

Cuantificación de los parámetros de anisotropía fraccional y coeficiente aparente de difusión en los tractos asociados al modelo clásico del lenguaje.

Fernando Villanueva Junes¹, Pilar Dies², Juan Carlos García², Eduardo Barragán² & Silvia Hidalgo Tobón^{1,2}.

¹Departamento de Física, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Ciudad de México.

²Departamento de Imagenología, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México.

Introducción.

Mediante las imágenes por difusión ponderada y el tensor de difusión es posible calcular el Coeficiente Aparente de Difusión (Apparent Diffusion Coefficient ADC) y la anisotropía fraccional (Fractional Anisotropy FA), estos parámetros cuantifican la difusión y la direccionalidad que siguen las moléculas de agua extracelular en el cuerpo humano. La difusión se puede ver afectada por distintos factores: modificaciones en la relación núcleo-citoplasma o cambios en el espacio intersticial, estos pueden cambiar la densidad celular y su viscosidad.

El lenguaje por otra parte, es una característica que nos define como seres humanos, pensar en un mundo carente de él nos podría conducir a una realidad radicalmente distinta. Esta compuesto de varios niveles funcionales: fonemas, morfemas, palabras y oraciones. Su característica primordial, es que mediante un conjunto finito de sonidos (fonemas) podemos realizar una infinidad de combinaciones a las cuales les asignamos un significado, es decir a través de distintos fonemas y reglas de combinación es posible generar palabras (morfemas), estos combinados con otras palabras pueden generar oraciones.

El modelo clásico del lenguaje considera dos áreas involucradas: Broca asociada con la producción del habla y Wernicke asociada a la comprensión, ambas zonas se conectan mediante un cumulo de fibras llamado "fascículo arqueado" la interrupción de esta vía genera desordenes conocidos como afasias.

Mediante las técnicas de imagenología antes mencionadas obtuvimos los valores de ADC y FA (generalizados) para ambas áreas sobre una muestra de 34 pacientes sanos entre 4 y 14 años.

Objetivo.

Los problemas en el desarrollo del lenguaje se han incrementado en años recientes, se estima que solo en México el siete por ciento de los niños presenta alteraciones del lenguaje. La caracterización de los valores de ADC y FA asociados al área de Broca y Wernicke propuestas por el modelo clásico pueden permitir en un mediano plazo detectar anomalías en el sistema del lenguaje pudiéndose utilizar para un diagnóstico temprano. Por esta razón nuestro primer objetivo es caracterizar ambos parámetros en pacientes sanos que permita establecer valores de control.

Difusión.

La técnica de imágenes por difusión, nos proporciona imágenes "in vivo" de tejidos biológicos sensibles a la difusión local característica de las moléculas, principalmente de agua. Utiliza el comportamiento de los protones en éstas, para generar contrastes a nivel clínico.

La aplicación de un gradiente lineal, provoca que los protones precesen a tasas distintas, provocando una pérdida de fase y por lo tanto de señal. La aplicación de un segundo gradiente en dirección opuesta vuelve a colocar en fase los espines. Sin embargo para localizar la atenuación de la señal, además de los dos gradientes es necesario utilizar otros pulsos que sondeen el movimiento de las moléculas. Esta combinación no es trivial y para ello utilizamos una simplificación establecida por Le Bihan en la que todos los términos cruzados de los gradientes se introducen en un factor b, lo cual nos permite usar la siguiente ecuación:

$$S_i = S_0 e^{-b \cdot ADC_i} \quad (1)$$

Donde S_i es la intensidad de la señal con el gradiente aplicado y S_0 es la intensidad de la señal sin la aplicación del gradiente. A partir de los valores propios del tensor de difusión podemos calcular la FA mediante la relación:

$$FA = \frac{\sqrt{(\lambda_1 - \lambda_2)^2 + (\lambda_2 - \lambda_3)^2 + (\lambda_3 - \lambda_1)^2}}{\sqrt{2} \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2}} \quad (2)$$

Del tensor de difusión se obtiene información estructural del tejido así como de su estado fisiológico⁵.

Metodología.

Analizamos 34 pacientes entre 4 y 14 años. Las imágenes fueron obtenidas con un escáner de 1.5 T, con un sistema de gradientes NOVA. Antena de cráneo con tecnología SENSE y 8 canales para imágenes rápidas con una secuencia de eco rápido plana, las imágenes por difusión ponderada cubrieron todo el cerebro. TR = 7711ms, longitud del tren de eco 63, ángulo de giro 90, b=1000, Matriz de adquisición de 124x124, 15 direcciones de gradientes no colineales con supresión de grasa y brecha de 2mm. Corrientes espurias corregidas mediante el software FSL, caracterización de los tractos y medición de ADC y FA generalizados utilizando el software MedInria. El estudio fue aprobado por la Junta de Revisión Ética del Hospital Infantil de México, Federico Gómez.

Resultados.

La tabla 1, muestra los coeficientes de correlación para el ADC y FA en ambos hemisferios. Los valores asociados a las zonas segmentadas muestran una correlación significativa en todas ellas, por encima de 0.6. El coeficiente más alto se obtuvo para el ADC de Wernicke y Broca en el hemisferio izquierdo, muy cerca de éste, se encuentran sus contrapartes en el hemisferio derecho.

Las figuras 1 y 2 muestran los tractos asociados a las segmentaciones realizadas utilizando MedInria.

-Mientras que las gráficas 1 y 2, nos permiten apreciar el intervalo característico obtenido para el ADC, en un rango de 1.9 a 2 mm²/s, mientras que para la FA el valor oscila cerca a las 0.4 unidades arbitrarias.

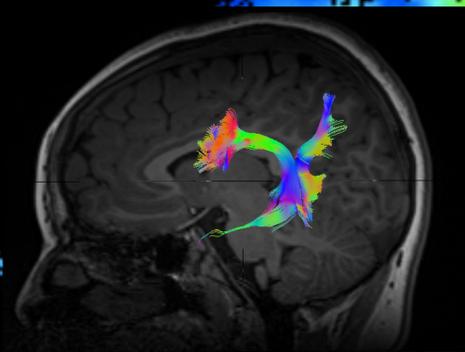


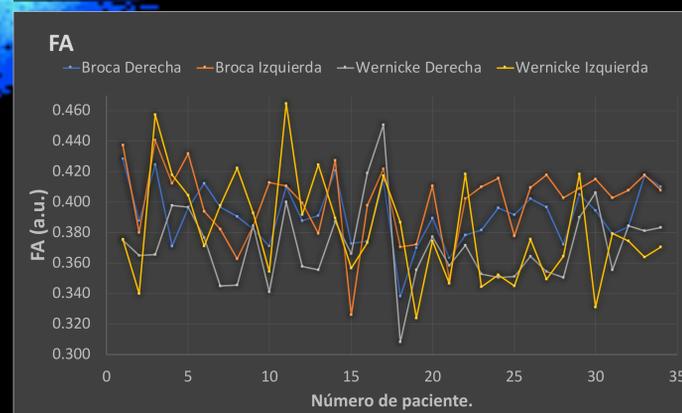
Fig. 1: Tractos correspondientes al hemisferio izquierdo.



Fig. 2: Tractos correspondientes al hemisferio derecho.

Zona 1	Zona 2	Coefficiente de correlación
Broca Derecha ADC	Broca Izquierda ADC	0.605
Broca Derecha ADC	Wernicke Derecha ADC	0.715
Broca Derecha ADC	Wernicke Izquierda ADC	0.656
Broca Derecha FA	Broca Izquierda FA	0.606
Broca Izquierda ADC	Wernicke Izquierda ADC	0.841
Wernicke Derecha ADC	Wernicke Izquierda ADC	0.599

Tabla 1: Coeficientes de correlación.



Gráfica 1: Valores de FA en la muestra de pacientes.



Gráfica 2: Valores de ADC en la muestra de pacientes.

Discusión y Conclusiones.

La producción del habla se desarrolla simultáneamente con su percepción¹⁰, además los patrones del habla y motores adquiridos en las primeras semanas, persisten para toda la vida y por ello son de suma importancia. Los infantes organizan los sonidos del habla en categorías, basadas en las unidades fonéticas más frecuentes de su idioma. Estandarizar valores para la FA y ADC, puede ser de suma utilidad en el estudio de desordenes presentes en el desarrollo del lenguaje.

Agradecemos a los técnico Porfirio Ibáñez y Manuel Obregón por su colaboración en este trabajo.

Contacto.

fernando_8808@hotmail.com

shidbon42@gmail.com

1 P. Mukherjee, J.I. Bermann, S.W. Chung, C.P. Hess, R.G. Henry, Diffusion Tensor MR Imaging and Fiber Tractography: Theoretic Underpinnings, Physics Review 2008.
 2 Small, S. L., Hickok, G., The neurobiology of language. In Neurobiology of Language pp. 3-9, 2015.
 3 M. F. Glasser and J. K. Rilling, "DTI tractography of the human brain's language pathways", Cereb. Cortex, vol. 18, no. 11, pp. 2471 - 2482, 2008.
 4 Barragan, P. E., Lozano, S. S. Identificación temprana de trastornos del lenguaje. Revista Médica Clínica Las Condes, 22(2):227-232, 2011.
 5 R. Bitar, G. Leung, R. Perng, S. Tadros, A. R. Moody, J. Sarrazin, C. McGregor, M. Christakis, S. Symons, A. Nelson, and T. P. Roberts, "MR Pulse Sequences: What Every Radiologist Wants to Know but Is Afraid to Ask," RadioGraphics, vol. 26, no. 2, pp. 513-537, 2006.
 6 Denis Le Bihan, Apparent Diffusion Coefficient and Beyond: What Diffusion MR Imaging Can Tell Us about Tissue Structure, Radiology, Volume 268, Number 2, 2013.
 7 Pierre Fillard, Jean-Christophe Souplet, Nicolas Toussaint, Medical Image Navigation and Research Tool by INRIA, 2009.
 8 Masazumi FUJII, Satoshi MAESAWA, Sumio ISHIAI, Kenichiro IWAMI, Miyako FUTAMURA and Kiyoshi SAITO, Neural Basis of Language: An overview of An Evolving model Neurologia medico-chirurgica Advance, Abril 16, 2016.
 9 Cathy J. Price, The anatomy of language: a review of 100 fMRI studies published in 2009, ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES, 2010.
 10 Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell, Steven A. Siegelbaum, A. J. Hudspeth, Principles of Neural Science, Mc Graw Hill, 2013.