

UTILIDAD EDUCATIVA Y DIAGNÓSTICA DE LA TRACTOGRAFÍA.

MÉD. MANUEL MARTÍNEZ*¹, PROF. MÉD. ALBERTO GIANNELLI*²,
PROF. MÉD. SERGIO MOGUILLANSKY*³, SRITA. DÉBORAH EGEA*⁴,
SRITA. GABRIELA CLAS*⁵ & SR. LUCAS FERREYRA*⁶.

Cátedra de Anatomía e Imágenes Normales, Facultad de Ciencias Médicas,
Universidad Nacional del Comahue, Cipolletti, Provincia de Río Negro, Argentina.

E-Mail de Contacto: anatounco@gmail.com

Recibido: 08 – 02 – 2010

Aceptado: 25 – 02 – 2010

Revista Argentina de Anatomía Online 2010, Vol. 1, N°1, pp. 28 –30.

RESUMEN

La resonancia magnética es efectiva para localizar lesiones intracraneales, actualmente las neuroimágenes pueden mostrar función cerebral. Las imágenes con tensor de difusión (ITD) cuantifican el grado de anisotropía de los protones de agua en los tejidos. La anisotropía es la propiedad del tejido cerebral que depende de la direccionalidad de las moléculas de agua y de la integridad de las fibras de sustancia blanca.

La tractografía es la representación 3D de las ITD y se grafican por medio de un mapa de color. Así, los haces comisurales aparecen de color rojo; las fibras de dirección ántero-posterior son verdes y los tractos del eje rostro-caudal son azules. Esta nueva modalidad de imágenes ha despertado interés y expectativas sobre su utilidad diagnóstica y pronóstica.

El objetivo del presente trabajo consiste en destacar la utilidad del método para la enseñanza. Analizar la contribución de la tractografía a la información de integridad y función de los tractos de la sustancia blanca normal. Destacar su utilidad como método de diagnóstico no invasivo.

Se analizan los estudios de difusión por tensión obtenidos por un resonador de 1.5T, GENERAL ELECTRICS, utilizando 25 direcciones en diez voluntarios normales. Discusión: En todos los casos se visualizaron los tractos de la sustancia blanca cerebral.

La difusión por tensión – tractografía- es de gran utilidad para valorar los fascículos, e incluso estudiar su estado funcional.

PALABRAS CLAVE: Difusión por tensión, haces elocuentes, tractografía.

ABSTRACT

MRI is highly effective for localizing intracranial lesions and currently neuroimages can show brain function. Images from Diffusion Tensor Imaging (DTI) quantify the degree of anisotropy of the water protons on tissues. Anisotropy is the property of the brain tissue that depends on the directionality of water molecules and the integrity of white matter fibres.

Tractography is the 3D representation of DTI and is plotted with a color map. Thus, commissural bundles appear red, the fibers of anterior-posterior direction appear green, and the tracts of the rostro-caudal axis appear blue. This new imaging modality has raised interest and expectations in terms of its potential utility for both diagnosis and prognosis.

The aim of this paper is to highlight the method's usefulness for teaching, to analyze the contribution of tractography to the information of integrity, and function of the tracts in the normal white matter, and to highlight its usefulness as a noninvasive diagnostic method.

Diffusion Tensor Imaging studies performed by a 1,5T General Electrics resonator are analyzed, using 25 directions on 10 normal volunteers. Discussion: on every case the white matter brain tracts were visualized.

Diffusion Tensor Imaging (tractography) is of great value to the study fascicles and even for to study their functional state.

KEY WORDS: Diffusion Tensor Imaging (DTI), eloquent bundles, tractography.

*AUTORES: *^{1,3,4,5,6} Cátedra de Anatomía e Imágenes Normales, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional del Comahue, Cipolletti, Río Negro, Argentina. *² Profesor Titular de la Cátedra de Anatomía e Imágenes Normales, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional del Comahue, Cipolletti, Río Negro, Argentina; Presidente del XLVII Congreso Argentino de Anatomía; Vocal Titular Asociación Argentina de Anatomía; Editor Honorario Rev.Arg.Anat.Onl.

INTRODUCCIÓN.

Las imágenes convencionales de resonancia magnética son un método efectivo para la detección y localización de lesiones intracraneales, actualmente las neuroimágenes pueden mostrar fisiología y función cerebral normal y anormal.

Las imágenes con tensor de difusión (ITD) constituyen un método relativamente nuevo de resonancia magnética (IRM) que permite cuantificar el grado de anisotropía de los protones de agua en los tejidos (Salgado-Pineda y Vendrell, 2004).

La anisotropía es la propiedad del tejido cerebral normal que depende de la direccionalidad de las moléculas del agua y de la integridad de las fibras de sustancia blanca. Los tractos muy densos muestran un mayor grado de anisotropía, mientras que la sustancia gris tiene menor grado respecto de la sustancia blanca. La

anisotropía fraccional (AF) es una variable numérica cuyos valores oscilan entre 0 (máxima isotropía, tal como la observada en espacios subaracnoideos y ventrículos normales donde el agua se moviliza libremente) y 1 (máxima anisotropía por restricción en el movimiento del agua tisular) (Meli y col., 2005; Romero y col., 2008; Romero y col., 2008).

La tractografía es la representación 3D de las ITD y se puede graficar por medio de un mapa de color obtenido a partir de la direccionalidad del desplazamiento de las moléculas del agua a lo largo de los tractos de sustancia blanca, y en los tres ejes del espacio: "X" derecha-izquierda, "Y" antero-posterior y "Z" rostro-caudal. Entonces, por convención se los denominó tractos del eje "x" ó comisurales, que aparecen de color rojo (como por ejemplo las fibras callosas); tractos del eje "y", que representan fibras de conexión interlobar y tienen tonalidad verde; y finalmente los tractos

del eje "z" que son azules como, por ejemplo, el haz piramidal (Meli y col., 2005; Romero y col., 2008; Romero y col., 2008).

Esta nueva modalidad de imágenes, y las prime-ras experiencias realizadas con ITD han despertado interés y expectativas sobre su utilidad diagnóstica y pronóstica en el accidente cerebrovascular, la esclerosis múltiple, injuria axonal difusa, así como también en ciertas enfermedades mentales, y particularmente en el estudio de los tumores cerebrales.

Los objetivos de la presente comunicación son destacar la utilidad del método para la enseñanza, analizar la contribución de la tractografía a la información de integridad y función de los tractos de la sustancia blanca normal y reafirmar su utilidad como método de diagnóstico no invasivo.

MATERIALES Y MÉTODO.

Para la realización del presente trabajo se utilizó un Resonador de 1.5T, marca GENERAL ELEC-TRICS mediante el cual, utilizando 25 direcciones, se obtuvieron las imágenes presentadas.

Se realizaron 10 tractografías a voluntarios sanos de entre 20 y 50 años, previo consentimiento escrito y aprobación del comité de ética del departamento de docencia e investigación. Ninguno de ellos poseía antecedentes de enfermedad neurológica ni trauma de cráneo.

Posteriormente, se analizaron y utilizaron las imágenes planares (axiales, coronales y sagitales) y reconstrucciones tridimensionales, particularmente del haz corticoespinal, del cuerpo calloso y el fascículo frontotemporoccipital.

Se presentan además 2 casos patológicos como ilustración sobre su utilidad en la práctica clínica, un caso de esquiscencefalia y otro de hidrocefalia.

DISCUSIÓN.

La policromía producida por las imágenes con tensor de difusión permite una visualización rápida y sin precedentes de los tractos de sustancia blanca en el ser vivo. Debido a la complejidad de estos mapas, su correcta interpretación requiere del conocimiento anatómico de los tractos de sustancia blanca cerebral (Jellison y col., 2004).

En esta comunicación, se pueden observar morfológicamente los fascículos ó haces elocuentes más importantes, ya sea en los cortes axiales, coronales y sagitales como en las reconstrucciones tridimensionales.

El análisis de las imágenes planares y reconstrucciones tridimensionales permite demostrar que existe diferencia entre las de los individuos sanos y las que tienen patología (Martínez y col., 2007).

En uno de nuestros casos patológicos, se observa el desplazamiento de los haces producto de la hidrocefalia (ver Figs. 2 y 3).

De esta forma, a partir de las imágenes se pueden describir propiedades locales de los tejidos como son su geometría y orientación espacial, y a través de estas es posible inferir, entre otras cosas, propiedades de la conducción eléctrica. La matriz de conectividad anatómica obtenida con el método al estimar la

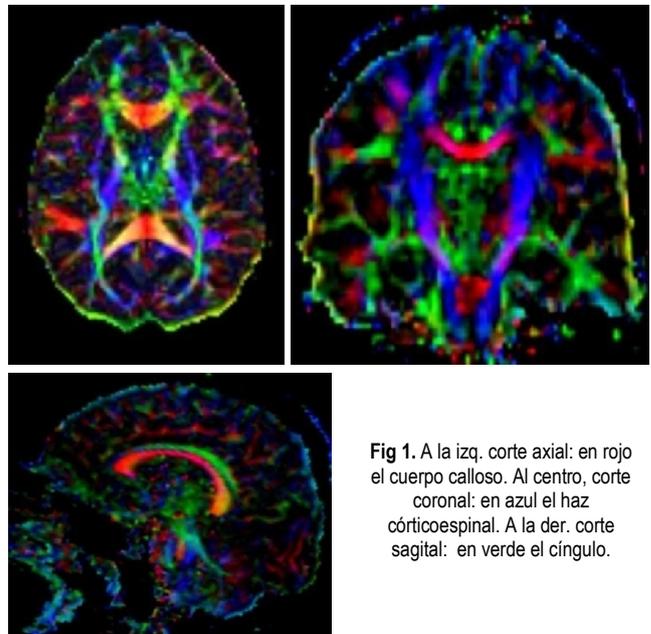


Fig 1. A la izq. corte axial: en rojo el cuerpo calloso. Al centro, corte coronal: en azul el haz corticoespinal. A la der. corte sagital: en verde el cíngulo.

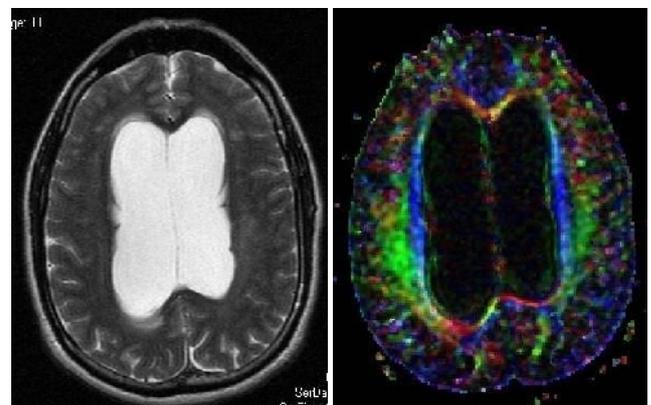


Fig 2. Hidrocefalia en RNM y Tractografía. En azul, el haz corticoespinal.

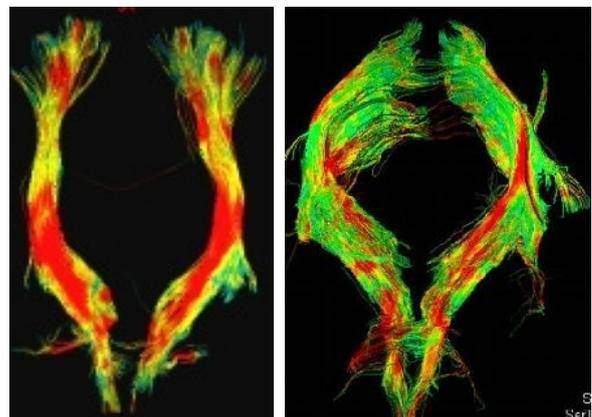


Fig 3. A la izq., haz corticoespinal con topografía de descenso normal. A la der., haz corticoespinal con topografía alterada por hidrocefalia.

trayectoria de fibras, permite que pueda emplearse como información adicional para estimación de la conectividad funcional (Martínez Montes y col., 2006).

Queda claro, entonces, que las nuevas técnicas en resonancia magnética van más allá de las imágenes estructurales y en la actualidad contamos con imágenes que se basan en la difusibilidad del agua (Gálvez, 2007).

En el ejemplo siguiente, queda claramente de manifiesto la destrucción de los fascículos por esquiscencefalia (ver Fig. 4).

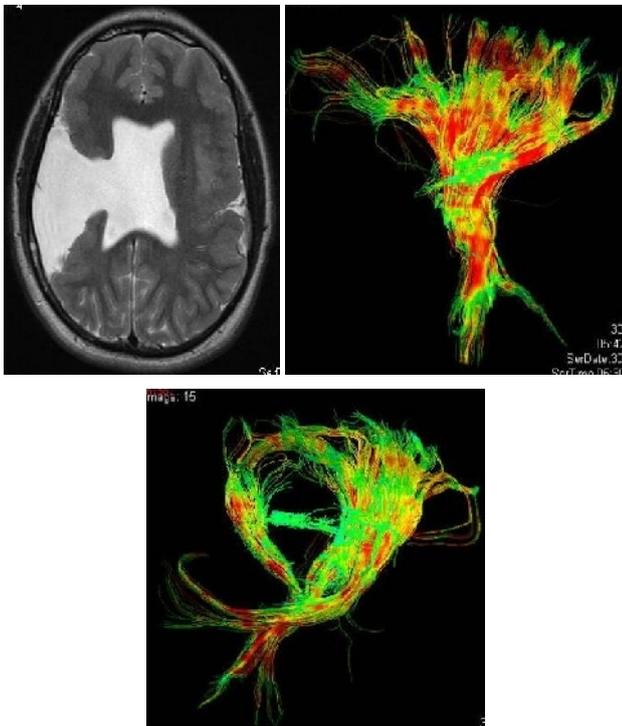


Fig 4. A la izq. Esquiscencefalia por RNM. Al centro, haz córticoespinal normal. A la der., haz córticoespinal alterado por defecto en la organización cortical.

Este nuevo método para la caracterización de la anisotropía de las fibras nerviosas de la sustancia blanca permite obtener la función de distribución global de las fibras nerviosas en todo el cerebro y, a través de ella, medidas de conectividad anatómica entre distintas zonas de la corteza cerebral. Esto posibilita el desarrollo del mapeo del cerebro humano y, desde el punto de vista clínico, el reconocimiento de anomalías en la función de distribución de las fibras nerviosas permite detectar posibles enfermedades cerebrales (Canales Rodríguez y Melie García, 2006).

CONCLUSIONES.

El hecho de que la tractografía permita una inmejorable visualización de los haces de sustancia blanca hace deseable su uso como técnica de estudio por imágenes dado su carácter no invasivo.

Las imágenes de difusión por tensión deben ser consideradas una herramienta muy útil para la enseñanza de la anatomía ya que permiten confeccionar el trayecto de las fibras nerviosas y, de esta manera, tener una clara representación de la dirección, volumen y características de los tractos.

Asimismo, la tractografía, es de gran utilidad no sólo para valorar los fascículos ó haces elocuentes, sino también para estudiar su estado funcional (fracción anisotrópica).

Finalmente, la comparación entre patrones normales y anormales de conectividad anatómica puede proveer información para aplicaciones clínicas en trastornos cerebrales y, al mismo tiempo, para explicar y entender las bases morfológicas de los síndromes neurológicos resultantes.

BIBLIOGRAFÍA.

Canales Rodríguez, E.; Melie García, L. Caracterización de la anisotropía orientacional intravoxel de las fibras nerviosas en la sustancia blanca del cerebro. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 2006; 37(4).

Gálvez, M. Avances en Resonancia Magnética. *Rev. Med. Clin. Condes* 2007; 18(3): 254-262

Jellison, B.J.; Field, A.S.; Medow, J.; Lazar, M.; Salamat, M.S.; Alexander, A.L. Diffusion Tensor Imaging of Cerebral White Matter: A Pictorial Review of Physics, Fiber Tract Anatomy, and Tumor Imaging Patterns. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2004; 25: 356-369.

Martínez, M.; Prosen, A.; Castillo, C.; Morales, C.J.; Bruno, C. Fisiología cerebral por imágenes: Difusión por tensión-Tractografía. *Rev. Argent. Neuroc.* 2007; 21: 59.

Martínez Montes, E.; Lage Castellanos, A.; Canales Rodríguez, E.; Iturria Medina, Y.; Valdés Sosa, P.A. El cerebro como sistema complejo: estimación de la conectividad cerebral. *Rev. Cub. Física* 2006; 23(2): 97-106. ISSN 0253-9268.

Meli, F.; Romero, C.; Carpintero, S.; Salvático, R.; Lambre, H.; Vila, J. Imágenes con tensor de difusión en resonancia magnética. Aplicaciones clínicas. *Rev. Argent. Radiol.* 2005; 69: 69-75.

Romero, C.; Ghisi, J.P.; Mazzucco, J.; Ternak, A. Imágenes con Tensor de Difusión en Resonancia Magnética *Rev. Argent. Neuroc.* 2007; 21: 49.

Romero, C.; Yañez, P.; Calva, J.; De Pino, G.; Meli, F. Imágenes con tensor de difusión en Resonancia Magnética. Principios básicos y aplicaciones clínicas. *Arch. Neurol. Neuroc. Neuropsiquiatr.* 2008; 15(2): 25-29.

Salgado-Pineda, P.; Vendrell, P. La imagen por resonancia magnética en el estudio de la esquizo-frenia. *Anales de Psicología* 2004; 20(2): 261-272.

Comentario sobre el trabajo: UTILIDAD EDUCATIVA Y DIAGNÓSTICA DE LA TRACTOGRAFÍA.



DR. NÉSTOR FLORENZANO

Integrante del Consejo Científico de la Revista Argentina de Anatomía Online.
Subdirector del Instituto de Morfología J.J. Naón, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires.

**Revista Argentina de Anatomía Online 2010,
Vol. 1, N°1, pp. 30.**

Los autores ponen de manifiesto en esta presentación, la utilidad de las imágenes Tensor de Difusión (como secuencia específica en los exámenes de RMI) en el vivo y en especial el modo Tractografía para la visualización, estudio y capacidades diagnósticas y educativas del mismo.

Dado que es una técnica novel en el estudio del SNC del ser humano vivo, desarrollada en forma significativa en la última década, se han realizado grandes aportes al estudio y mapeo de la disposición y dirección anatómica, relaciones, conductividad y plasticidad de los tractos de sustancia blanca en el Neuroeje.

Es importante la adaptación a este nuevo método y sus relaciones con las otras técnicas empleadas durante un examen de RMI, para lo cual los autores enfatizan las características físicas en la producción de dichas imágenes (anisotropía, difusión de las moléculas de agua, elasticidad y direccionalidad, etc) y la ejemplificación con casos patológicos de correlación.

Por último, el aporte de la comunicación a la enseñanza anatómica nos muestra una gran herramienta ya que con este tipo de técnicas no invasivas se pueden valorar los caracteres morfológicos, funcionales y de aplicación médica a diferentes situaciones.

Dr. Néstor Florenzano
Integrante del Consejo Científico