

¿Es distinta la organización cerebral temprana de la información espacial vehiculada a través de estímulos táctiles en niños invidentes congénitos y adquiridos?: un estudio piloto

Tomás Ortiz, Juan M. Santos, Laura Ortiz-Terán, Ramón Nogales, Isabel Serrano-Marugán, José M. Martínez, Carlos Minguito-García, Carmen Requena, Joaquín Poch-Broto

Resumen. La reorganización cortical subyacente a la ceguera congénita no se conoce suficientemente, pero ofrece una ventana única para el estudio de los efectos de la privación sensorial absoluta. Se sabe también que existe *cross-modality* en el cerebro de los invidentes, pero ésta difiere en niños con ceguera congénita y aquellos otros con restos de visión. La estimulación vibrotáctil pasiva de líneas y letras genera patrones electroencefalográficos y de localización de fuentes distintos en dos niños de 9 y 10 años, respectivamente, con ceguera congénita y ceguera con restos de visión. En la niña con ceguera congénita, la mayor actividad eléctrica cortical se centra en áreas auditivas en P50 y P100, mientras que en el niño invidente con restos de visión, la actividad se distribuye en múltiples áreas. Los tiempos de reacción a las letras son menores que a las líneas de diferente orientación en ambos niños.

Palabras clave. Ceguera. Estimulación vibrotáctil. Reorganización cortical.

Introducción

De manera contraria a como podría suponerse, el procesamiento cerebral multimodal simultáneo de la información del entorno es la norma [1,2]. En el caso de que los canales más usados, visual y auditivo, tengan algún tipo de falla o sobrecarga, el uso de la vía táctil es una alternativa válida para suplir o aliviar, respectivamente, los antedichos canales [3-6].

El reconocimiento de objetos exclusivamente a través del tacto conlleva la activación del córtex occipital o visual. Más aún, algunos autores han identificado un área específica, el córtex lateral occipital, como una región especializada en el reconocimiento visual de objetos que se activa tanto mediante la visión como por el tacto [7-12]. Así pues, esta área sería un claro ejemplo de lo que se señalaba al principio: el trabajo multimodal del cerebro para el reconocimiento del entorno.

En este sentido, la neurofisiología es una excelente plataforma, ya que su resolución temporal es manifiestamente mejor que ciertas técnicas habituales de neuroimagen (resonancia magnética funcional, tomografía por emisión de positrones, etc.). De lo que se trata es de calibrar con precisión temporal la activación del córtex occipital lateral tras la presentación de un objeto. Más concretamente, la

electroencefalografía cuantitativa es un método relativamente sencillo y de bajo coste para abordar este problema, ya que su rango de resolución temporal es de milisegundos. La plasticidad cortical subyacente y el procesamiento cerebral de la información pueden estudiarse con potenciales evocados [13,14].

La neuroplasticidad es un proceso mediante el cual las neuronas consiguen aumentar su conectividad de manera estable como consecuencia de la experiencia, el aprendizaje y la estimulación sensorial y cognitiva [15]. La privación sensorial que acontece en diferentes etapas de la vida constituye una ventana óptima para la observación y caracterización de la neuroplasticidad sustitutiva de las áreas cerebrales visuales que tiene lugar en personas invidentes [16-18]. Esta neuroplasticidad es máxima antes de los 14 años y está en formación, por lo que los cambios que durante esta etapa vital acontecen son más interesantes.

En el caso de la ceguera congénita, aquella que existe desde el nacimiento y también la menos estudiada, la reorganización cortical presenta características de *cross-modality* [15,16,18-21], que se entiende como la capacidad cerebral de procesar e interpretar un determinado estímulo en una modalidad sensorial distinta a la de entrada o, más genéricamente, la percepción que implica interacciones

Departamento de Psiquiatría; Facultad de Medicina; Universidad Complutense de Madrid; Madrid (T. Ortiz, R. Nogales). Departamento de Psiquiatría; Universidad Maimónides; Buenos Aires, Argentina (J.M. Santos). Fundación J. Robert Cade/CONICET; Córdoba, Argentina (J.M. Santos). Martino's Center; Harvard University; Boston, Estados Unidos (L. Ortiz-Terán). Consejería de Educación, Juventud y Deportes; Comunidad Autónoma de Madrid; Madrid (I. Serrano-Marugán, J.M. Martínez, C. Minguito-García). Facultad de Psicología; Universidad de León; León (C. Requena). Servicio de Otorrinolaringología; Hospital San Carlos; Madrid (J. Poch-Broto). Departamento de Cirugía II; Facultad de Medicina; Universidad Complutense de Madrid; Madrid, España (J. Poch-Broto).

Correspondencia:
Dr. Tomás Ortiz Alonso.
Departamento de Psiquiatría.
Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Avda. Complutense, s/n. E-28040 Madrid.

E-mail:
tomasortizalonso@gmail.com

Declaración de intereses:
Trabajo financiado por la Fundación Mutua Madrileña y por la Comunidad de Madrid. Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno, financiero o de otro tipo, en relación con la temática de este estudio. Las entidades financiadoras de esta investigación no han tenido parte alguna en el diseño, adquisición y análisis de datos, o escritura de este artículo.

Agradecimientos:
A los niños que han participado en el estudio, y a sus padres e instituciones académicas donde cursan estudios, por su colaboración desinteresada y entusiasta.

Aceptado tras revisión externa:
07.01.13.

- tactile maze solving in congenitally blind subjects. *Neuropsychologia* 2012; 50: 1663-71.
28. Norman JE, Bartholomew AN. Blindness enhances tactile acuity and haptic 3-D shape discrimination. *Atten Percept Psychophys* 2011; 73: 2323-31.
 29. Occelli V, Bruns P, Zampini M, Röder B. Audiotactile integration is reduced in congenital blindness in a spatial ventriloquism task. *Neuropsychologia* 2012; 50: 36-43.
 30. Champoux F, Collignon O, Bacon BA, Lepore F, Zatorre RJ, Théoret H. Early- and late-onset blindness both curb audiotactile integration on the parchment-skin illusion. *Psychol Sci* 2011; 22: 19-25.
 31. Di Russo F, Martínez A, Sereno MI, Pitzalis S, Hillyard SA. Cortical sources of the early components of the visual evoked potential. *Hum Brain Mapp* 2002; 15: 95-111.
 32. Murray MM, Wylie GR, Higgins BA, Javitt DC, Schroeder CE, Foxe JJ. The spatiotemporal dynamics of illusory contour processing: combined high-density electrical mapping, source analysis, and functional magnetic resonance imaging. *J Neurosci* 2002; 22: 5055-73.
 33. Sehatpour P, Molholm S, Javitt DC, Foxe JJ. Spatiotemporal dynamics of human object recognition processing: an integrated high-density electrical mapping and functional imaging study of 'closure' processes. *Neuroimage* 2006; 29: 605-18.
 34. Sehatpour P, Molholm S, Schwartz TH, Mahoney JR, Mehta AD, Javitt DC, et al. A human intracranial study of long-range oscillatory coherence across a frontal-occipital-hippocampal brain network during visual object processing. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008; 105: 4399-404.
 35. Allison T, McCarthy G, Wood CC. The relationship between human long-latency somatosensory evoked-potentials recorded from the cortical surface and from the scalp. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1992; 84: 301-14.
 36. Lucan JN, Foxe JJ, Gomez-Ramirez M, Sathian K, Molholm S. Tactile shape discrimination recruits human lateral occipital complex during early perceptual processing. *Hum Brain Mapp* 2010; 31: 1813-21.
 37. Frot M, Mauguier F. Timing and spatial distribution of somatosensory responses recorded in the upper bank of the sylvian fissure (SII area) in humans. *Cereb Cortex* 1999; 9: 854-63.
 38. Bentin S, Allison T, Puce A, Pérez E, McCarthy G. Electrophysiological studies of face perception in humans. *J Cogn Neurosci* 1996; 8: 551-65.
 39. Foxe JJ, Schroeder CE. The case for feed-forward multisensory convergence during early cortical processing. *Neuroreport* 2005; 16: 419-23.
 40. Murray MM, Foxe DM, Javitt DC, Foxe JJ. Setting boundaries: brain dynamics of modal and amodal illusory shape completion in humans. *J Neurosci* 2004; 24: 6898-903.
 41. Murray MM, Imber ML, Javitt DC, Foxe JJ. Boundary completion is automatic and dissociable from shape discrimination. *J Neurosci* 2006; 26: 12043-54.
 42. Tanaka JW, Curran T. A neural basis for expert object recognition. *Psychol Sci* 2001; 12: 43-7.
 43. Rossion B, Gauthier I, Goffaux V, Tarr MJ, Crommelinck M. Expertise training with novel objects leads to left-lateralized face-like electrophysiological responses. *Psychol Sci* 2002; 13: 250-7.
 44. Ortiz T, Santos JM. Generación de experiencias visuales en ciegos mediante estimulación táctil repetitiva. *Ciencia Cognitiva* 2012; 6: 9-12.
 45. Ortiz T, Poch-Broto J, Santos JM, Martínez A, Requena C, Ortiz-Terán L, et al. Occipital enduring neuroplasticity induced by long-term repetitive tactile stimulation: a case report. *Neurocase* 2013 [in process].
 46. Ortiz T, Poch-Broto J, Requena C, Santos JM, Martínez A, Barcia-Albacar JA. Neuroplasticidad cerebral en áreas occipitales en adolescentes ciegos. *Rev Neurol* 2010; 50 (Supl 3): S19-23.
 47. Lewis LB, Saenz M, Fine I. Mechanisms of cross-modal plasticity in early-blind subjects. *J Neurophysiol* 2010; 104: 2995-3008.
 48. Pascual-Marqui RD, Michel CM, Lehmann D. Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *Int Psychophysiol* 1994; 18: 49-65.
 49. Evans AC, Collins DL, Mills SR, Brown ED, Kelly RL, Peters TM. 3D statistical neuroanatomical models from 305 MRI volumes. *Proc IEEE-Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference*. London: MTP Press; 1993. p. 1813-7.
 50. Collins DL, Neelin P, Peters TM, Evans AC. Automatic 3D intersubject registration of MR volumetric data in standardized Talairach space. *J Comput Assist Tomogr* 1994; 18: 192-205.
 51. Mazziotta JC, Toga AW, Evans A, Fox P, Lancaster J. A probabilistic atlas of the human brain: theory and rationale for its development. The International Consortium for Brain Mapping (ICBM). *Neuroimage* 1995; 2: 89-101.
 52. Hötting K, Röder B. Auditory and auditory-tactile processing in congenitally blind humans. *Hear Res* 2009; 258: 165-74.
 53. Poirier C, De Volder AG, Scheiber C. What neuroimaging tells us about sensory substitution. *Neurosci Biobehav Rev* 2007; 31: 1064-70.
 54. Pritchett D, Gallace A, Spence C. Implicit processing of tactile information: evidence from the tactile change detection paradigm. *Conscious Cogn* 2011; 20: 534-46.
 55. Collignon O, Renier L, Bruyer R, Tranduy D, Veraart C. Improved selective and divided spatial attention in early blind subjects. *Brain Res* 2006; 1075: 175-82.
 56. Deshpande G, Hu X, Lacey S, Stilla R, Sathian K. Object familiarity modulates effective connectivity during haptic shape perception. *Neuroimage* 2010; 49: 1991-2000.
 57. Lacey S, Tal N, Amedi A, Sathian K. A putative model of multisensory object representation. *Brain Topogr* 2009; 21: 269-74.
 58. Peltier S, Stilla R, Mariola E, LaConte S, Hu X, Sathian K. Activity and effective connectivity of parietal and occipital cortical regions during haptic shape perception. *Neuropsychologia* 2007; 45: 476-83.
 59. Wan CY, Wood AG, Reutens DC, Wilson SJ. Congenital blindness leads to enhanced vibrotactile perception. *Neuropsychologia* 2010; 48: 631-5.

Title

Summary. Cortical reorganization after congenital blindness is not sufficiently known yet it does offer an unique window of opportunity to study the effects of absolute sensorial deprivation. Cross-modality in people with blindness has been documented, but it may differ in congenital blindness and in early blindness. Vibrotactile passive stimulation of lines and letters generates different electroencephalographic patterns with different source localizations in two children with blindness, aged 9 and 10, respectively with congenital blindness and early blindness with some remnants of vision. Most of the brain electrical activity is centered in auditive areas in P50 and P100 in the case of the child with congenital blindness, while the other shows activity in multiple areas. Reaction times to letters are shorter than to lines of different orientation in both children.

Key words. Blindness. Cortical reorganization. Vibrotactile stimulation.