

Parámetros de difusión del fascículo arcuato en niños de 3 años con menores y mayores habilidades de comprensión y expresión del lenguaje evaluadas conductualmente

Eliseo Portilla Islas, Catalina Alatorre Cruz, Guadalupe García Gomar, Thalía Harmony Baillet

Introducción

Se espera que los niños a la edad de tres años desplieguen mayores habilidades básicas de comprensión que de expresión del lenguaje (Benedict, 1979), mostrando una mejor consolidación de la normalización fonémica y percepción categorial de las palabras (Dehaene-Lambertz & Gliga, 2004), conocimiento de nuevas palabras e integración de su significado en una oración (Friedrich & Friederici, 2005), así como la capacidad para identificar la incongruencia en oraciones (Golinkoff & Hirsh-Pasek, 1995; Silva-Pereyra et al., 2005).

Sin embargo, se sabe que el desarrollo típico puede estar alterado en niños que cursaron su etapa perinatal con factores de riesgo para daño cerebral (Harmony et al., 2022; Rogers & Hintz, 2016). Por ejemplo, se ha reportado que los niños prematuros muestran un retraso en el desarrollo de habilidades básicas y complejas del lenguaje (Vohr, 2014), describiendo en esta población una menor conciencia fonológica, comprensión y expresión del significado de las palabras y menores habilidades en el uso de las formas y estructuras del lenguaje (Reidy et al., 2013).

Estudios recientes reportan que los problemas en el desarrollo del lenguaje en la infancia podrían estar asociados con menores volúmenes cerebrales y cerebelares (Romberg et al., 2022) y anomalías macro y microestructurales en sustancia blanca (Reidy et al., 2013). Sin embargo, existen pocos estudios en niños pequeños que relacionen medidas de sustancia blanca con funciones específicas del lenguaje evaluadas conductualmente.

Aunque algunos estudios han demostrado que el lenguaje está relacionado con la activación de múltiples regiones cerebrales (Friederici, 2011; Lidzba et al., 2011), se ha sugerido que un daño en el tracto del fascículo arcuato posterior izquierdo podría generar un fallo en la comprensión auditiva, mientras que daños en la porción anterior izquierda podrían resultar en un fallo del proceso de vocalización (Catani & Mesulam, 2008). A saber, la importancia de este tracto se estriba en que conecta dos áreas muy importantes en el soporte de las habilidades del lenguaje; el área de Wernicke y la de Broca (Tak et al., 2016), por lo que caracterizar la condición actual de éste tracto en infantes con diferentes habilidades del lenguaje podría ser relevante para identificar la importancia de ésta estructura en el posterior desarrollo de las habilidades comunicativas del niño.

Objetivo

Describir las diferencias de los parámetros de difusión del fascículo arcuato entre niños con menores y mayores habilidades de comprensión y expresión del lenguaje evaluadas conductualmente.

Métodos

Participantes: 17 pacientes de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo que cursaron con diversos factores de riesgo en su etapa perinatal y que posteriormente fueron tratados con terapia Katona (Katona, 1988) fueron incluidos en este estudio (edad cronológica media (M)=3, desviación estándar (DE)=0.26; semanas de gestación (SDG) M = 34.5, DE = 4.2; 10 mujeres y 7 hombres). Todos los participantes fueron evaluados con la prueba *Preschool Language Scales 5th edition (PLS-5)* (Zimmerman et al., 2011) y posteriormente reagrupados en cuanto a sus habilidades del lenguaje usando un análisis de clúster (*k-means*), en el que se incluyeron las siguientes variables: SDG, puntuación estándar de la comprensión auditiva (CA), puntuación estándar de la expresión comunicativa (EC) y puntuación estándar total (Total) de la prueba PLS-5. El análisis resultó en 2 grupos: 8 pacientes con puntajes bajos en prueba PLS-5 (BL) (percentil < 21; 4 mujeres, 4 hombres) y 9 pacientes con puntajes altos en la prueba PLS-5 (AL) (percentil > 77; 6 mujeres, 3 hombres).

Adquisición y procesamiento de imagen de resonancia magnética (RM): Se adquirieron imágenes de RM ponderadas en difusión de todos los niños durante sueño fisiológico usando un resonador GE

Discovery MR750 de 3 Teslas, mediante una secuencia EPI con un tiempo de eco de 0.066 s y un tiempo de repetición de 9.22 s con 35 direcciones con valor b de 1000 s/mm² y 2 direcciones con valor b=0 s/mm². La resolución del plano fue de 0.86 mm por 2,9 mm de espesor con una única dirección de codificación postero anterior.

Las imágenes fueron procesadas mediante DSI Studio (<https://dsi-studio.labsolver.org/>) iniciando con un remuestreo a una resolución isotrópica de 0.86 mm, posteriormente se empleó el método FSL Eddy para eliminar los artefactos generados por las corrientes de Foucault, se calculó la difusión restringida (Yeh et al., 2017) y el modelo de reconstrucción *generalized q-sampling imaging* (Fang-Cheng Yeh et al., 2010) con una relación de muestreo de difusión de 1.25. Se obtuvieron las tractografías de los fascículos arcuatos izquierdo (FAI) y derecho (FAD) de cada participante mediante la función *autotrack* del software, empleando el atlas ICBM-152 y eliminando manualmente líneas erróneas. De los tractos obtenidos se obtuvieron los valores de la fracción de anisotropía (fa) y difusión radial (rd).

Resultados

Demográficos y conductuales

Aunque no se observaron diferencias estadísticas entre grupos en la distribución del sexo ($X(1).5, p = .6$), los grupos fueron significativamente diferentes en SDG ($U = 10.0, p = .01$), con número mayor de SDG para el grupo AL (AL, SDG, $M = 37.1$; $DE = 2.1$; BL, SDG, $M = 31.6$, $DE = 4.1$).

Como era esperado, los puntajes de la prueba PLS-5 también difirieron entre grupos ($p < .001$), con puntajes mayores en todas las medidas del PLS-5 para el grupo AL comparado con el grupo BL (AL, CA, $M = 116.2$, $DE = 5.7$; EC, $M = 124.0$, $DE = 5.4$; Total, $M = 123.3$, $DE = 5.6$; BL, CA, $M = 82.0$, $DE = 13.4$; EC, $M = 73.9$, $DE = 13.1$; Total, $M = 77.1$, $DE = 12.2$).

Análisis de la RM

De los 17 participantes evaluados, solo 7 tuvieron hallazgos clínicamente anormales en su RM (e.g., ventrículos aumentados o aumento de espacio subaracnoideo), el resto no evidenciaron daño estructural en el estudio. Los grupos no difirieron en la medida fa del FAI o FAD (FAI, $U = 29.0, p = .5$; FAD, $U = 31.0, p = .7$; grupo AL, FAI, $M = .4$, $DE = .02$, FAD, $M = .4$, $DE = .04$; grupo BL, FAI, $M = .4$, $DE = .01$, FAD, $M = .4$, $DE = .02$), tampoco se encontraron diferencias entre grupos en la medida rd de ambos fascículos (FAI, $U = 27.0, p = .4$; FAD, $U = 30.0, p = .6$; grupo AL, FAI, $M = .6$, $DE = .03$, FAD, $M = .7$, $DE = .06$; grupo BL, FAI, $M = .6$, $DE = .03$, FAD, $M = .4$, $DE = .02$). No se encontraron diferencias significativas cuando se comparó la diferencia de la medida fa y rd entre fascículo izquierdo y derecho entre grupos (fa, $U = 24.0, p = .3$; rd, $U = 33.0, p = .8$).

Correlaciones entre datos conductuales y valores de la RM

El análisis de correlación evidenció relaciones positivas entre los puntajes de CA, EC y Total de la prueba PLS-5 y SDG (CA y SDG, $R = .8, p < .001$; EC y SDG, $R = .6, p = .005$; Total y SDG, $R = .8, p < .001$). El resto de las correlaciones realizadas no alcanzaron valores de R estadísticamente significativos.

Conclusiones

La edad gestacional está asociada con el desarrollo del lenguaje. Inesperadamente, los parámetros de difusión fa y rd de los fascículos arcuato izquierdo o derecho no explicaron las diferencias en las habilidades de lenguaje entre grupos, posiblemente, debido a que se realizó una medición global del fascículo y no se parceló en sus secciones anteriores y posteriores.

Referencias

- Benedict, H. (1979). Early lexical development: comprehension and production. *J Child Lang*, 6, 283–200.
- Catani, M., & Mesulam, M. (2008). The arcuate fasciculus and the disconnection theme in language and aphasia: History and current state. *Cortex*, 44(8), 953–961. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.04.002>
- Dehaene-Lambertz, G., & Gliga, T. (2004). Common neural basis for phoneme processing in infants and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1375–1387. <https://doi.org/10.1162/0898929042304714>

- Fang-Cheng Yeh, Wedeen, V. J., & Tseng, W.-Y. I. (2010). Generalized q-Sampling Imaging. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 29(9), 1626–1635. <https://doi.org/10.1109/TMI.2010.2045126>
- Friederici, A. D. (2011). The Brain Basis of Language Processing: From Structure to Function. *Physiological Reviews*, 91(4), 1357–1392. <https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011>
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2005). Lexical priming and semantic integration reflected in the event-related potential of 14-month-olds. *NeuroReport*, 16(6), 653–656. <https://doi.org/10.1097/00001756-200504250-00028>
- Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (1995). Reinterpreting children's sentence comprehension: toward new framework. In P. Fletcher & B. MacWhinney (Eds.), *The handbook of Child Language* (pp. 430–461). Blackwell Publishers.
- Harmony, T., Gutiérrez-Hernández, C. C., Carlier, M., Hinojosa-Rodríguez, M., & Carrillo, C. (2022). Early detection and treatment of attention deficits in preterm and at term infants with risk factors for brain damage. *International Journal of Psychophysiology*, 172(October 2021), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.12.002>
- Katona, F. (1988). Developmental clinical neurology and neurohabilitation in the secondary prevention of pre-and perinatal injuries of the brain. *Early identification of infants with developmental disabilities*, 121-144
- Lidzba, K., Schwilling, E., Grodd, W., Krägeloh-Mann, I., & Wilke, M. (2011). Language comprehension vs. language production: Age effects on fMRI activation. *Brain and Language*, 119(1), 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.02.003>
- Reidy, N., Morgan, A., Thompson, D. K., Inder, T. E., Doyle, L. W., & Anderson, P. J. (2013). Impaired Language Abilities and White Matter Abnormalities in Children Born Very Preterm and/or Very Low Birth Weight. *The Journal of Pediatrics*, 162(4), 719–724. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.10.017>
- Rogers, E. E., & Hintz, S. R. (2016). Early neurodevelopmental outcomes of extremely preterm infants. *Seminars in Perinatology*, 40(8), 497–509. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2016.09.002>
- Romberg, J., Wilke, M., Allgaier, C., Nägele, T., Engel, C., Poets, C. F., & Franz, A. (2022). MRI-based brain volumes of preterm infants at term: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 107(5), 520–526. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2021-322846>
- Silva-Pereyra, J., Rivera-Gaxiola, M., & Kuhl, P. K. (2005). An event-related brain potential study of sentence comprehension in preschoolers: Semantic and morphosyntactic processing. *Cognitive Brain Research*, 23(2–3), 247–258. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.10.015>
- Tak, H., Kim, J., & Son, S. (2016). Developmental process of the arcuate fasciculus from infancy to adolescence: a diffusion tensor imaging study. *Neural Regeneration Research*, 11(6), 937. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.184492>
- Vohr, B. (2014). Speech and language outcomes of very preterm infants. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 19(2), 78–83. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2013.10.007>
- Yeh, F., Liu, L., Hitchens, T. K., & Wu, Y. L. (2017). Mapping immune cell infiltration using restricted diffusion MRI. *Magnetic Resonance in Medicine*, 77(2), 603–612. <https://doi.org/10.1002/mrm.26143>
- Zimmerman, I., Steiner, V., & Pond, R. (2011). *Preschool Language Scales | Fifth Edition (PLS-5)* (pp. 1–9). Pearson.