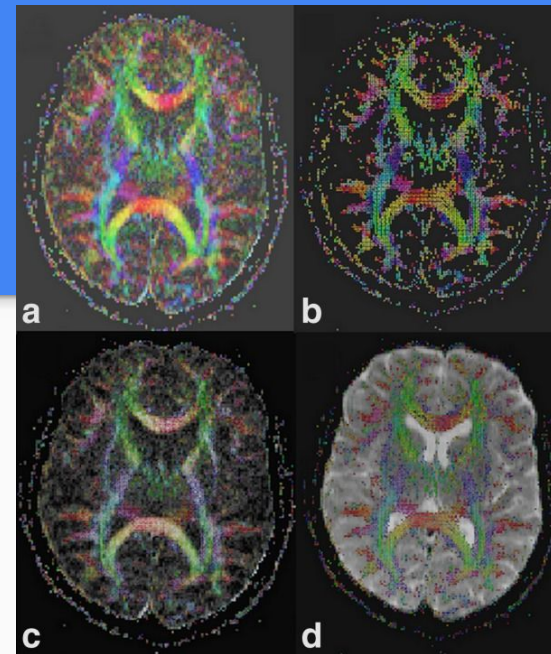
Fascículo Longitudinal Inferior (FLI): Un haz ventral que conecta los lóbulos occipital y temporal, cuyo papel en el lenguaje aún no está completamente definido, pero se asocia con funciones visuales y semánticas. Sus fibras discurren próximas a la pared lateral del ventrículo lateral

Fronto Occipito Fasciculus Inferior (FOFI): Un haz ventral que conecta el lóbulo occipital con la corteza orbitofrontal, trabajando en conjunto con otros tractos en procesos lingüísticos.

Aunque estos tractos se han asociado con trastornos neurológicos y psiquiátricos, su función precisa en el lenguaje sigue siendo objeto de investigación activa. Comprender estos componentes de la materia blanca es esencial para avanzar en el conocimiento del procesamiento del lenguaje y los trastornos relacionados.



Esquema representando los principales tractos de las vías dorsales y ventrales, con la alteración asociada a las lesiones de las mismas.



Mapas generados a partir de imágenes de tensor de difusión (DTI):

Mapas de anisotropía fraccional (AF) codificados por colores direccionales (a). Mapas tensoriales (b), mapa tensor alineado con imágenes anatómicas (c) y mapa tensor alineado con el mapa AF del mismo paciente (d)

Muthusami P., James J., Thomas B., Kapilamoorthy T.R., Kesavadas C. Diffusion tensor imaging and tractography of the human language pathways: Moving into the clinical realm.

Aplicación clínica y utilidad de la tractografía por resonancia magnética

La aplicación clínica de la tractografía por resonancia magnética (DTT) abarca múltiples utilidades, especialmente en cirugía de tumores cerebrales y epilepsia, donde permite mapear con precisión los tractos del lenguaje y evitar daños funcionales durante las intervenciones quirúrgicas

1. Aplicabilidad en Cirugía de Tumores y Epilepsia:

Preservación de la función elocuente

La DTT ayuda a comprender detalladamente las relaciones entre los tumores y los tractos del lenguaje, permitiendo definir márgenes seguros alrededor de una lesión.

Proporciona una evaluación pre e intraoperatoria de la ubicación real de los tractos funcionales.

Aplicación clínica y utilidad de la tractografía por resonancia magnética

Planificación Preoperatoria y Seguimiento Postoperatorio:

La DTT se utiliza en la planificación preoperatoria categorizando los tractos en términos de "rotura", "desplazamiento" o "desplazamiento con infiltración".

Además de la cirugía tumoral, la DTT es útil en el seguimiento de los tractos del lenguaje en lesiones de bajo grado y en el postoperatorio.

Comparación con Mapeo Electrofisiológico:

La DTT se compara favorablemente con el mapeo electrofisiológico intraoperatorio con electrodos intracraneales, proporcionando información valiosa en la planificación de resecciones y correlacionándose con la estimulación cortical intraoperatoria.

Aplicación clínica y utilidad de la tractografía por resonancia magnética

Epilepsia Lesional y Reorganización de la Red del Lenguaje:

En la epilepsia lesional, la DTT puede representar la reorganización de la red del lenguaje asociada con las epilepsias del lóbulo temporal.

La distancia de corte segura para la resección se informa según datos de DTT, y se destaca la importancia de imágenes anatómicas adicionales para evaluar riesgos de déficit neurológico.

Avances Potenciales con Resonancia Magnética Funcional:

Se argumenta que la DTT basada en resonancia magnética funcional puede proporcionar estimaciones más precisas de la ubicación de los tractos de sustancia blanca relacionados con la lesión quirúrgica de interés.

Aplicación clínica y utilidad de la tractografía por resonancia magnética

2. Lateralización del lenguaje

Broca y Wernicke reconocieron la lateralización del lenguaje, con Broca describiendo la dominancia del hemisferio izquierdo en pacientes diestros. La creencia popular inicial era que el hemisferio derecho era dominante en pacientes zurdos.

Hallazgos de Imágenes Funcionales:

Estudios recientes utilizando resonancia magnética funcional han confirmado la lateralización del lenguaje, mostrando que la mayoría de los diestros tienen el hemisferio izquierdo dominante, mientras que los zurdos muestran patrones más variables, incluyendo dominancia bilateral y del hemisferio derecho.

La TDT, al proporcionar un método no invasivo para estudiar la conectividad cerebral, ofrece un marco estructural para comprender la asimetría funcional.

Se han identificado asimetrías estructurales sutiles a través de la TDT

Aplicación clínica y utilidad de la tractografía por resonancia magnética

Complejidad de la Conectividad del Lenguaje:

La TDT ha revelado vías "directas" e "indirectas" en la conectividad del lenguaje, sugiriendo una mayor complejidad en la conectividad entre las regiones de los lóbulos frontal y temporal de lo que se pensaba anteriormente.

Comparaciones Cuantitativas en la TDT:

Se pueden realizar comparaciones cuantitativas en la TDT utilizando medidas como el volumen del tracto, la densidad de las fibras y la fracción de anisotropía media (FA media).

Importancia de la Integración de Datos:

La variabilidad individual en el procesamiento del lenguaje destaca la importancia de combinar la TDT con resonancia magnética funcional para una localización precisa de la corteza funcional relevante antes de intervenciones quirúrgicas en el hemisferio dominante.

En resumen, la combinación de técnicas avanzadas como la TDT y la resonancia magnética funcional ha permitido una comprensión más completa y detallada de la lateralización del lenguaje en el cerebro humano.

Aplicación clínica y utilidad de la tractografía por resonancia magnética

3. Neuroplasticidad

Capacidad del sistema nervioso para reorganizarse en respuesta a estímulos, se considera "adaptativa" cuando se asocia con una ganancia de función y "desadaptativa" cuando se asocia con una pérdida de función. Se destaca la importancia de seguir de forma no invasiva los cambios morfológicos en el cerebro, lo cual puede tener implicaciones significativas para la neurociencia cognitiva.

Reorganización Cortical Después de Lesiones

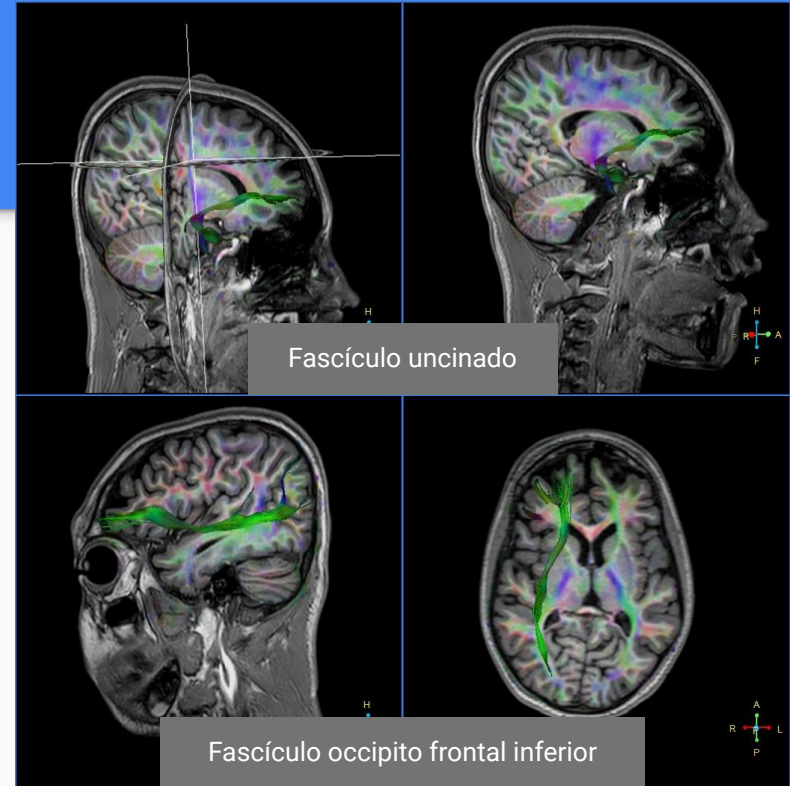
Después de lesiones en áreas del lenguaje, se observa reorganización cortical que puede ser ipsilateral o contralateral, o ambas.

Plasticidad del Lenguaje Posquirúrgico

Aunque la plasticidad del lenguaje posquirúrgico es reconocida, tiene poca representación en la literatura clínica de neuroimagen.

Tractografía

Es fundamental la correcta reconstrucción de las fibras en cuestión para lograr una “disección” de las mismas, que permita obtener la información adecuada para su evaluación. Este proceso varía entre los diferentes equipos y software. Se proporcionan datos de uso general para ayudar a la reconstrucción de los tractos a través de imágenes TDT, con la colocación de ROIs.



Tractografía

Fascículo longitudinal inferior

Dos ROI 1) En coronal a nivel del borde posterior del del cíngulo, que incluye la primera ROI en la sustancia blanca occipital medial

2) el corte coronal más posterior, que incluye todo el lóbulo temporal, y se dibuja la segunda ROI en el haz verde en la cara lateral más alejada del estrato sagital.

Fascículo occipito frontal inferior

Dos ROI 1) se selecciona un corte coronal en el punto medio entre el borde posterior del cíngulo y el borde posterior del surco parietooccipital

2) se selecciona un corte coronal en el borde anterior de la rodilla del cuerpo calloso. En ambas secciones, el haz puede verse como un haz verde en las regiones frontal y occipital medial.

Tractografía

Fascículo longitudinal superior y fascículo arcuato

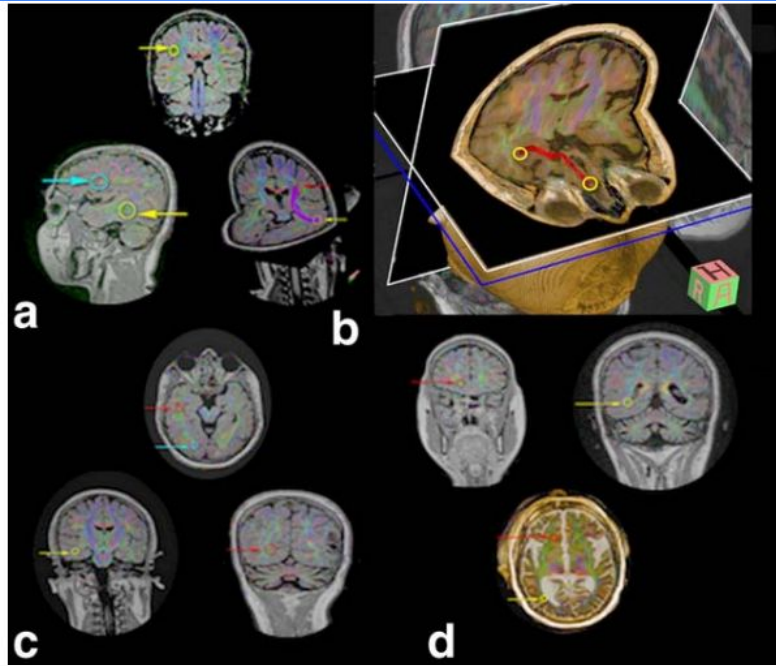
Dos ROI 1) el primer se dibuja en el giro frontal inferior y/o medio en una sección corona
2) en una región que incluye el giro temporal posterior superior en un corte sagital del mapa de color DTI.

ROI único En una región seleccionada en sección coronal en la que el fórnix se puede identificar como una estructura hiperintensa única. Aquí las proyecciones se ubican superiores al estrato sagital y se ven como haces verdes laterales a la corona radiada azul

Fascículo uncinado

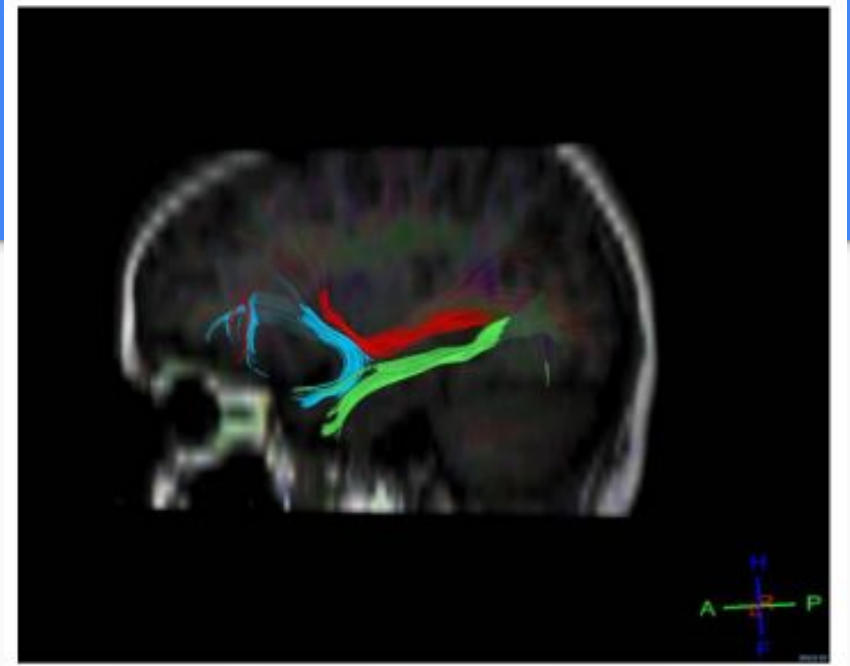
Se selecciona el corte coronal más posterior en el que se separa el lóbulo temporal del lóbulo frontal

Dos ROI 1) lóbulo temporal anteroinferior
2) la cara posterior de la región orbitofrontal lateral en un corte coronal.



Ubicación de la región de interés para generar los tractos lingüísticos. Fascículo longitudinal superior y fascículo arqueado (a), fascículo uncinado (b), fascículo longitudinal inferior (c) y fascículo frontooccipital inferior (d).

Muthusami P., James J., Thomas B., Kapilamoorthy T.R., Kesavadas C. Diffusion tensor imaging and tractography of the human language pathways: Moving into the clinical realm.



Tractografía de encéfalo que muestra el fascículo longitudinal inferior (verde), fascículo frontooccipital inferior(rojo) y fascículo uncinado (azul).

Mileo, F.G.; Peralta, J.R.; Bertón, P.I.; Romano Barrera, F.E.; Muñoz, D. Más allá de Broca y Wernicke: Conexiones subcorticales en imágenes in vivo y estudios funcionales.

Conclusión

La tractografía de las vías del lenguaje es una herramienta prometedora que continúa evolucionando, proporcionando información clave para la comprensión de la función cerebral y la mejora de los tratamientos neurológicos.

El médico radiólogo presenta un rol fundamental en la valoración de estas vías a través de los estudios no invasivos, y es importante que conozca la variabilidad de los equipos y software con los que interactúa, para lograr su correcto uso y poder aprovechar las posibilidades ofrecidas por las técnicas vigentes.

Con nuevos desarrollos en modelos de datos y software que superan los límites del rendimiento de la tractografía, se espera lograr eventualmente una técnica de disección in vivo no invasiva de tractos de materia blanca.

Bibliografía

Muthusami P., James J., Thomas B., Kapilamoorthy T.R., Kesavadas C. Diffusion tensor imaging and tractography of the human language pathways: Moving into the clinical realm. J. Magn. Reson. Imaging. 2014;40:1041–1053. doi: 10.1002/jmri.24528.

Mileo, F.G.; Peralta, J.R.; Bertón, P.I.; Romano Barrera, F.E.; Muñoz, D. Más allá de Broca y Wernicke: Conexiones subcorticales en imágenes in vivo y estudios funcionales. Rev. Argent. Anat. Online 2014; 5(3):84-91.

Nucifora PGP, Verma R, Lee SK, Melhem ER. Diffusion-tensor MR imaging and tractography: exploring brain microstructure and connectivity. Radiology 2007; 245: 367–384.