



DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2324

El tálamo es un sitio común de la lectura, la aritmética y el CI: análisis de las propiedades funcionales intrínsecas

Maria Clea Marinho Lima¹
clea.marinho@hotmail.com

Asesor

Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues
deabreu.fabiano@gmail.com

RESUMEN

Las cuestiones relativas al coeficiente intelectual son siempre controvertidas por su carácter crítico y un tanto subjetivo, pero no por ello dejan de ser un punto relevante. En este estudio nos proponemos analizar la relación entre el tálamo (como punto de centralidad cerebral) y las funciones vinculadas a la inteligencia y el CI. Como indicamos en el título del artículo será un análisis de las propiedades funcionales intrínsecas.

Palabras clave: tálamo; inteligencia; el coeficiente intelectual.

Correspondencia: clea.marinho@hotmail.com

Artículo recibido: 20 abril 2022. Aceptado para publicación: 05 mayo 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .

Como citar: Marinho Lima, M. C., & Agrela Rodrigues, F. A. (2022). El tálamo es un sitio común de la lectura, la aritmética y el CI: análisis de las propiedades funcionales intrínsecas. *Científica Multidisciplinar*, 6(3), 1685-1698. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2324

Asesor: Doctor, neurocientífico, maestro en psicoanálisis, biólogo, historiador, antropólogo, con formación también en neuropsicología, neurolingüística, inteligencia artificial, neurociencia aplicada al aprendizaje, filosofía, periodismo, programación en python y formación profesional en nutrición clínica - Director del Centro de Investigación y Análisis Heráclito; Jefe del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Logos Internacional, Profesor e investigador de la Universidad Santander de México; Miembro de la SFN - Sociedad de Neurociencia, miembro activo Redilat.

¹ Estudiante de medicina de la Universidad de Aquino Bolivia (UDABOL), psicólogo con especialización en neurociencias, neuropsicología y análisis conductual aplicado (ABA). Hospital Universitario Martin Dockweiler.

The thalamus is a common site of reading, arithmetic, and IC: analysis of intrinsic functional properties

ABSTRACT

Questions related to IQ are always controversial due to their critical and somewhat subjective nature, but they are still a relevant point. In this study we intend to analyze the relationship between the thalamus (as the central point of the brain) and the functions linked to intelligence and IQ. As we indicated in the title of the article, it will be an analysis of the intrinsic functional properties.

Keywords: thalamus. intelligence. the IQ

1 INTRODUCCIÓN

El término "tálamo", del griego thalamos, significa "cámara interior". El tálamo ocupa aproximadamente el 80% (región diencefálica medial). Según Galeno (130-200 d.C.) el nombre tiene su origen en las "cámaras" situadas en la base del cerebro, que descienden embriológicamente de la vesícula diencefálica, tras la formación de los dos telencéfalos (vesícula prosencefálica), delimitados por una zona central, dando lugar al futuro diencefalo. Fue reconocida por primera vez por el anatomista y embriólogo suizo Wilhelm His en 1893. El tálamo es de forma ovalada, de estructura uniforme (simétrica) respecto a la línea media. En el ser humano, cada tálamo mide unos 3 cm de largo (anteroposteriormente), unos 1,5 cm de ancho en su línea media y atraviesa una banda de fibras mielinizadas (lámina medular interna) que recorre su extensión rostrocaudal. Adoptando una distribución especial (polo anterior), en forma de Y, podemos dividir el tálamo en bloques anatómicos funcionales. Las fibras intratalámicas conectan diferentes fibras talámicas (diferentes núcleos del tálamo). La banda medular (lámina medular externa) forma el límite lateral del tálamo (medial a la cápsula interna). Podemos citar múltiples funciones, como la transmisión de señales sensoriales y motoras a la corteza cerebral y la regulación del sueño-vigilia (conciencia). La comunidad neurocientífica ha reconocido cada vez más el papel potencial del tálamo en el aprendizaje, los procesos lingüísticos y, en particular, en la lectura. Podemos ver que los componentes atencionales son críticos para las habilidades de logro y el CI y que el tálamo es un sitio común para las tres medidas, proporcionando una nueva visión de los mecanismos cerebrales que subyacen a un tipo de comorbilidad entre las dificultades aritméticas y la lectura, que podría coexistir con los déficits en las habilidades intelectuales generales.

2 TÁLAMO Y MEMORIA

Los núcleos talámicos anterior, intralaminar, de la línea media y dorsomedial están implicados en los procesos de memoria, aunque no hay pruebas que indiquen cuál de estas estructuras es crucial para el buen funcionamiento de la memoria anterógrada. Según (Weinberger, 1985) los déficits de memoria se producen con frecuencia en pacientes con lesiones talámicas observadas en el lóbulo temporal medial (codificación de nueva información), lo que da lugar a una pérdida de memoria, concretamente a un deterioro de la memoria anterógrada, mientras que la memoria a corto plazo

permanece preservada. Existen pruebas de que la memoria se ve afectada tras lesiones talámicas específicas, especialmente en el núcleo dorsomedial e intralaminar (Calabrese P et al., 1993). En un estudio con ratas realizado por Celerier et al., 2000, se demostró que los cambios en el rendimiento y la ejecución de tareas de memoria se localizaban en el núcleo anterior. Según los autores, el núcleo anterior está relacionado con el mantenimiento de los procesos asociativos de información unimodal y polimodal. Los núcleos intralaminares permiten la salida de trazos de memoria ya memorizados (proceso de activación) y los núcleos anteriores del tálamo están implicados en los procesos de organización temporal (Tranel D, Damasio AR, 1995). En una revisión realizada por van der Werf et al., 2000, los déficits neuropsicológicos pueden producirse después de los infartos talámicos, aunque no hay pruebas suficientes para establecer una relación entre las lesiones dorsomediales y los déficits de memoria.

3 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES INTRÍNSECAS

El tálamo es importante en el lenguaje y la cognición, ya que regula las funciones de la corteza asociativa. En la corteza asociativa hay 3 regiones importantes (parietotemporooccipital, prefrontal y límbica que corresponden a las áreas 39 y 40) relacionadas con las funciones perceptivas (visión y lectura) que reciben información del pulvinar. El córtex asociativo prefrontal es fundamental para la planificación del movimiento y la conducta, la memoria (el pensamiento), la cognición y el aprendizaje (Bhatnagar SC, Andy OJ, 1997).

Los conocimientos básicos de lectura y aritmética pueden influir en el éxito de los individuos en el entorno escolar. Las habilidades de logro están correlacionadas con las habilidades intelectuales generales (Gagné & St Père, 2001; Lambert & Spinath, 2018; Mayes, Calhoun, Bixler, & Zimmerman, 2009; Peng, Wang, Wang, & Lin, 2019). A menudo, los estudios de neuroimagen controlan el efecto del coeficiente intelectual identificando los fundamentos neuronales únicos de las habilidades de logro y sus deficiencias (Ashkenazi, Rosenberg-Lee, Tenison y Menon, 2012; De Smedt, Holloway y Ansari, 2011; Eden et al., 2004; Hoeft et al., 2006; Koyama et al., 2011; Pugh et al., 2008; Rosenberg-Lee, Barth y Menon, 2011).

Aunque se ha criticado desde un punto de vista lógico, estadístico y/o metodológico (Dennis et al., 2009), se sigue debatiendo si se debe controlar el CI cuando se estudian las relaciones entre las habilidades de logro y las estructuras/funciones cerebrales. En la

literatura la falta de consenso es evidente por la mayoría de los estudios de neuroimagen de lectura y aritmética que optan por controlar el CI (Ashburn, Flowers, Napoliello, & Eden, 2020; Bultue et al., 2019; Jolles et al., 2016; Michels, O'Gorman, & Kucian, 2018; Paz-Alonso et al., 2018).

Estudios anteriores que abordaban el papel del CI y la predicción de las respuestas de intervención y las habilidades de rendimiento han indicado que el CI no es una causa directa de ningún rendimiento académico (Brankaer, Ghesquiere, & De Smedt, 2014; Fletcher, Francis, Rourke, Shaywitz, & Shaywitz, 1992; Francis, Fletcher, Shaywitz, Shaywitz, & Rourke, 1996; Murayama, Pekrun, Lichtenfeld, & Vom Hofe, 2013) o la intervención de respuesta para los problemas de aprendizaje (Stuebing, Barth, Molfese, Weiss, & Fletcher, 2009; Vellutino, Scanlon, & Lyon, 2000).

No es una causa directa debido a las circunstancias adyacentes. Pero el coeficiente intelectual está relacionado con la facilidad para un mejor rendimiento académico, ya que está relacionado con la eficacia en el proceso de la memoria (Abreu 2022).

Se ha demostrado en estudios de neuroimagen que las activaciones en regiones centrales implicadas en las habilidades de logro (unión temporoparietal izquierda para la lectura) son independientes del CI (Hancock, Gabrieli, & Hoeft, 2016; Simos, Rezaie, Papanicolaou, & Fletcher, 2014; Tanaka et al., 2011). Las correlaciones observadas entre las pruebas de rendimiento y de CI reflejan la consecuencia de que ambas pruebas miden factores comunes. El uso del CI como covariable podría eliminar algunos factores específicos responsables de una capacidad de rendimiento, produciendo resultados de RM contraintuitivos o sobrecorregidos. Sin embargo, podría ser igualmente erróneo no utilizar el CI como covariable de interés, lo que daría lugar a que no se tuvieran en cuenta posibles factores compartidos entre las medidas de rendimiento y de CI (activación/conectividad cerebral).

Tanto las medidas de CI como las de rendimiento pueden examinarse simultáneamente (prueba F con dos medidas de interés) para detectar las regiones en las que las señales cerebrales pueden explicarse por su combinación o por cualquiera de las dos medidas (Mumford, Poline y Poldrack, 2015). Este enfoque puede responder a preguntas como "qué regiones muestran asociaciones con una medida (lectura o CI) o con ambas medidas". Identificar las regiones comunes a ambas medidas puede ayudarnos a

entender los neuromecanismos que subyacen a las interacciones bidireccionales entre las medidas de CI y el rendimiento.

El rendimiento de la lectura a temprana edad predice el coeficiente intelectual posterior y el coeficiente intelectual predice el rendimiento de la lectura posterior, específicamente, para las relaciones de lectura y coeficiente intelectual (Chu, vanMarle, & Geary, 2016; Ramsden et al., 2013; Ritchie, Bates, & Plomin, 2015). Un entrenamiento aritmético de 10 semanas mejora el CI y 13 semanas de entrenamiento de razonamiento mejoran el rendimiento aritmético (Lowrie, Logan, & Ramful, 2017; Sánchez-Pérez et al., 2017).

Un meta-análisis de estudios longitudinales demostró que las capacidades intelectuales y el rendimiento tanto en lectura como en matemáticas se predicen mutuamente incluso después de controlar el rendimiento inicial (Peng et al., 2019). Los sustratos neurales mediados por los factores latentes compartidos en las capacidades y los logros del CI, no pueden ser delineados por las prácticas analíticas comunes.

El objetivo principal del estudio era explorar cómo las imágenes de resonancia magnética en estado de reposo (rs-fMRI) se correlacionan con las medidas de rendimiento y coeficiente intelectual en adultos jóvenes cuyos logros y puntuaciones variaban a lo largo de un continuo desde el rendimiento convencional hasta el superior. El objetivo se abordó de dos maneras: (1) dos covariables de interés, una para la medida de rendimiento (ya sea lectura o aritmética) y la otra para el CI a escala completa (FSIQ) y (2) primer componente principal (PC1) reducido a partir de las tres medidas (lectura, aritmética y CI a escala completa como covariable de interés). El primer enfoque utilizó pruebas F, lo que nos permitió detectar las regiones asociadas a cualquiera de las dos medidas (es decir, específicas) o las asociadas a la varianza común explicada por las dos medidas (Mumford et al., 2015).

El segundo enfoque, aplicó el análisis de componentes principales (PCA), explorando regiones comunes (Pugh et al., 2013), reflejando la variación compartida entre las tres medidas (dos medidas de rendimiento y el CI a escala completa), independientemente de los dominios de rendimiento. Al ponderar los datos de las imágenes de resonancia magnética en estado de reposo (rs-fMRI), los autores se centraron en dos métricas que indexaban las propiedades funcionales intrínsecas locales/regionales: el vóxel, siendo la primera la homogeneidad regional (ReHo) Zang, Jiang, Lu, He, & Tian, 2004), y la amplitud

fraccional de las fluctuaciones de baja frecuencia, la segunda métrica (fALFF; Zou et al., 2008).

La homogeneidad regional (ReHo), que se calcula mediante el coeficiente de concordancia de Kendall (KCC), estima la conectividad funcional intrínseca local o de corta distancia (iFC) entre las series temporales de un vóxel determinado y sus vóxeles vecinos más cercanos. Jiang et al., 2015, Jiang y Zuo, 2016 postularon que un valor más alto de homogeneidad, que representa una mayor sincronización de la actividad cerebral regional, indica una mayor especificación funcional en una región determinada (por ejemplo, la corteza visual primaria tiene el valor más alto de (ReHo) entre las regiones de la corteza visual ventral). La amplitud fraccional de baja frecuencia (fALFF) es un análisis de dominio para apreciar la contribución relativa de las oscilaciones específicas de baja frecuencia a toda la gama (Zou et al., 2008). Es decir, el fALFF es una medida de la actividad cerebral local, y no proporciona ninguna información sobre la conectividad funcional. Por lo tanto, (ReHo) y (fALFF) podrían ser complementarios de tal manera que potencialmente revelan diferentes regiones cerebrales asociadas con las funciones y disfunciones cognitivas, aunque a menudo se reportan resultados/regiones similares (Bueno et al., 2019; Hu et al., 2016; Yuan et al., 2013).

Tanto la homogeneidad como la amplitud fraccional han detectado con éxito regiones asociadas a diferencias individuales en las capacidades cognitivas (Kuhn, Vanderhasselt, De Raedt, & Gallinat, 2014; Yang et al., 2015), diagnósticos/trabajo clínico (Du, Liu, Hua, & Wu, 2019; Han et al, 2018; Hoexter et al., 2018; Respino et al., 2019; Xu, Zhuo, Qin, Zhu, & Yu, 2015; Xue, Lee, & Guo, 2018), y efectos de entrenamiento/experiencia (Koyama, Ortiz-Mantilla, Roesler, Milham, & Benasich, 2017; Qiu et al., 2019; Salvia et al., 2019; Wu et al., 2019).

Sin embargo, hasta la fecha, hay pocos estudios que hayan aplicado estas métricas a la hora de verificar las habilidades de rendimiento y/o el CI. Para la lectura, Xu et al., (2015) exploraron la amplitud fraccional de baja frecuencia (fALFF), con control del CI, y encontraron que hay asociaciones positivas entre (fALFF) en regiones relacionadas con la lectura (giro temporal superior) y la lectura semántica. Para la aritmética, Jolles et al., (2016) compararon un grupo de niños con dificultades matemáticas (habilidades aritméticas más bajas) y el grupo de control de CI. El primero se caracterizó por una mayor fALFF en el surco intraparietal, una región central asociada al procesamiento numérico

(Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003) y aritmético (Bugden, Price, McLean, & Ansari, 2012; Dehaene, Molko, Cohen, & Wilson, 2004; Jolles et al., 2016; Menon, 2010). En cuanto a la homogeneidad regional (ReHo), ningún estudio ha explorado sus patrones a nivel cerebral asociados a medidas de rendimiento o CI (Koyama et al., 2017).

Los autores optaron por utilizar la homogeneidad regional (ReHo) y la amplitud fraccional de baja frecuencia (fALFF) como métricas primarias, en lugar del análisis de correlación basado en la secuencia (SCA), que es la forma más común de examinar la conectividad funcional en estado de reposo. ReHo y fALFF no requieren conocimientos previos ni suposiciones, a diferencia del análisis de correlación basado en la secuencia, que requiere la selección de regiones de interés.

Los investigadores suelen seleccionar las regiones de interés basándose en las imágenes de resonancia magnética funcional de tareas anteriores. Según Koyama et al., (2011) los hallazgos en dominios cognitivos relevantes se emplean en múltiples regiones de interés en los estudios de meta-análisis de los hallazgos de la resonancia magnética funcional relacionados con la lectura.

En otras palabras, (SCA) descuida regiones cerebrales que no son seleccionadas por los investigadores, así como regiones cerebrales que no se activan típicamente durante las tareas cognitivas de interés. Por ejemplo, al examinar el procesamiento auditivo y sus trastornos, el análisis de correlación normalmente utilizaría secuencias localizadas en la corteza auditiva primaria.

Figura 1. Podemos observar el rendimiento en tres medidas cognitivas ($N = 72$). El gráfico (A) representa la media y la desviación estándar de cada medida. La línea horizontal representa la puntuación estándar de 85 (-1SD). En el gráfico (B) hemos ilustrado las relaciones entre el CI a escala completa (FSIQ), la identificación de letras y el cálculo (LW y Calc) las dos habilidades de logro (basado en Maki S. Koyama et al., 2020).

M.S. Koyama, et al.

Brain and Language 209 (2020) 104835

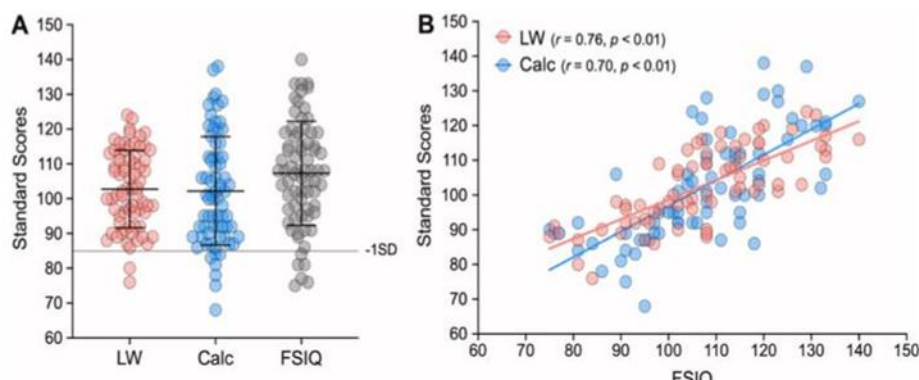


Figura 2. De los tres modelos tenemos resultados significativos de homogeneidad regional (ReHo). Los resultados de todos los modelos, mapeados en coordenadas MNI ($x = -12, y = -27, z = -3$), destacan el tálamo, centrado en el pulvinar izquierdo. El modelo 1 realiza una prueba F con dos covariables de interés, mientras que en el modelo 2 se realizó una prueba F con el cálculo (Calculation) y el CI a escala completa (FSIQ). En el modelo 3, el primer componente principal (PC1) entre tres medidas (LW, Cálculo y FSIQ) se introduce como covariable de interés. En los gráficos de dispersión de la derecha, se extrajeron los valores medios de (ReHo) del grupo respectivo en función de LW, Calc y FSIQ (basado en Maki S. Koyama et al., 2020).

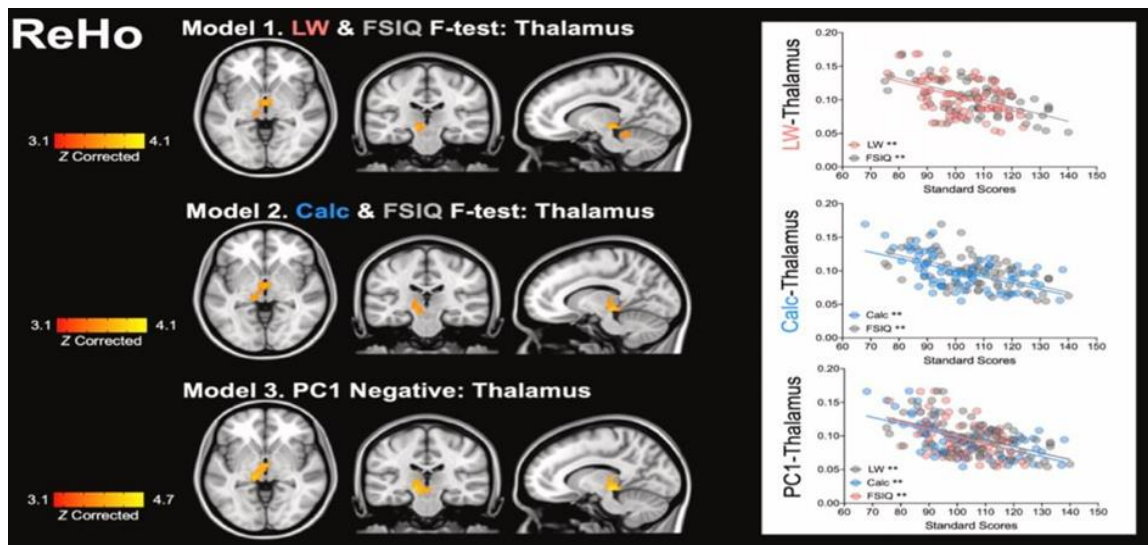


Figura 3 Visualizamos los resultados del clúster del tálamo común y del análisis de correlación significativa basado en la secuencia (SCA). El solapamiento entre los tres clusters talámicos se destaca en verde (imagen izquierda). El resultado de una prueba F con identificación de letras (LW) y CI a escala completa (FSIQ), mapeado en coordenadas MNI ($x = -46, y = -52, z = 26$), podemos destacar la conectividad funcional intrínseca (iFC) entre el tálamo común agrupado y la unión temporoparietal izquierda (basado en Maki S. Koyama et al., 2020).

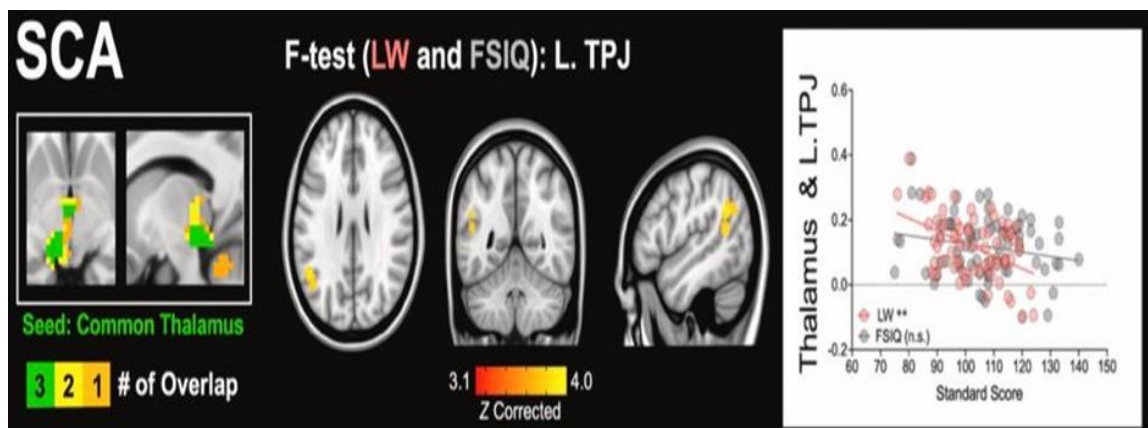
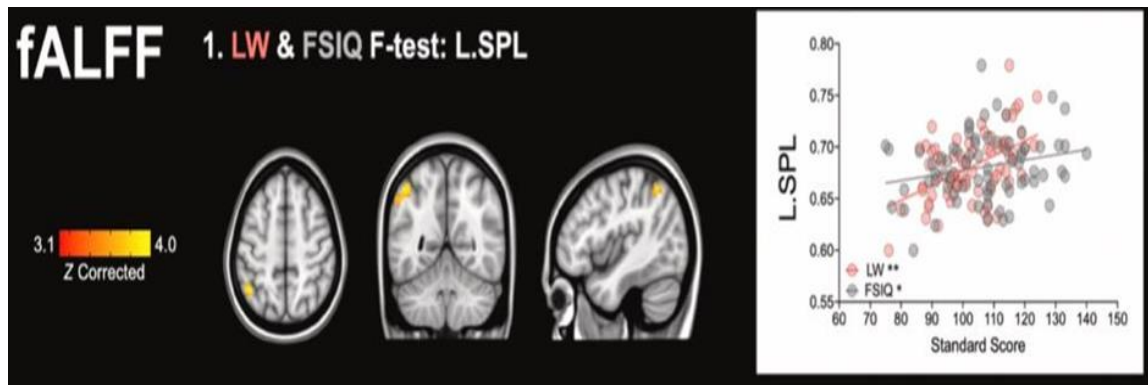


Figura 4 Observamos un resultado significativo de la fluctuación de amplitud fraccional de baja frecuencia (fALFF). El resultado de una prueba F con identificación de letras (LW) y coeficiente intelectual a escala completa (FSIQ), se mapeó en coordenadas MNI ($x = -42$, $y = -54$, $z = 51$), destacando el lóbulo parietal superior izquierdo (basado en Maki S. Koyama et al., 2020).



4 DISCUSIÓN

El estudio examinó simultáneamente medidas de lectura, aritmética y coeficiente intelectual en adultos jóvenes, con el objetivo de identificar los correlatos de la resonancia magnética de sus factores comunes. Para ello, utilizaron pruebas F para investigar el efecto de PC1 entre las tres medidas (lectura, aritmética y FSIQ). El principal hallazgo en estos modelos analíticos, es que la menor ReHo en el tálamo (el voxel máximo en el pulvinar izquierdo) se asoció con el rendimiento en cada una de las tres medidas, indicando que el tálamo representa un correlato neural del factor compartido entre la lectura, la aritmética y el FSIQ.

El resultado de la homogeneidad regional centrada en el tálamo (ReHo) es parcialmente consistente con la hipótesis de que el enfoque podría identificar regiones fuera de las redes funcionales del cerebro que habían sido frecuentemente reportadas por estudios previos de resonancia magnética funcional de la lectura, la aritmética y el CI. En la literatura, existe la posibilidad de que el tálamo no sea una región central implicada en la lectura, la aritmética o el coeficiente intelectual, pero la comunidad neurocientífica ha reconocido cada vez más el papel potencialmente importante del tálamo en el aprendizaje (Rose & Bonhoeffer, 2018) los procesos del lenguaje (Klostermann, Krugel, & Ehlen, 2013; Llano, 2013) y particularmente la lectura (Achal, Hoeft, & Bray, 2016; Diaz, Hintz, Kiebel, & von Kriegstein, 2012; Gaab, Gabrieli, Deutsch, Tallal, & Temple, 2007; Pugh et al, 2013; Stein, 2018a).

5 LIMITACIONES

La falta de datos sobre tareas en los dominios de la lectura, la aritmética y el coeficiente intelectual utilizando imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) restringió las comparaciones directas de las relaciones conductuales de homogeneidad regional (ReHo) siendo una de las limitaciones más evidentes del estudio. El tálamo es la región más expuesta en cuanto a las diferencias de configuración funcional entre la tarea y el reposo (conectado globalmente durante la tarea que en reposo). La medición tanto de la conectividad funcional intrínseca como de la conectividad funcional del tálamo nos permitiría aclarar las relaciones globales de conectividad-conducta (posibilidad de que la conectividad global del tálamo se asocie positivamente con las capacidades cognitivas). Podemos señalar que las regiones involucradas en la atención, son prerrequisitos del aprendizaje (Merkley, Matusz, & Scerif, 2018; Reynolds & Besner, 2006; Shaywitz & Shaywitz, 2008). Los estudios deben considerar la medición de diferentes aspectos de la atención (sostenida y selectiva) relacionados con los perfiles funcionales del cerebro que caracterizan la lectura, la aritmética y/o el coeficiente intelectual.

6 CONSIDERACIONES FINALES

Se examinaron simultáneamente las medidas de lectura, aritmética y coeficiente intelectual mediante métricas en resonancia magnética funcional en estado de reposo que caracterizan el sistema local intrínseco de propiedades funcionales. Se encontró que el ReHo (sitio de conectividad funcional) en el tálamo, particularmente en el pulvinar izquierdo implícito en la atención selectiva es un sitio común de convergencia para la variación cognitiva y la correlación neural para la lectura, la aritmética y las medidas de CI.

Cuanto mayor sea la homogeneidad regional (ReHo), menor será el rendimiento en las tres medidas. Podemos considerar que el tálamo es el sitio más conectado en reposo que realizando tareas. Las relaciones conductuales de homogeneidad negativa indican que una mayor ReHo en el tálamo en reposo puede reflejarse en una menor eficiencia local/preconfiguración óptima (presencia de un mayor coste energético en la reconfiguración de una tarea), asociada a un menor rendimiento en cada dimensión. El resultado de la fluctuación de amplitud fraccional de baja frecuencia (fALFF), sugiere que una mayor actividad funcional intrínseca local en el lóbulo parietal superior

izquierdo (red de atención dorsal) caracteriza un mejor rendimiento en la lectura y el CI. Podemos ver entonces que los componentes atencionales son críticos para las habilidades de logro y el CI y que el tálamo es un sitio común para las tres medidas, proporcionando una nueva visión de los mecanismos cerebrales que subyacen a un tipo de comorbilidad entre las dificultades aritméticas y la lectura, que podría co-ocurrir con la debilidad en las habilidades intelectuales generales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASHBURN, S. M. et al. Cerebellar function in children with and without dyslexia during single word processing. *Human brain mapping*, v. 41, n. 1, p. 120-138, 2020. <https://doi.org/10.1002/hbm.24792>. Consultado el 10 de mayo de 2022.

ASHKENAZI, S. et al. Visuo-spatial working memory is an important source of domain-general vulnerability in development of arithmetic cognition. *Neuropsychologia*, v. 51, n. 11, p. 2305-2317, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.031>. Fecha de acceso: 6 de mayo de 2022.

BHATNAGAR, S. C.; ANDY, O. J. *Neurociencia para el estudio de los trastornos de la comunicación*. Barcelona: Masson-Williams & Wilkins, 1997.

BRANKAER, C.; GHESQUIERE, P.; DE SMEDT, B. Los déficits de procesamiento de magnitudes numéricas en niños con dificultades matemáticas son independientes de la inteligencia. 2014 . Consultado el 6 de mayo de 2022.

CALABRESE, P. et al. Case Report: The cognitive-mnesic performance profile of a patient with bilateral asymmetrical thalamic infarction. *Int J Neurosci*, v. 71, p. 101-106, 1993.

CELERIER, A. et al. Déficit de memoria espacial y no espacial y de condicionamiento auditivo del miedo tras lesiones talámicas anteriores en ratones: comparación con el consumo crónico de alcohol. *Eur J Neurosci*, v. 12, p. 2575-2584, 2000.

CHU, F. W.; VANMARLE, K.; GEARY, D. C. Predicción del rendimiento en lectura y matemáticas de los niños a partir de los conocimientos cuantitativos tempranos y las capacidades cognitivas generales de dominio. 2016. *Frontiers in Psychology*, 7, 775. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00775>. Consultado el 4 de mayo de 2022.

DENNIS, M. et al. Why IQ is not a covariate in cognitive studies of neurodevelopmental

- disorders. *Journal of the International Neuropsychological Society*, v. 15, n. 3, p. 331-343, 2009. <https://doi.org/10.1017/S1355617709090481>. Consultado el 3 de mayo de 2022.
- GAGNÉ, F.; ST PÈRE, F. Cuando se controla el CI, ¿la motivación sigue prediciendo el rendimiento? *Intelligence*, v. 30, p. 71-100, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(01\)00068-X](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00068-X) Consultado el 1 de mayo de 2022.
- HANCOCK, R.; GABRIELI, J. D. E.; HOEFT, F. Shared temporoparietal dysfunction in dyslexia and typical readers with discrepantly high IQ. *Trends in Neuroscience and Education*, v. 5, n. 4, p. 173-177, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2016.10.001>. Consultado el 6 de mayo de 2022.
- KLOSTERMANN, F.; KRUGEL, L. K.; EHLEN, F. Papeles funcionales del tálamo para las capacidades lingüísticas. *Frontiers in Systems Neuroscience*, v. 7, 2013. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2013.00032>. Consultado el 8 de mayo de 2022.
- LOWRIE, T.; LOGAN, T.; RAMFUL, A. El entrenamiento visoespacial mejora el rendimiento en matemáticas de los alumnos de primaria. *British Journal of Educational Psychology*, v. 87, n. 2, p. 170-186, 2017. <https://doi.org/10.1111/bjep.12142>. Consultado el 8 de mayo de 2022.
- MUMFORD, J. A.; POLINE, J. B.; POLDRACK, R. A. Ortogonalización de regresores en modelos de RMF. *PLoS ONE*, n. 10, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126255>. Consultado el 10 de mayo de 2022.
- PENG, P. et al. A meta-analysis on the relation between fluid intelligence and reading/mathematics: Effects of tasks, age, and social economics status. *Psychological Bulletin*, v. 145, n. 2, p. 189-236, 2019. <https://doi.org/10.1037/bul0000182>. Consultado el 10 de mayo de 2022.
- RODRIGUES, F. A.; WAGNER, R. E. S.; BARTH, N. Inteligencia General. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, v. 6, 2022. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1854p4990. Consultado el 8 de mayo de 2022.
- TRANEL, D.; DAMASIO, A. R. Bases neurobiológicas de la memoria humana. [s.l.] Chichester: Wiley, 1995.
- WEINBERGER, N. M.; MCGAUGH, J. L.; LYNCH, G. **Sistemas de memoria del cerebro**

humano: procesos cognitivos animales y humanos. Nueva York: Guilford Press, 1985.

ZANG, Y. et al. Regional homogeneity approach to fMRI data analysis. **Neuroimage**, v. 22, n. 1, p. 394-400, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.12.030>. Consultado el 8 de mayo de 2022.