

Alteración en la memoria de trabajo tras enfermedad vascular cerebral: una revisión sistemática

Working memory dysfunction after a stroke: a systematic review

DOI: 10.18270/chps.v21i1.3533

Recibido: 01-28-2021 Aprobado: 03-15-2021

<https://revistas.usb.edu.co/index.php/UJPR>

Daniel Alfredo Landínez Martínez 

Universidad de Manizales
Universidad Católica Luis Amigó
daniel.landinezma@amigo.edu.co

David Andrés Montoya Arenas 

Universidad Pontificia Bolivariana
Universidad San Buenaventura
david.montoya@usbmed.edu.co



Copyright: ©2019.

La Revista Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología proporciona acceso abierto a todos sus contenidos bajo los términos de la licencia creative commons Attribution-NonCommercial- NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NCND 4.0)

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del artículo, así como los archivos de soporte de información.

Conflicto de intereses: Los autores han declarado que no hay conflicto de intereses.

Resumen

Las alteraciones neurológicas como la Enfermedad Vascular Cerebral (EVC) disminuyen la habilidad de mantener y, simultáneamente, procesar información para usar en tareas complejas. Esta habilidad se conoce como Memoria de Trabajo (MT). La MT es fundamental para la selección y atención de información relevante, así como para filtrar estímulos distractores, funciones también conocidas como control atencional. Así mismo, la MT involucra procesos relacionados con dividir la atención en varias tareas, actualizar y monitorear información de tipo verbal y visoespacial, e inhibir respuestas impulsivas. Aunque se ha desarrollado investigación sobre la MT desde hace más de 40 años, aún es necesario realizar un estudio de revisión sistemática que permita conocer con claridad las alteraciones de la MT después de una EVC. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es presentar los hallazgos más significativos reportados en la literatura. Para ello, se plantea una ecuación de búsqueda que se aplica en la base de datos de Web of Science (WoS) entre enero de 2010 y enero de 2018. Los resultados mostraron tres enfoques, relacionados con estudios sobre MT por heminegligencia visoespacial, alteración de la arteria carótida y EVC en el cerebelo.

Palabras clave: Memoria de trabajo, Enfermedad vascular cerebral, Heminegligencia visoespacial, Arteria carótida, Cerebelo.

Abstract

Neurological disorders such as stroke decrease the ability to maintain and -simultaneously- process information for its use in complex tasks. This skill is known as Working Memory (WM). WM is relevant for the selection and attention of information, as well as for filtering distracting stimuli – functions also known as attentional control-. Likewise, WM involves dividing attention into various tasks, updating and monitoring verbal and visuospatial information and inhibiting impulsive responses. Although WM has been studied for more than 40 years, a systematic review study is still necessary to clearly understand changes in WM after a stroke. Therefore, the aim of this article is to present the most significant findings reported in the literature. To do this, we propose a search equation that is applied in the Web of Science (WoS) database from January 2010 to January 2018. These findings showed 3 approaches related to: Studies on WM due to visuo-spatial neglect, carotid artery deficits and stroke in the cerebellum.

Keywords: Working memory, Stroke, Neglect, Carotid artery, Cerebellum

Introducción

La MT es un constructo que involucra el mantenimiento temporal y manipulación de la información adquirida recientemente, o recuperada de la memoria a largo plazo (Baddeley, 2017). El modelo de Baddeley es uno de los más reconocidos, entre varios que buscan describir los principios de operación de la MT (Osaka et al., 2012). La MT abarca subsistemas que interactúan como: dos subsistemas unimodales (bucle fonológico para información verbal y la agenda visoespacial para información visual y espacial), un sistema flexible (ejecutivo central), responsable del control y regulación de los subsistemas de almacenamiento, y un sistema multimodal con capacidad de almacenamiento limitada (bucle episódico), que permite la interacción entre los componentes de la MT y la comunicación con la memoria a largo plazo (Baddeley, 2012).

Las alteraciones en la MT son altamente prevalentes después de EVC (Leśniak et al., 2008; Riepe et al., 2004; Zinn et al., 2007). Por ejemplo, en un estudio se encontró que la prevalencia de la alteración de la MT era del 49% entre todos los participantes con EVC y del 34% entre los pacientes que presentaron buena recuperación clínica (Jokinen et al., 2015). Por otra parte, se encontró que los individuos con alteraciones de la MT tienen menores niveles de recuperación, dentro de los que se pueden encontrar un bajo desempeño en actividades básicas e instrumentales de la vida diaria (Leśniak et al., 2008), menores tasas de reincorporación al trabajo (Ownsworth & Shum, 2008), menos participación social (McDowd et al., 2003), mayores tasas de institucionalización (Pasquini et al., 2007) y costos más altos en salud (Claesson et al., 2005). Dado lo anterior, aunque el estudio de las actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD) no sea el foco de estudios a largo plazo, varias investigaciones con fases de seguimiento entre cinco y diez años reportan consecuencias negativas después de un EVC (Feigin et al., 2010; Wolfe et al., 2011). Por ejemplo, un grupo de investigadores encontró que las AIVD estaban afectadas en gran parte de la población que sufrió EVC. De un total de 196 pacientes, el 74% reportó dificultades emocionales, para concentrarse y caminar. Cerca del 52% de la muestra tomada en cuenta reportó que necesitaban ayuda en el cuidado personal y las tareas de la casa (Walsh et al., 2015). Así mismo, otro estudio en pacientes con EVC reportó que, después de seis años, solo el 35% de la población se consideraba tan activa como antes de sufrir el EVC (Singam et al., 2015).

En este sentido, también se ha logrado identificar que la literatura actual adolece de un artículo de revisión que permita conocer las alteraciones de la MT después de una EVC. Por ejemplo, con respecto a los déficits en el bucle fonológico, se ha encontrado que pacientes con alteración en el almacén fonológico presentan déficits selectivos para recordar información verbal por un periodo corto de tiempo y su span de memoria para estímulos verbales es de uno o dos ítems (Shallice, 1991). Por otra parte, las alteraciones en el proceso de repaso articulatorio se ven evidenciadas en dificultades para articular el lenguaje explícito (Richards, 2002). Sin embargo, estos estudios no especifican las diferencias con respecto a la extensión de la lesión en cada paciente, lo cual sería útil para poder encontrar diferencias al evaluar span de memoria.

Aun así, se ha encontrado que las alteraciones de la agenda visoespacial están más relacionadas con la EVC de hemisferio derecho, particularmente de la corteza parietal posterior. Ante esta lesión, los pacientes evidencian dificultades para orientarse y responder a estímulos ubicados en el espacio contralateral a la lesión. En el desempeño de AIVD, los pacientes con esta alteración presentan dificultades para afeitarse, ir al baño, caminar, vestirse y poner atención a estímulos o personas del campo visual izquierdo (Jehkonen et al., 2006).

Adicionalmente, se ha encontrado que posterior a un EVC en zonas del lóbulo frontal, los déficits están relacionados con habilidades para la actualización de la información. Esta habilidad es el principal componente del ejecutivo central, que tiene como objetivo modificar el contenido de la información en MT continua y simultáneamente, teniendo en cuenta la información más reciente. De hecho, pacientes con déficits en el funcionamiento del ejecutivo central presentan dificultades para monitorear la información entrante, inhibir la atención a los estímulos irrelevantes y centrarse en la información más esencial para la ejecución de la tarea (Zhao et al., 2013).

Finalmente, el bucle episódico contribuye a la conservación y mantenimiento activo de las huellas de memoria. Por ejemplo, un estudio reportó que alteraciones de este subcomponente de la MT impiden el recuerdo inmediato de una historia corta en pacientes con EVC (Berlinger et al., 2008). De la misma manera, se ha encontrado que, tras una lesión cerebral, el bucle episódico es incapaz de recuperar palabras de la memoria a largo plazo e integrarlas con información de diversas modalidades; por ejemplo, traducir una palabra de lengua de señas que está almacenada en la agenda visoespacial, a una palabra en español que se encuentra en el bucle fonológico. Así mismo, estos pacientes presentan dificultades para la comprensión y producción del lenguaje (Henderson et al., 2017).

Dados los hallazgos presentados anteriormente y la diversidad de datos en la literatura con respecto a las alteraciones de la MT posterior a un EVC, este artículo busca construir un marco teórico desde una perspectiva cronológica, mostrando los diferentes aportes en el tiempo.

Metodología

Para la construcción del artículo, se utilizaron herramientas que permitieran realizar un rastreo sobre la evolución de las alteraciones de la MT después de una EVC. La primera herramienta empleada fue la base de datos de la Universidad Nacional de Colombia en su sistema de red de bibliotecas *Sinab*. Allí se seleccionó la base de datos indexada *Web of Science* (WoS) para identificar los artículos sobre alteraciones de la MT en la EVC. Para esto, se utilizó la siguiente ecuación de búsqueda (EB): Topic= (Working memory dysfunction) AND Title=(Stroke), con un rango de fecha desde enero de 2010 hasta diciembre de 2018. La búsqueda arrojó un total de 116 estudios que cumplían con los criterios mencionados; cabe anotar que ningún artículo fue retirado manualmente para mejorar la precisión de los resultados analizados, utilizando la teoría de grafos.

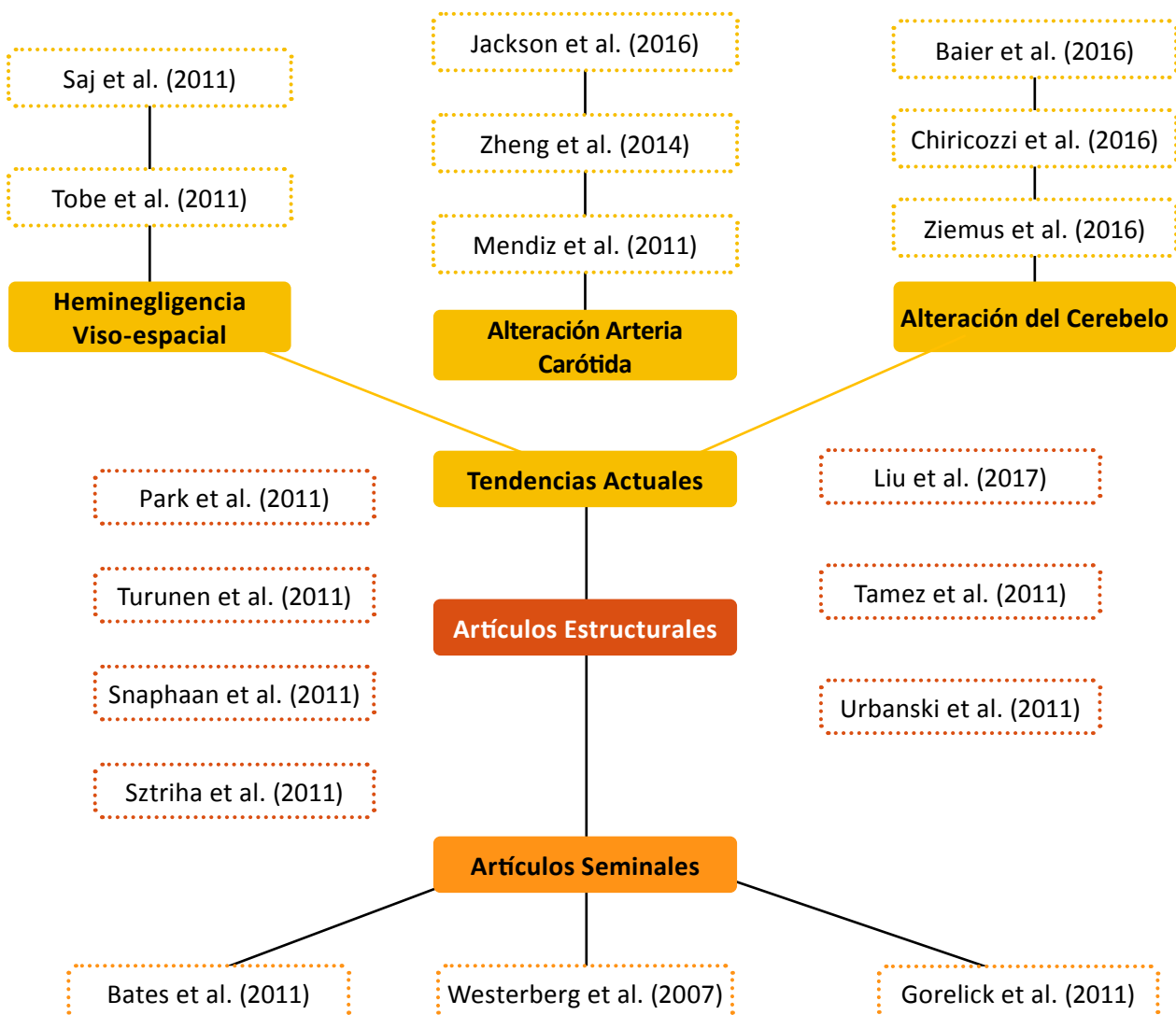
Una vez obtenidos, los resultados fueron cargados a la plataforma web Tree of Science (ToS) (árbol de la ciencia) (Robledo et al., 2014). ToS posibilita la construcción y entendimiento práctico del marco teórico y estado del arte a partir de la búsqueda inicial en WoS. El algoritmo de ToS se

basa en la teoría de grafos, donde los artículos son representados como nodos y las citas entre ellos, como links. De esta manera, cada nodo representa una unidad de conocimiento ubicada dentro de la red. Los nodos más importantes son identificados a partir de su posición, la cual se determina de acuerdo a los links que conectan a otros nodos (Hirsch, 2005). Por lo tanto, los artículos ubicados en la raíz son las referencias seminales de alteración de la MT en la EVC, y los del tronco, los artículos estructurales. Por último, las hojas son artículos que determinan las perspectivas actuales. De esta manera, se puede visualizar la información científica en forma de árbol (Figura 1).

Finalmente, se utilizó el paquete en bibliometrix R-Cran para convertir el archivo obtenido en Web of Science en dos columnas de Excel y crear una red de co-citaciones (Aria & Cuccurullo, 2017). Al final de este proceso, se ejecutó un algoritmo para encontrar las comunidades científicas (clusters) más relevantes, relacionadas con las alteraciones de la MT después de una EVC (Bastian et al., 2009). Con el propósito de confirmar los temas relacionados con las perspectivas, se realizó un análisis de minería de datos con el paquete r wordcloud, utilizando las palabras de los títulos de los artículos (Fellows, 2012). Para concluir, los artículos fueron seleccionados de acuerdo al número de trabajos citados, como se explica en un estudio reciente (Zuluaga et al., 2017).

Figura 1

ToS basada en la EB



Resultados

Una vez identificados los artículos, se hace un recuento de los aspectos más importantes de las alteraciones de la MT en la EVC; esto con el fin de crear una visión general del tema, brindando una revisión de los aspectos claves en relación con estos constructos. Por ejemplo, en las raíces, se encuentra un estudio, cuyo objetivo fue analizar, por medio de una técnica de análisis basado en voxel, la relación entre el tejido cerebral afectado por EVC y la conducta. Esta técnica fue utilizada para medir fluidez y comprensión verbal en 101 pacientes con EVC de hemisferio izquierdo y diagnóstico de afasia.

Las puntuaciones en las pruebas de fluidez verbal reflejan una combinación de habilidades relacionadas con la articulación y producción de oraciones, así como con la tarea de encontrar la palabra adecuada para expresar una idea, mientras que la comprensión verbal representa la capacidad de reconocer palabras y de responder preguntas simples SI/NO. Los hallazgos reportan que la fluidez verbal se veía afectada por lesiones en la ínsula y en el fascículo arqueado. Por su parte, la comprensión verbal se vio más afectada por lesiones en el giro temporal medial, en la corteza prefrontal dorso lateral (CPFDL) y en la corteza de asociación parietal. Los autores concluyen que el papel de la ínsula en tareas de fluidez verbal podría ser producto de una lesión en el área de Broca, mientras que el papel del giro temporal medial en la comprensión verbal es una consecuencia de la presencia de lesiones en el área de Wernicke (Bates et al., 2003).

Posteriormente, se realizó una investigación que tuvo como objetivo evaluar los efectos de un programa de entrenamiento cognitivo computarizado en la MT de 18 pacientes con EVC. La intervención se realizó durante cinco semanas y se buscó medir tales efectos mediante un cuestionario de fallas cognitivas. Los autores reportan que el grupo experimental obtuvo puntuaciones significativas, en comparación con el grupo control, en tareas no entrenadas (transferencia lejana) que midieron MT y atención. De la misma manera, se encontró que las puntuaciones relacionadas con síntomas de fallas cognitivas disminuyeron. Finalmente, se sugiere continuar el estudio de los entrenamientos cognitivos computarizados de la MT pues es una habilidad que apoya procesos relacionados con el desempeño vocacional y tareas de la vida diaria, como razonamiento, control atencional y la capacidad para ignorar estímulos irrelevantes para la ejecución de una tarea específica (Westerberg et al., 2007).

Para concluir, se publicó una declaración sobre la relación entre las lesiones de tipo vascular y el deterioro cognitivo, en conjunto con la demencia. El método utilizado fue la revisión sistemática de literatura entre el año 1990 y el 2000. Los resultados encontrados sugieren que el constructo de alteración cognitiva vascular (ACV) hace referencia a la totalidad del espectro de alteraciones cognitivas asociadas con todas las formas de lesión cerebral vascular, no solo con EVC; es decir, estas formas de lesión cerebral van desde el deterioro cognitivo leve hasta la demencia. En este sentido, se encontró que las técnicas de neuroimagen juegan un papel importante en la definición y detección de la ACV y aportan evidencia de que las formas subcorticales de ACV con hiper-intensidades de sustancia blanca y pequeños micro-infartos son muy comunes. En la mayoría de los casos, los marcadores de riesgo para la ACV son los mismos para la EVC. Adicionalmente, se concluye que el grosor de la arteria carótida y su rigidez son marcadores de riesgo emergentes de envejecimiento arterial y pueden ejercer como marcadores de riesgo para la ACV (Gorelick et al., 2011).

Ahora bien, los artículos que se encuentran en el tronco son los que le comienzan a dar forma a la temática de las alteraciones de la MT en la EVC. Estos son artículos más específicos sobre este tema y, con el tiempo, se han convertido en referentes. Así, se encontró un trabajo que estudió, mediante resonancia magnética funcional, el funcionamiento del lóbulo temporal medial, fundamental para la decodificación y recuperación de la información en pacientes con EVC; en dicho estudio, los pacientes fueron evaluados por medio del paradigma de MT n-back.

Los autores reportan que los pacientes con alteración de la memoria episódica entre seis y ocho semanas después del infarto presentaban una reducción en la funcionalidad del lóbulo temporal medial. Estos resultados se apoyan en evidencia de modelos de neuro-imágenes, neurofisiología y computacionales, que resaltan la importancia de la interacción entre el lóbulo temporal medial, la corteza parietal, el tálamo y la corteza prefrontal, para que la memoria episódica funcione adecuadamente. De hecho, cualquier lesión en este circuito da como resultado alteraciones en la memoria, probablemente debido a una disminución en el funcionamiento del lóbulo temporal medial o cualquiera de los elementos de la red (Snaphaan et al., 2009).

Por otra parte, un estudio adicional se enfocó en investigar el correlato anatómico de los signos de heminegligencia en pacientes con EVC. Se utilizó tractografía por tensor de difusión en doce pacientes con EVC de hemisferio derecho. Seis de los doce pacientes presentaban signos de heminegligencia, así que los demás sujetos fueron asignados a un grupo control. Posteriormente, se realizó una comparación no paramétrica basada en voxel entre los dos grupos, lo que permitió observar desconexiones en la red fronto-parietal y fronto-occipital de los pacientes con heminegligencia. Los hallazgos indican que la alteración de estas redes corticales, fundamentalmente del hemisferio derecho, se vieron evidenciadas en déficits relacionados con la orientación visoespacial, el arousal y la MT espacial (Urbanski et al., 2011).

Una publicación más reciente, basada en las controversias con respecto a que los déficits de la memoria están relacionados con las alteraciones del funcionamiento ejecutivo, se propuso aclarar esta discusión, observando pacientes con EVC. Se compararon las medidas de memoria e inteligencia general (razonamiento) en pacientes con y sin alteración del funcionamiento ejecutivo. Los hallazgos reportan que los primeros tuvieron un menor desempeño en el aprendizaje de una lista de palabras y el recuerdo inmediato de una historia corta, así como en la prueba de razonamiento, seis meses después de la EVC, en comparación con los sujetos sin alteraciones en el funcionamiento ejecutivo. Este menor desempeño se siguió manteniendo dos años después en tareas relacionadas con el aprendizaje de una lista de palabras, en la fase de recuerdo demorado de la misma lista, en el recuerdo inmediato de figuras geométricas y en la prueba de razonamiento. Este estudio concluye que, a pesar del desempeño por debajo de lo esperado en pruebas de memoria por parte de los sujetos con déficit ejecutivo, estas alteraciones podrían deberse más a las alteraciones en la capacidad de razonamiento en sí que a un déficit específico del funcionamiento ejecutivo (Turunen et al., 2016).

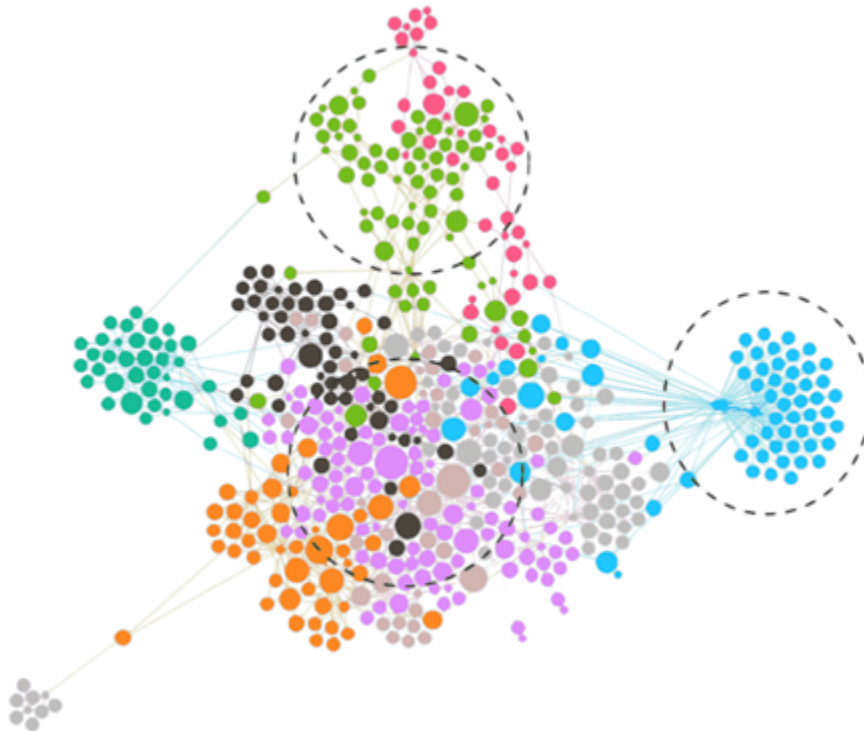
Por último, otra investigación se propuso identificar cambios dinámicos en la organización funcional de la red neuronal por defecto (RND) y la red dorsal atencional de 27 pacientes con alteración de la memoria después de una EVC de hemisferio derecho. Se realizó una evaluación neuropsicológica, así como resonancia magnética funcional. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: un aumento significativo de la conectividad funcional entre la RND, la corteza prefrontal y las regiones temporales; y una disminución en la conectividad funcional de la RND y el giro temporal medial, la úvula izquierda y el lóbulo parietal inferior derecho, y entre la red atencional dorsal y la corteza prefrontal, el giro parietal inferior derecho y la ínsula derecha. Estos resultados sugieren que la EVC afectó tanto los hemisferios lesionados como los contra-lesionados (Liu et al., 2017). Estos hallazgos son significativos dado que las proyecciones parietales que ingresan a la corteza prefrontal dorsal y que, posteriormente, se integran a la información espacial que se envía a la región prefrontal dorsal, forman, finalmente, la memoria espacial (Fox et al., 2005).

En la parte correspondiente a las ramas, se ubican las diferentes perspectivas que se encontraron. Las ramas muestran una densidad mayor en la estructura de la red, son artículos que tratan un subtema de las alteraciones de la MT en la EVC. El resultado del análisis arrojó tres enfoques relacionados con: heminegligencia visoespacial, estudios sobre la MT por alteraciones de la arteria carótida y estudios sobre la MT por EVC en el cerebelo.

Con el propósito de justificar lo anterior, se presenta la Figura 2, que muestra una red de co-citaciones de acuerdo con la búsqueda explicada en la metodología. Cada círculo de color representa un artículo de investigación, y las líneas que los unen hacen referencia a citas y referencias. El software utilizado fue Gephi (Bastian et al., 2009). Esta visualización sugiere comunidades científicas (clusters) bien definidas, lo que representa un tema de investigación de interés y en crecimiento. La red azul hace referencia a los estudios en heminegligencia; la red verde, a los estudios que tienen en cuenta la arteria carótida y; por último, la red morada corresponde a estudios enfocados en el cerebello.

Figura 2

Red de co-citaciones (Alteración de la MT y EVC)



Estudios en heminegligencia visoespacial

Un estudio reciente evaluó el correlato anatómico del desempeño de pacientes con heminegligencia en diferentes pruebas que miden este síndrome. Se evaluó individualmente a 25 pacientes con EVC subagudo de hemisferio derecho, utilizando tractografía por tensor de difusión. Los hallazgos mostraron que las lesiones en los nodos de la red atencional ventral (giro angular y giro supramarginal) se asociaron con déficits en el desempeño de todas las pruebas utilizadas. Es importante mencionar que se encontró que las lesiones en la sustancia blanca producían déficits relacionados con la heminegligencia. Las neuro-imágenes mostraron que los daños en la rama ventral del fascículo longitudinal superior (FLS) y en el fascículo fronto-occipital inferior (FFOI) predecían puntuaciones patológicas en la fase de copia de la figura de rey y en la prueba de las campanas. Estos resultados sugieren que se debe realizar un análisis de lesiones, tanto de sustancia blanca como gris, para determinar el correlato neuronal de déficits relacionados con la heminegligencia. De la misma manera, también sugieren que los daños en cualquier porción de los tractos de sustancia blanca podrían dar origen a distintos signos clínicos de heminegligencia, probablemente induciendo alteraciones en distintas redes (Toba et al., 2018). La Figura 3 ilustra la red de co-citaciones de esta comunidad académica con la nube de palabras.

a cargo del control ejecutivo de la codificación y uso de la información almacenada. Un papel fundamental de las áreas parietales en la MT espacial que también es compatible con otros estudios es que la ubicación del estímulo esperado se mantiene en la memoria antes de la aparición del mismo, lo que normalmente ocasiona el reclutamiento de áreas intra-parietales de manera espacio-tópica (Jerde & Curtis, 2013).

Estudios sobre MT por alteración de la arteria carótida

Un estudio evaluó los efectos del stent de la arteria carótida (SAC) en el funcionamiento cognitivo; esta investigación se enfocó especialmente en las funciones ejecutivas de pacientes con estenosis severa asintomática de la arteria carótida interna (ACI). Los autores evaluaron el estado neuropsicológico de 20 pacientes con estenosis asintomática unilateral de la ACI del 60% o más. Se utilizó una batería neuropsicológica de funciones ejecutivas antes y después del SAC. Aunque el desempeño cognitivo se encontraba en niveles promedio antes de la intervención, las puntuaciones en pruebas de funcionamiento ejecutivo mejoraron después del SAC, en especial en lo referente a cambio de tarea, velocidad de procesamiento y búsqueda de símbolos. Además, los beneficios en la MT evaluada por medio del Span de dígitos fueron ligeramente significativos, en comparación con otras funciones ejecutivas (Mendiz et al., 2011) results have been conflicting. The object of this study was to assess the effect of CAS on cognitive status, with special interest on executive functions, among patients with severe asymptomatic internal carotid artery (ICA).

Aunque el mecanismo exacto por el cual se encuentra un mejor desempeño en tareas de funcionamiento ejecutivo no es claro, podría llegar a explicarse por medio de una red neuronal que depende del funcionamiento de la corteza prefrontal que es irrigada por la ACI (Manes et al., 2002; Stuss, 2002) with particular emphasis on decision-making processes, following damage to different sectors of the human prefrontal cortex. Patients with discrete orbitofrontal (OBF. Dado que se han comprobado bajos niveles de reserva cognitiva en pacientes con estenosis severa de la ACI (Chaer et al., 2010), estas alteraciones se normalizan después de la intervención con SAC (Niesen et al., 2004). Por tal razón, este estudio hipotetizó que el aumento en el desempeño cognitivo se pudo lograr, al menos en parte, por el aumento en el flujo sanguíneo posterior al SAC. La Figura 4 ilustra la red de co-citaciones de esta comunidad académica con la nube de palabras.

Figura 4

Red de co-citaciones y nube de palabras (Comunidad Académica 2)



Continuando con la misma línea de trabajo, el propósito de otra investigación fue evaluar la relación entre el grado de estenosis de la ACI y la activación frontal inducida por una tarea de MT, utilizando resonancia magnética funcional. Se analizaron los datos de las neuro-imágenes de 21 pacientes con estenosis de la ACI unilateral y de 21 sujetos controles. En comparación con estos últimos, los pacientes con estenosis de la ACI presentaron mayor activación en el giro frontal medial (GFM) bilateral, núcleo de la MT, particularmente del hemisferio izquierdo. En la estenosis de la ACI derecha, se presentó menor activación del GFM que en los sujetos control. En este sentido, una menor actividad del GFM está asociada con un mayor nivel de estenosis de la ACI ipsilateral. En el caso de estenosis de la ACI izquierda, una menor activación del GFM izquierdo estuvo correlacionada negativamente con el grado de estenosis. De la misma manera, en el caso de la estenosis de la ACI derecha, se encontró una correlación negativa significativa con la menor actividad del GFM derecho. Las alteraciones cognitivas producidas por la estenosis de la ACI estuvieron asociadas con la alteración del lóbulo frontal. Cuando se presentó la estenosis de la ACI izquierda, se obtuvieron alteraciones más significativas de la MT, en comparación con los casos de estenosis de la ACI derecha (Zheng et al., 2014).

Finalmente, un estudio evaluó el impacto de la aterosclerosis en la cognición, incluso en pacientes asintomáticos para EVC. Se hipotetizó que los pacientes tendrían un menor desempeño en comparación con los sujetos control, pero que el estado sintomático/asintomático no tendría ningún efecto. Se realizó una evaluación neuropsicológica a 52 candidatos a intervención por endarterectomía, con 60% de estenosis carótida, así como a 17 sujetos control. Tanto los sujetos asintomáticos como los sintomáticos presentaron un déficit en las funciones ejecutivas, recuerdo verbal demorado y conocimientos generales. Los pacientes sintomáticos de EVC también tuvieron un menor desempeño en pruebas de lenguaje y habilidades visomotoras. En comparación con los sujetos control, las puntuaciones más bajas se encontraron en MT y estaban asociadas a una historia de EVC, tanto de pacientes sintomáticos como asintomáticos (Jackson et al., 2016).

Estudios sobre MT por EVC en el cerebelo

El cerebelo es una de las estructuras que más recientemente han sido incluidas en la explicación de la MT verbal (MTv) (Li et al., 2004). Por ejemplo, en un estudio, se evaluó a un paciente con déficit selectivo de MTv, producto de una lesión isquémica cerebelosa bilateral. Después del evento, el paciente tuvo dificultades para ejecutar tareas relacionadas con recuerdo de palabras serial inmediato y demorado, así como en tareas de reconocimiento auditivo-verbal demorado. Sin embargo, el desempeño en la tarea de span de dígitos se mantuvo conservado. Para conocer las contribuciones del cerebelo a la MTv, se diseñaron cuatro experimentos, dirigidos a cada uno de los componentes de la MTv, cuya ejecución se realizó 18 meses después de la lesión. Los resultados se compararon con datos normativos o con un grupo control (Chiricozzi et al., 2008).

En el experimento 1, se evaluó el span de dígitos por medio de listas de números que variaron en cantidad. En el experimento 2, el repaso articulatorio fue evaluado por medio de la medición de la longitud de las palabras y los efectos de supresión articulatoria. El experimento 3 evaluó el almacén del bucle fonológico por medio del efecto de recencia, el efecto de similitud fonológica y los olvidos a corto plazo. Los hallazgos sugirieron un papel fundamental del componente semántico del material procesado que fue evaluado en el experimento 4, en donde se analizó el recuerdo serial de palabras y no palabras. En este sentido, el paciente presentó una reducción de las puntuaciones en tareas que exclusivamente evaluaban el almacén del bucle fonológico, particularmente el experimento 3. No obstante, logró un buen desempeño en pruebas que evaluaron la recirculación de la información verbal (repaso articulatorio). Este patrón de resultados implica que el almacén del bucle fonológico es el núcleo del déficit del paciente. Se demuestra así el papel del cerebelo en la codificación y fortalecimiento de las claves fonológicas en MTv (Chiricozzi et al., 2008).

Recientemente, un proyecto de investigación evaluó si el cerebelo estaba involucrado en la tarea de filtrar la información entrante, o bien en su almacenamiento, por medio de una tarea de MT. La muestra estuvo compuesta por 29 pacientes con daño cerebeloso unilateral debido a EVC isquémico, como se comprobó mediante resonancia magnética funcional. Los resultados revelan que las lesiones en la amígdala cerebelosa, el lóbulo semilunar inferior y la pirámide del vermis, alteran la capacidad de recordar estímulos cuando estos se presentan en conjunto con distractores. Aun así, no se encontraron asociaciones entre las lesiones cerebelosas y el desempeño en tareas de memoria cuando la información pasaba de tres a cinco estímulos. Además, en comparación con los sujetos saludables, los pacientes no tenían la capacidad de filtrar (ignorar) distractores, pero sí de mantener la información. Por tal razón, este estudio concluye que la amígdala cerebelosa, la pirámide del vermis y el lóbulo semilunar inferior están involucrados en el control ejecutivo y en impedir que la información irrelevante ingrese a la MT (Baier et al., 2014).

Discusión y conclusiones

De acuerdo con esta metodología y forma de visualización de los artículos, se consiguió el principal objetivo de la investigación: identificar las diferentes perspectivas en torno a las alteraciones de la MT después de una EVC. Como resultado final, se presentan tres perspectivas: estudios sobre MT por heminegligencia visoespacial, alteración de la arteria carótida y EVC en el cerebelo. Los estudios relacionados con heminegligencia visoespacial presentan las siguientes tendencias: es probable que los déficits en la MT visoespacial estén relacionados con asimetrías espaciales en la conducta de pacientes con heminegligencia durante la ejecución de tareas clásicas de cancelación. En este sentido, los déficits en MT dan como resultado alteraciones en la conducta de búsqueda espacial, lo que lleva a los pacientes a identificar y marcar estímulos ya explorados. Por otra parte, estudios en neuro-imágenes han indicado el papel central que juega la red fronto-parietal derecha en el proceso de MT que permite el almacenamiento y manipulación de información espacial en el tiempo (Saj et al., 2018; Toba et al., 2018).

Con respecto a los trabajos en MT por alteración de la arteria carótida, se busca corroborar la hipótesis relacionada con que a mayor grado de estenosis de la arteria carótida izquierda, se encuentra menor actividad del giro frontal medial. En este sentido, cuando se presenta la estenosis de la ACI izquierda, se obtienen alteraciones más significativas de la MT, en comparación con los casos aquejados por estenosis de la ACI derecha (Jackson et al., 2016; Mendiz et al., 2011; Zheng et al., 2014).

Finalmente, los estudios en MT por alteración del cerebelo concluyen que cuando la EVC afecta la actividad cerebelosa bilateral, se encuentran déficits relacionados con el mantenimiento de información verbal a corto plazo. Así mismo, se ha descrito baja actividad cerebelosa anterior y posterior en la ejecución del span de dígitos bajo condiciones de poca práctica previa después de una EVC. Por otra parte, se ha encontrado que los pacientes con infarto cerebeloso aislado presentan mayor actividad BOLD en el giro angular y el precúneo durante una tarea de MT 2-back. El aumento significativo en la activación de las áreas parietales posteriores de los pacientes con lesión del cerebelo podría atribuirse a un mecanismo compensatorio para mantener el desempeño en la tarea. No obstante, ante una EVC que afecte el cerebelo, también se encuentran déficits para ignorar distractores en una tarea de MT, especialmente cuando la lesión afecta la amígdala cerebelosa, la pirámide del vermis y el lóbulo semilunar inferior (Baier et al., 2014; Chiricozzi et al., 2008; Ziemus et al., 2007).

Referencias

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Baddeley, A. (2017). *Exploring working memory: Selected works of Alan Baddeley*. *Exploring Working Memory: Selected works of Alan Baddeley*. <https://doi.org/10.4324/9781315111261>
- Baier, B., Müller, N. G., & Dieterich, M. (2014). What part of the cerebellum contributes to a visuospatial working memory task? *Annals of Neurology*, 76 (5) 754-757. <https://doi.org/10.1002/ana.24272>
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. In *Proceedings of International AAAI Conference on Web and Social Media*, 3 (1). <https://ojs.aaai.org/index.php/ICWSM/article/view/13937>
- Bates, E., Wilson, S. M., Saygin, A. P., Dick, F., Sereno, M. I., Knight, R. T., & Dronkers, N. F. (2003). Voxel-based lesion-symptom mapping. *Nature Neuroscience*, 6(5), 448-450. <https://doi.org/10.1038/nn1050>
- Berlinger, M., Bottini, G., Basilico, S., Silani, G., Zanardi, G., Sberna, M., Colombo, M., Sterzi, R., Scialfa, G. & Paulesu, E. (2008). Anatomy of the Episodic Buffer: A Voxel-Based Morphometry Study in Patients with Dementia. *Behavioural Neurology*, 19, 29-34. <https://doi.org/10.1155/2008/828937>
- Blomgren, C., Jood, K., Jern, C., Holmegaard, L., Redfors, P., Blomstrand, C., & Claesson, L. (2018). Long-term performance of instrumental activities of daily living (IADL) in young and middle-aged stroke survivors: Results from SAHLSIS outcome. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 25, 119-126 <https://doi.org/10.1080/11038128.2017.1329343>
- Chaer, R. A., Shen, J., Rao, A., Cho, J. S., Abu Hamad, G., & Makaroun, M. S. (2010). Cerebral reserve is decreased in elderly patients with carotid stenosis. *Journal of Vascular Surgery*. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2010.04.021>
- Chein, J. M., & Fiez, J. A. (2001). Dissociation of verbal working memory system components using a delayed serial recall task. *Cerebral Cortex*, 11 (11), 1003-1014. doi: 10.1093 / cercor / 11.11.1003.
- Chiricozzi, F. R., Clausi, S., Molinari, M., & Leggio, M. G. (2008). Phonological short-term store impairment after cerebellar lesion: A single case study. *Neuropsychologia*, 46 (7), 1940-1953. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.01.024>
- Claesson, L., Lindén, T., Skoog, I., & Blomstrand, C. (2005). Cognitive impairment after stroke - Impact on activities of daily living and costs of care for elderly people: The Göteborg 70+ stroke study. *Cerebrovascular Diseases*, 19, 102-109. <https://doi.org/10.1159/000082787>
- D'Esposito, M., Postle, B. R., Ballard, D., & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: An event-related fMRI study. *Brain and Cognition*, 41 (1), 66-86. <https://doi.org/10.1006/brcg.1999.1096>
- Desmond, J. E., Gabrieli, J. D., Wagner, A. D., Ginier, B. L., & Glover, G. H. (1997). Lobular patterns of cerebellar activation in verbal working-memory and finger-tapping tasks as revealed by functional MRI. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 17 (24), 9675-9685. doi: 10.1523/JNEUROSCI.17-24-09675.1997. PMID: 9391022; PMCID: PMC6573411.
- Ellis, A. X., Della Sala, S., & Logie, R. H. (1996). The Bailiwick of visuo-spatial working memory: Evidence from unilateral spatial neglect. *Cognitive Brain Research*, 3(2),71-78. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00031-3](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00031-3)
- Feigin, V. L., Barker-Collo, S., Parag, V., Senior, H., Lawes, C. M. M., Ratnasabapathy, Y., & Glen, E. (2010). Auckland Stroke Outcomes Study: Part 1: Gender, stroke types, ethnicity, and functional outcomes 5 years poststroke. *Neurology*, 75(18), 1597-1607. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181fb44b3>
- Fellows, I. (2012). Wordcloud: Word clouds. *R Package Version*.

- Fiez, J. A., Raife, E. A., Petersen, S. E., Balota, D. A., Schwarz, J. & Raichle, E. & Petersen, S. (1996). A Positron Emission Tomography Study of the Short-Term Maintenance of Verbal Information. *The Journal of Neuroscience*, 16 (2), 802-22. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.16-02-00808.1996>
- Fox, M. D., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Corbetta, M., Van Essen, D. C., & Raichle, M. E. (2005). From The Cover: The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102 (27) 9673-9678. <https://doi.org/10.1073/pnas.0504136102>
- Gerton, B. K., Brown, T. T., Meyer-Lindenberg, A., Kohn, P., Holt, J. L., Olsen, R. K., & Berman, K. F. (2004). Shared and distinct neurophysiological components of the digits forward and backward tasks as revealed by functional neuroimaging. *Neuropsychologia*. 42(13), 1787-1785. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.023>
- Gorelick, P.B., Scuteri, A., Black, S.E., Decarli, C., Greenberg, S.M., Iadecola, C., Launer, L.J., Laurent, S., Lopez, O.L., Nyenhuis, D., Petersen, R.C., Schneider, J.A., Tzourio, C., Arnett, D.K., Bennett, D.A., Chui, H.C., Higashida, R.T., Lindquist, R., Nilsson, P.M., Roman, G.C., Sellke, F.W., & Seshadri, S. (2011). Vascular contributions to cognitive impairment and dementia: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 42 (9), <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e3182299496>
- Henderson, A., Kim, H., Kintz, S., Frisco, N., & Wright, H. H. (2017). Working Memory in Aphasia: Considering Discourse Processing and Treatment Implications. In *Seminars in Speech and Language*, 38(1), 40-51. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1597257>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Pnas*, 102(46), 16569-16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Jackson, D. C., Sandoval-Garcia, C., Rocque, B. G., Wilbrand, S. M., Mitchell, C. C., Hermann, B. P., & Dempsey, R. J. (2016). Cognitive Deficits in Symptomatic and Asymptomatic Carotid Endarterectomy Surgical Candidates. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31 (1),1-7. <https://doi.org/10.1093/arclin/acv082>
- Jehkonen, M., Laihosalo, M., & Kettunen, J. E. (2006). Impact of neglect on functional outcome after stroke: a review of methodological issues and recent research findings. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 24, 209-215.
- Jerde, T. A., & Curtis, C. E. (2013). Maps of space in human frontoparietal cortex. *Journal of Physiology Paris*, 107 (6), 510-156. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2013.04.002>
- Jodo, E., Suzuki, Y., Katayama, T., Hoshino, K. Y., Takeuchi, S., Niwa, S. I., & Kayama, Y. (2005). Activation of medial prefrontal cortex by phencyclidine is mediated via a hippocampo-prefrontal pathway. *Cerebral Cortex*, 15 (5). 663-669. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh168>
- Jokinen, H., Melkas, S., Ylikoski, R., Pohjasvaara, T., Kaste, M., Erkinjuntti, T., & Hietanen, M. (2015). Post-stroke cognitive impairment is common even after successful clinical recovery. *European Journal of Neurology*, 22(9),1288-1294. <https://doi.org/10.1111/ene.12743>
- Leśniak, M., Bak, T., Czepiel, W., Seniów, J., & Członkowska, A. (2008). Frequency and prognostic value of cognitive disorders in stroke patients. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 26, 356-363 <https://doi.org/10.1159/000162262>
- Li, Y., Chiaravalloti, N. D., Hillary, F. G., Deluca, J., Liu, W. C., Kalnin, A. J., & Ricker, J. H. (2004). Differential cerebellar activation on functional magnetic resonance imaging during working memory performance in persons with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85 (4). 635-639. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.07.016>
- Liu, J., Wang, Q., Liu, F., Song, H., Liang, X., Lin, Z., Hong, W., Yang, S., Huang, J., Zheng, G., Tao, J., & Chen, L. D. (2017). Altered functional connectivity in patients with post-stroke memory impairment: A resting fMRI study. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 14, 1919-1928. <https://doi.org/10.3892/etm.2017.4751>

- Malhotra, P., Mannan, S., Driver, J., & Husain, M. (2004). Impaired spatial working memory: One component of the visual neglect syndrome? *Cortex*, 40(5), 667-676. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70163-1](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70163-1)
- Manes, F., Sahakian, B., Clark, L., Rogers, R., Antoun, N., Aitken, M., & Robbins, T. (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, 125 (3), 624-639. <https://doi.org/10.1093/brain/awf049>
- McDowd, J. M., Fillion, D. L., Pohl, P. S., Richards, L. G., & Stiers, W. (2003). Attentional abilities and functional outcomes following stroke. *Journals of Gerontology - Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, 58 (1), 45-53. <https://doi.org/10.1093/geronb/58.1.P45>
- Mendiz, O. A., Sposato, L. A., Fabbro, N., Lev, G. A., Calle, A., Valdivieso, L. R., ... Manes, F. (2011). Improvement in executive function after unilateral carotid artery stenting for severe asymptomatic stenosis. *Journal of Neurosurgery*, 116 (1). <https://doi.org/10.3171/2011.9.jns11532>
- Niesen, W. D., Rosenkranz, M., Eckert, B., Meissner, M., Weiller, C., & Sliwka, U. (2004). Hemodynamic changes of the cerebral circulation after stent-protected carotid angioplasty. *American Journal of Neuroradiology*, 25 (7) 1162-1167.
- Osaka, N., Logie, R. H., & D'Esposito, M. (2012). *The Cognitive Neuroscience of Working Memory. The Cognitive Neuroscience of Working Memory*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198570394.001.0001>
- Owensworth, T., & Shum, D. (2008). Relationship between executive functions and productivity outcomes following stroke. *Disability and Rehabilitation*, 125 (3), 624-639. <https://doi.org/10.1080/09638280701355694>
- Pasquini, M., Leys, D., Rousseaux, M., Pasquier, F., & Hénon, H. (2007). Influence of cognitive impairment on the institutionalisation rate 3 years after a stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 78(1), 56-59. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2006.102533>
- Postle, B. R., Druzgal, T. J., & D'Esposito, M. (2003). Seeking the neural substrates of visual working memory storage. *Cortex*, 39, 4-5, 927-946, [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70871-2](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70871-2)
- Richards, M. (2002). Cognitive neuropsychology. A clinical introduction. *Biological Psychology*, 35(1), 81-82. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(93\)90097-r](https://doi.org/10.1016/0301-0511(93)90097-r)
- Riepe, M. W., Riss, S., Bittner, D., & Huber, R. (2004). Screening for cognitive impairment in patients with acute stroke. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 17(1), 49-53. <https://doi.org/10.1159/000074082>
- Robledo, S., Osorio, G. A. G., & López, C. (2014). Networking en pequeña empresa: una revisión bibliográfica utilizando la teoría de grafos. *Revista Vínculos*, 11(2), 6–16.
- Saj, A., Verdon, V., Hauert, C. A., & Vuilleumier, P. (2018). Dissociable components of spatial neglect associated with frontal and parietal lesions. *Neuropsychologia*, 115 (1), 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.02.021>
- Sala, S. D., Van Der Meulen, M., Bestelmeyer, P., & Logie, R. H. (2010). Evidence for a workspace model of working memory from semantic implicit processing in neglect. *Journal of Neuropsychology*, 4(2), 147-166. <https://doi.org/10.1348/174866410X489679>
- Shallice, T. (1991). Précis of From neuropsychology to mental structure. *Behavioral and Brain Sciences*. 14(3), 429-438. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0007059X>
- Singam, A., Ytterberg, C., Tham, K., & Von Koch, L. (2015). Participation in complex and social everyday activities six years after stroke: Predictors for return to pre-stroke level. *PLoS ONE*, 10(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144344>
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.283.5408.1657>
- Snaphaan, L., Rijpkema, M., Van Uden, I., Fernández, G., & De Leeuw, F. E. (2009). Reduced medial temporal

- lobe functionality in stroke patients: a functional magnetic resonance imaging study. *Brain*, 132 (7), 1882–1888. <https://doi.org/10.1093/brain/awp133>
- Stuss, D. T. (2002). The frontal lobes are necessary for 'theory of mind'. *Brain*, 124(2), 279-286. <https://doi.org/10.1093/brain/124.2.279>
- Toba, M. N., Migliaccio, R., Batrancourt, B., Bourlon, C., Duret, C., Pradat-Diehl, P., Dubois, B., & Bartolomeo, P. (2018). Common brain networks for distinct deficits in visual neglect. A combined structural and tractography MRI approach. *Neuropsychologia*, 115(1)167-178. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.10.018>
- Turunen, K. E. A., Laari, S. P. K., Kauranen, T. V., Mustanoja, S., Tatlisumak, T., & Poutiainen, E. (2016). Executive Impairment Is Associated with Impaired Memory Performance in Working-Aged Stroke Patients. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 22(5), 551-560. <https://doi.org/10.1017/s1355617716000205>
- Urbanski, M., Thiebaut De Schotten, M., Rodrigo, S., Oppenheim, C., Touzé, E., Méder, J. F., ... Bartolomeo, P. (2011). DTI-MR tractography of white matter damage in stroke patients with neglect. *Experimental Brain Research*, 208, 491–50. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2496-8>
- Walsh, M. E., Galvin, R., Loughnane, C., Macey, C., & Horgan, N. F. (2015). Community re-integration and long-term need in the first five years after stroke: Results from a national survey. *Disability and Rehabilitation*, 37(20), 1834-1838. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.981302>
- Westerberg, H., Jacobaeus, H., Hirvikoski, T., Clevberger, P., Ostensson, M.-L., Bartfai, A., ... Klingberg, T. (2007). Computerized working memory training after stroke — a pilot study. *Brain Injury*, 21, 21–29. <https://doi.org/10.1080/02699050601148726>
- Wolfe, C. D. A., Crichton, S. L., Heuschmann, P. U., McKeivitt, C. J., Toschke, A. M., Grieve, A. P., & Rudd, A. G. (2011). Estimates of Outcomes Up to Ten Years after Stroke: Analysis from the Prospective South London Stroke Register. *PLoS Medicine*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001033>
- Zhao, X., Zhou, R., & Fu, L. (2013). Working Memory Updating Function Training Influenced Brain Activity. *PLoS ONE*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071063>
- Zheng, S., Zhang, M., Wang, X., Ma, Q., Shu, H., Lu, J., & Li, K. (2014). Functional MRI Study of Working Memory Impairment in Patients with Symptomatic Carotid Artery Disease. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2014/327270>
- Ziemus, B., Baumann, O., Luerding, R., Schlosser, R., Schuierer, G., Bogdahn, U., & Greenlee, M. W. (2007). Impaired working-memory after cerebellar infarcts paralleled by changes in BOLD signal of a cortico-cerebellar circuit. *Neuropsychologia*, 45 (9), 2016-2024. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.02.012>
- Zinn, S., Bosworth, H. B., Hoenig, H. M., & Swartzwelder, H. S. (2007). Executive Function Deficits in Acute Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(2)173-180. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.11.015>
- Zuluaga, M., Robledo, S., Osorio Zuluaga, G. A., Yathe, L., Gonzalez, D., & Taborda, G. (2017). Metabólica y Pesticidas: Revisión sistemática de literatura usando teoría de grafos para el análisis de referencias. *Nova*, 14(25), 121. <https://doi.org/10.22490/24629448.1735>