



## La dislexia y el cerebro

Los investigadores continuamente hacen estudios para saber más sobre las causas, la identificación temprana y los tratamientos más efectivos para la dislexia. El desarrollo de la dislexia se asocia con una dificultad para procesar la ortografía (la forma escrita) y la fonología (la estructura de sonido) del lenguaje. Una de las formas de entender el origen de estos problemas son los estudios con neuroimágenes, que han examinado la anatomía y la función cerebral de personas con y sin dislexia. Estos estudios también están contribuyendo al entendimiento que tenemos del papel que juega el lenguaje en la dislexia, lo cual puede proveernos información útil para el desarrollo de intervenciones exitosas para la lectura y puede ayudarnos a identificar ciertos genes que pudieran estar involucrados en este problema.

### **¿Qué son los estudios de imágenes del cerebro?**

Una cantidad de técnicas están disponibles para visualizar la anatomía y la función cerebral. Una herramienta comúnmente utilizada es el estudio de imágenes de resonancia magnética (MRI, por sus siglas en inglés), que crea imágenes que pueden revelar información sobre la anatomía cerebral (p. ej., la cantidad de materia gris y blanca, la integridad de la materia blanca), los metabolitos cerebrales (químicos utilizados en el cerebro para la comunicación entre células cerebrales), y la función cerebral (dónde están activas las grandes concentraciones de neuronas). El

MRI funcional (fMRI) se basa en el principio fisiológico de que la actividad cerebral (dónde están "disparando" las neuronas) está asociado con un aumento en la circulación sanguínea a esa parte específica del cerebro. La señal de resonancia magnética comunica información directa sobre aumentos en la circulación sanguínea. A partir de esta señal, los investigadores infieren la localización y la cantidad de actividad que se asocia con una tarea particular, como por ejemplo, leer palabras aisladas, que los participantes están llevando a cabo mientras se realiza el estudio. Los datos obtenidos de estos estudios típicamente se recogen de grupos de personas y no de individuos, para propósitos investigativos exclusivamente. Es decir, no se hacen para diagnosticar a personas con dislexia.

### **¿Qué áreas del cerebro tienen que ver con la lectura?**

Dado que la lectura es una invención cultural que surgió luego de la evolución de los humanos modernos, no hay una sola ubicación en el cerebro que sirva como un centro de lectura. Por el contrario, las regiones cerebrales que ayudan en otras funciones, tales como el lenguaje hablado o el reconocimiento de objetos, no son específicas, sino que se redirigen para propósitos de la lectura (Dehaene y Cohen, 2007). La lectura incluye múltiples procesos cognoscitivos, dos de los cuales han sido de particular interés para los investigadores: 1) hacer mapas o representaciones gráficas de grafemas-morfemas, en donde

## **La dislexia y el cerebro-2**

combinaciones de letras (grafemas) se parean con los sonidos correspondientes y las palabras se "descodifican", y 2) reconocimiento visual de la forma de las palabras para hacer representaciones gráficas (hacer mapas) de estas palabras con la representación mental correspondiente. En conjunto, estos procesos nos permiten pronunciar palabras y derivar significado. De acuerdo con estos procesos cognoscitivos, los estudios en adultos y niños han demostrado que la lectura tiene base en una red de regiones en el hemisferio izquierdo (Price, 2012), que incluyen la corteza occipital, temporal e inferior frontal. La corteza occipital contiene el área relacionada con la forma visual de palabras. Tanto la corteza parietal como la inferior frontal juegan un rol en el procesamiento fonológico y semántico de las palabras, y la corteza inferior temporal también tiene que ver con la formación de sonidos del habla. Se ha demostrado que estas áreas cambian según envejecemos (Turkeltaub, et al., 2003) y están alteradas en personas con dislexia (Richlan et al., 2011).

### **¿Qué han revelado las imágenes cerebrales acerca de la estructura cerebral cuando hay dislexia?**

Inicialmente, se encontró evidencia de una conexión entre la dislexia y la estructura cerebral cuando se examinó la anatomía de cerebros de adultos fallecidos que tuvieron dislexia en vida. La asimetría observada en el lóbulo temporal del hemisferio izquierdo, que se observaba más grande que su contraparte del hemisferio derecho (planum temporale) no se observó en estos cerebros (Galaburda & Kemper, 1979). Además, se encontraron ectopias (un desplazamiento de tejido cerebral a la superficie del cerebro) (Galaburda, et al., 1985). Los investigadores comenzaron a utilizar MRI para buscar imágenes estructurales en los cerebros de voluntarios con y sin dislexia. Las técnicas de imágenes actuales han

revelado un volumen menor de materia gris y blanca, además de integridad alterada en la materia blanca del área occipital y parietal del hemisferio izquierdo. Los investigadores todavía están investigando cómo estos cambios son influidos por los sistemas de lenguaje y de escritura de una persona.

Los estudios funcionales iniciales se limitaban a adultos porque utilizaban técnicas invasivas que requerían materiales radioactivos. El campo del mapeo cerebral se ha visto grandemente beneficiado por la invención de los MRI funcionales (fMRI, por sus siglas en inglés). El fMRI no requiere del uso de marcadores radioactivos, así que es seguro para niños y adultos, y puede usarse repetidamente, lo cual facilita los estudios longitudinales sobre desarrollo e intervención. Usado por primera vez para el estudio de la dislexia en 1996 (Eden et al., 1996), el fMRI ha sido utilizado ampliamente desde entonces para estudiar el rol del cerebro en la lectura y sus componentes (fonología, ortografía y semántica). Estudios de diferentes países han coincidido en hallazgos sobre áreas alteradas en el hemisferio izquierdo (Richlan et al., 2011), específicamente las cortezas occipital, parietal e inferior frontal (y sus conexiones). Los resultados de estos estudios confirman la universalidad de la dislexia en los diferentes idiomas.

### **¿Y qué hay de los genes, la química cerebral y la función cerebral?**

La dislexia se asocia con diversas variantes genéticas, y el impacto de estas variantes se ha investigado tanto en personas como en ratones. Usando animales que han sido reproducidos para tener genes asociados con la dislexia, los investigadores están estudiando cómo estos genes pueden afectar el desarrollo de las áreas del cerebro y la comunicación entre estas

## **La dislexia y el cerebro-3**

(Che, et al., 2014; Galaburda, et al., 2006). Estas investigaciones coinciden con investigaciones en humanos. Se han observado diferencias en la anatomía cerebral (Darki, et al., 2012; Meda et al., 2008) y en la función cerebral (Cope et al., 2012; Pinel et al., 2012) en personas que tienen genes asociados con la dislexia, aun aquellas personas que tienen buenas destrezas de lectura. Además de estas investigaciones a nivel anatómico, fisiológico y molecular, los investigadores están tratando de determinar la conexión química que existe con la dislexia. Por ejemplo, los metabolitos cerebrales que juegan un rol en la comunicación neuronal pueden visualizarse utilizando otra técnica relacionada con la MRI, llamada espectroscopia. Se piensa que varios metabolitos (por ejemplo, la colina) son diferentes en personas con dislexia (Pugh et al., 2014). Los investigadores continúan explorando la conexión entre todos estos hallazgos y tienen la esperanza de que lo que encuentren ayude a determinar las causas de la dislexia. Este es un aspecto difícil de la investigación porque las diferencias en el cerebro de personas con dislexia no necesariamente son la causa de sus dificultades en la lectura (por ejemplo, también podrían ser la consecuencia de leer menos).

### **Cambios en la lectura, cambios en el cerebro**

La investigación con imágenes cerebrales ha revelado cambios anatómicos y funcionales en lectores típicos a medida que avanzan en el proceso de aprender a leer (por ejemplo, Turkeltaub et al., 2003), y en niños y adultos con dislexia luego de recibir instrucción efectiva en lectura (Krafnick, et al., 2011; Eden et al., 2004). Estos estudios también arrojan luz sobre las diferencias en el cerebro de aquellos niños con dislexia que

se benefician de instrucción en lectura al compararlos con aquellos que no se benefician (Davis et al., 2011; Odegard, et al., 2008). También se han utilizado datos obtenidos por neuroimágenes para predecir el éxito a largo plazo en la lectura en niños con y sin dislexia (Hoeft et al., 2011).

### **Causa versus consecuencia**

Un aspecto importante de la investigación sobre el cerebro y la lectura es determinar si los hallazgos son la causa o la consecuencia de la dislexia. Algunas de las regiones cerebrales que se sabe que están involucradas en la dislexia también se alteran cuando se aprende a leer, según lo demuestran comparaciones hechas en adultos que eran analfabetas pero que luego aprendieron a leer (Carreiras et al., 2009). Estudios longitudinales con lectores típicos revelan cambios anatómicos con la edad, algunos de los cuales se relacionan con el desarrollo (Giedd et al., 1999) y otros con el perfeccionamiento de las destrezas de lenguaje (Sowell et al., 2004) en correlación con mejoras en las destrezas fonológicas (Lu et al., 2007). Como tal, los investigadores están aislando o separando las diferencias cerebrales que pueden observarse antes de que los niños comiencen a aprender a leer, de las diferencias que pueden ocurrir como consecuencia de una cantidad menor de lectura en personas con dislexia. Por ejemplo, los investigadores han encontrado alteraciones en la anatomía cerebral (Raschle, et al., 2011) y en la función cerebral (Raschle, et al., 2012) de niños pre-lectores con historial familiar de dislexia. Estudios futuros usando diseños longitudinales (p. ej., a largo plazo), documentarán la cronología de estos cambios y clarificarán las causas y las consecuencias de las diferencias anatómicas y funcionales cuando hay dislexia.

## La dislexia y el cerebro-4

### Resumen

El rol del cerebro en el desarrollo de la dislexia se ha estudiado en la anatomía cerebral, la química cerebral y la función cerebral, y en combinación con intervenciones para mejorar la lectura y con información sobre influencias genéticas. Junto con los resultados de estudios conductuales, esta información ayudará a los investigadores a identificar las causas de la dislexia, a continuar explorando la identificación temprana de la dislexia y a determinar las mejores opciones para el tratamiento.

### Referencias

Carreiras, M., Seghier, M. L., Baquero, S., Estévez, A., Lozano, A., Devlin, J. T., y Price, C. J. (2009). An anatomical signature for literacy. *Nature*, 461(7266), 983–986. doi:10.1038/nature08461

Che, A., Girgenti, M. J., y Loturco, J. (2014). The Dyslexia-Associated Gene *Dcdc2* is required for spike-timing precision in mouse neocortex. *Biological Psychiatry*, en imprenta. doi:10.1016/j.biopsych.2013.08.018

Cope, N., Eicher, J. D., Meng, H., Gibson, C. J., Hager, K., Lacadie, C., Gruen, J. R. (2012). Variants in the *DYX2* locus are associated with altered brain activation in reading-related brain regions in subjects with reading disability. *NeuroImage*, 63(1), 148–156. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.06.037

Darki, F., Peyrard-Janvid, M., Matsson, H., Kere, J., y Klingberg, T. (2012). Three Dyslexia Susceptibility Genes, *DYX1C1*, *DCDC2*, and *KIAA0319*, affect temporo-parietal white matter structure. *Biological Psychiatry*, 72(8),

671–676. doi:10.1016/j.biopsych.2012.05.008

Dehaene, S., y Cohen, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, 56(2), 384–398. doi:10.1016/j.neuron.2007.10.004

Eden, G. F., Jones, K. M., Cappell, K., Gareau, L., Wood, F. B., Zeffiro, T. A., Flowers, D. L. (2004). Neural changes following remediation in adult developmental dyslexia. *Neuron*, 44(3), 411–422.

Eden, G. F., Van Meter, J. W., Rumsey, J. M., Maisog, J. M., Woods, R. P., y Zeffiro, T. A. (1996). Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, 382(6586), 66–69. doi:10.1038/382066a0

Flowers, D. L., Wood, F. B., y Naylor, C. E. (1991). Regional cerebral blood flow correlates of language processes in reading disability. *Archives of Neurology*, 48(6), 637–643.

Galaburda, A. M., y Kemper, T. L. (1979). Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia: a case study. *Annals of Neurology*, 6(2), 94–100. doi:10.1002/ana.410060203

Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, G. D., Aboitiz, F., y Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, 18(2), 222–233. doi:10.1002/ana.410180210

Galaburda, A. M., LoTurco, J., Ramus, F., Fitch, R. H., y Rosen, G. D. (2006). From genes to behavior in developmental dyslexia. *Nature*

## La dislexia y el cerebro-5

- Neuroscience, 9 (10), 1213–1217.  
doi:10.1038/nm1772
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., Rapoport, J. L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2(10), 861–863. doi:10.1038/13158
- Gross-Glenn, K., Duara, R., Barker, W. W., Loewenstein, D., Chang, J. Y., Yoshii, F., Sevush, S. (1991). Positron emission tomographic studies during serial word-reading by normal and dyslexic adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13(4), 531–544. doi:10.1080/01688639108401069
- Hoefl, F., McCandliss, B. D., Black, J. M., Gantman, A., Zakerani, N., Hulme, C., Gabrieli, J. D. E. (2011). Neural systems predicting long-term outcome in dyslexia. *PNAS*, 108(1), 361–6. doi:10.1073/pnas.1008950108
- Krafnick, A. J., Flowers, D. L., Napoliello, E. M., y Eden, G. F. (2011). Gray matter volume changes following reading intervention in dyslexic children. *NeuroImage*, 57(3), 733–741. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.10.062
- Lu, L. H., Leonard, C. M., Thompson, P. M., Kan, E., Jolley, J., Welcome, S. E., Sowell, E. R. (2007). Normal developmental changes in inferior frontal gray matter are associated with improvement in phonological processing: a longitudinal MRI analysis. *Cerebral Cortex*, 17(5), 1092–9. doi:10.1093/cercor/bhl019
- Meda, S. A., Gelernter, J., Gruen, J. R., Calhoun, V. D., Meng, H., Cope, N. A., y Pearlson, G.D. (2008). Polymorphism of DCDC2 reveals differences in cortical morphology of healthy individuals—A preliminary voxel based morphometry study. *Brain Imaging and Behavior*, 2(1), 21–26. doi:10.1007/s11682-007-9012-1
- Pinel, P., Fauchereau, F., Moreno, A., Barbot, A., Lathrop, M., Zelenika, D., Dehaene, S. (2012). Genetic variants of FOXP2 and KIAA0319/TTRAP/THEM2 locus are associated with altered brain activation indistinct language-related regions. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 32(3), 817–825. doi:10.1523/JNEUROSCI.5996-10.2012
- Price, C. J. (2012). A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *Neuroimage*, 62(2), 816–847.
- Pugh, K. R., Frost, S. J., Rothman, D. L., Hoefl, F., Tufo, S. N. D., Mason, G. F., Fulbright, R. K. (2014). Glutamate and choline levels predict individual differences in reading ability in emergent readers. *The Journal of Neuroscience*, 34(11), 4082–4089. doi:10.1523/JNEUROSCI.3907-13.2014
- Raschle, N. M., Chang, M., y Gaab, N. (2011). Structural brain alterations associated with dyslexia predate reading onset. *Neuroimage*, 57(3), 742–749. Raschle, N. M., Zuk, J., y Gaab, N. (2012). Functional characteristics of developmental dyslexia in left-

## La dislexia y el cerebro-6

hemispheric posterior brain regions predate reading onset. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109(6), 2156–2161.  
doi:10.1073/pnas.1107721109

Richlan, F., Kronbichler, M., y Wimmer, H.(2011). Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. Neuroimage, 56(3), 1735–1742.  
doi:10.1016/j.neuroimage.2011.02.040

Richlan, F., Kronbichler, M., y Wimmer, H.(2013). Structural abnormalities in the dyslexic brain: A meta-analysis of voxel-based morphometry studies. Human Brain Mapping, 34(11), 3055–3065. doi:10.1002/hbm.22127

Rumsey, J. M., Andreason, P., Zametkin, A. J., Aquino, T., King, A. C., Hamburger, S.D., Cohen, R. M.

(1992). Failure to activate the left temporoparietal cortex in dyslexia. An oxygen 15 positron emission tomographic study. Archives of Neurology, 49, 527–534.

Sowell, E. R., Thompson, P. M., Leonard, C. M., Welcome, S. E., Kan, E., y Toga, A. W.(2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. The Journal of Neuroscience, 24(38), 8223–8231.  
doi:10.1523/JNEUROSCI.1798-04.2004

Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A., y Eden, G. F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. Nature Neuroscience, 6(7), 767–773. doi:10.1038/nn1065

La Asociación Internacional de Dislexia (IDA) agradece a Guinevere F. Eden, Ph.D., por su ayuda en la preparación de esta hoja informativa.

*"promoviendo la alfabetización por medio de investigación, educación y promoción"™*

La Asociación Internacional de Dislexia · 40 York Road · Cuarto Piso · Baltimore · MD · 21204  
Tel: 410-296-0232 · Fax: 410-321-5069 · Correo electrónico: [info@interdys.org](mailto:info@interdys.org) ·  
Sitio web: <http://www.interdys.org>

©Derechos del autor 2016, La Asociación Internacional de Dislexia (IDA). IDA fomenta la reproducción y distribución de esta hoja informativa. Si se citan partes del texto, debe especificarse la referencia apropiada. Las hojas informativas no pueden reproducirse para la venta.