

Neuropsicología de la memoria prospectiva basada en el evento

Fabrisio Grandi, Javier Tirapu-Ustárriz

Facultad de Psicología; Universidad Complutense de Madrid; Madrid (F. Grandi). Fundación Argibide; Pamplona, Navarra, España (J. Tirapu-Ustárriz).

Correspondencia:

Dr. Javier Tirapu Ustárriz.
Fundación Argibide. Iturrama, 7.
E-31007 Pamplona (Navarra).

E-mail:

javitirapu@ono.com

Aceptado tras revisión externa:
09.06.17.

Cómo citar este artículo:

Grandi F, Tirapu-Ustárriz J.
Neuropsicología de la memoria prospectiva basada en el evento.
Rev Neurol 2017; 65: 226-33.

© 2017 Revista de Neurología

Introducción. La memoria prospectiva es la capacidad para recordar las acciones que se han de ejecutar en el futuro. Diferentes investigaciones provenientes de la neuropsicología experimental intentan dilucidar los procesos neurocognitivos subyacentes a la memoria prospectiva basada en el evento, esto es, las acciones demoradas que tienen lugar en un contexto predeterminado, el cual asumiría el papel de clave externa y, por tanto, contribuiría al éxito en el recuerdo intencional.

Desarrollo. Tomando como referencia el dinamismo y la flexibilidad de la teoría multiproceso, los principales hallazgos han subrayado que el recuerdo prospectivo está influido, entre otros factores, por el tipo de clave. Así, cuando la señal es focal, la persona tiende a confiar en los procesos de recuperación espontánea. Por otro lado, cuando la señal es no focal, suele haber una tendencia a la monitorización. De forma paralela, los estudios en neuropsicología experimental han distinguido que la corteza prefrontal anterior y la red frontoparietal dorsal participarían en los procesos de monitorización de la señal. Por otro lado, la red frontoparietal ventral intervendría en los procesos de recuperación automática. Se discute además el papel del lóbulo parietal y el lóbulo temporal medial en las tareas prospectivas.

Conclusión. El presente trabajo aboga por que las dos vías de procesamiento (monitorizado y espontáneo) favorecen el éxito en el recuerdo de la acción intencional basada en el evento. No obstante, conviene tener muy en cuenta que el momento en el que la persona decide poner en marcha un tipo de procesamiento (u otro) está influido por el tipo de señal.

Palabras clave. Corteza prefrontal anterior. Monitorización. Recuperación espontánea. Red frontoparietal. Señales externas. Teoría multiproceso.

Introducción

La memoria prospectiva se define como la capacidad de recordar llevar a cabo acciones en el futuro [1], por lo que supone una función mnésica imprescindible para las actividades de la vida diaria [2]. Dicha capacidad engloba dos componentes: recordar que algo ha de ser realizado (componente prospectivo o intencional) y recordar lo que ha de ser realizado (componente retrospectivo) [3]. Durante muchos años, el estudio científico de la memoria se ha ceñido a la dimensión retrospectiva, esto es, el recuerdo de eventos y hechos del pasado, manteniendo la memoria prospectiva en un segundo plano [4]. Sin embargo, en los últimos años, los estudios neuropsicológicos han intentado poner de relieve los procesos neurocognitivos subyacentes a la realización de acciones demoradas, lo que supone un enorme desafío para la investigación.

Según Kliegel y Martin [5], la memoria prospectiva se compone de las siguientes fases:

- *Formación de la intención:* planificación de la conducta futura en un momento y lugar determinado.
- *Intervalo de retención:* tiempo que transcurre desde la formación de la intención hasta su recuperación (pueden ser minutos, horas, días, etc.)

- *Recuperación de la intención y su contenido:* acceso a la huella de memoria prospectiva con el fin de que se ponga en marcha. La ausencia del recuerdo implica la omisión de la conducta intencional.
- *Ejecución de la conducta intencional:* realización de la acción en términos motores.

La literatura científica ha reunido, mayoritariamente, evidencia empírica en relación con las tareas de memoria prospectiva basadas en el evento [4,6], esto es, las acciones demoradas que tienen lugar en un contexto predeterminado, por lo que dicho contexto asumirá el papel de clave externa, la cual, en el momento de su aparición, desencadenará el acceso a la huella de memoria intencional y, con ello, el correcto desempeño de la acción futura. Devolverle su libro a Juan, cuando lo vea en la biblioteca, es un claro ejemplo de memoria prospectiva basada en el evento. Así, ver a Juan en la biblioteca será la clave que facilite el correcto desempeño de la intención, esto es, devolverle su libro. Sin embargo, desde hace aproximadamente unos 15 años, y teniendo en cuenta los progresos en neurociencia, existe todo un debate teórico en relación con los mecanismos subyacentes a la acción intencional con este tipo de tareas. Así, el propósito de esta revisión es abordar los pro-

cesos neurocognitivos empleados en tareas de memoria prospectiva basadas en el evento, tomando como base los principales planteamientos teóricos y los estudios de neuroimagen de los últimos años.

Desde el desarrollo de un paradigma de laboratorio [7] se han identificado diferentes factores que promueven el éxito (o fracaso) en una tarea de memoria prospectiva [8,9]. No obstante, la manipulación de la señal ha sido la variable más empleada en las diferentes condiciones experimentales. En este paradigma, el participante debe recordar llevar a cabo una acción intencional cuando una determinada clave externa se manifieste durante la realización paralela de una tarea en curso. De manera consensuada, el éxito en el recuerdo prospectivo se explicó, en sus inicios, por dos vías diferenciadas de procesamiento. Por un lado, la monitorización de la señal (procesamiento de arriba a abajo) y, por otro lado, la recuperación espontánea (procesamiento de abajo a arriba). Aunque su conceptualización sigue siendo un tema de debate, la monitorización se ha definido como la supervisión activa de los eventos ambientales, así como el mantenimiento del contenido de la acción intencional [6,10,11]. No obstante, los diferentes estudios han mostrado que poner en marcha procesos atencionales preparatorios, de capacidad limitada, no sólo supone el éxito en la tarea prospectiva, sino también un coste en el desempeño de la tarea en curso (por ejemplo, mayores tiempos de reacción o un aumento de los errores) [12,13]. Por otro lado, y no menos controvertido, la recuperación espontánea hace referencia al acceso automático y asociativo del sistema cognitivo a la huella de memoria intencional una vez que se manifiesta la señal externa, por lo que la persona realizaría con éxito la tarea prospectiva con independencia de que los procesos de monitorización operen fuera del foco atencional [14]. De esta manera, la investigación adoptó una postura reduccionista y contundente en relación con las tareas específicas que suscitaban un tipo de procesamiento u otro. Sin embargo, no tardó en prosperar un enfoque más ecológico y flexible, acuñado con el término 'teoría multiproceso' [15-17], que, a pesar de ser limitado en algunos aspectos, es, actualmente, el enfoque más plausible y parsimonioso en lo que respecta a los procesos cognitivos que subyacen al desempeño de una tarea de memoria prospectiva [6,18-21]. Dicha teoría sostiene que tanto la monitorización como la recuperación espontánea suelen utilizarse dinámicamente y conjuntamente con el fin de apoyar el recuerdo intencional. De hecho, los autores abogan que en la vida real los intervalos de retención suelen ser bastante más largos (minutos u horas) que en un escenario de laboratorio, por

lo que resultaría inviable conjeturar que una persona pueda monitorizar activamente la presencia de una señal en el entorno durante todo el intervalo [16]. Los trabajos más recientes sobre la teoría multiproceso no sólo ponen de relieve que ambos tipos de procesamiento pueden ser empleados de forma activa, sino que incluso la persona puede iniciar el proceso de supervisión atencional una vez que identifica la señal externa asociada a la intención. En esta línea, Scullin et al [19] emplearon un método con alta validez ecológica, en el que los participantes no sabían cuándo sería el momento en el que la señal fuese exhibida en la pantalla del monitor de cara al correcto desempeño de la tarea prospectiva (presionar la tecla Q si en algún punto del experimento aparecen las palabras 'mesa' y 'caballo'). De hecho, el intervalo de retención era significativamente más largo que en trabajos experimentales previos (12 horas). La monitorización se midió a través de los costes en la tarea en curso durante el intervalo de retención, comparando el rendimiento con un grupo control, el cual no fue instruido para realizar la tarea prospectiva. Los resultados arrojaron que los participantes de ambas condiciones no activaron los procesos estratégicos de monitorización antes de la aparición de la señal. Sin embargo, los procesos atencionales del grupo experimental emergieron inmediatamente después de la recuperación espontánea instigada por la clave. Otro dato interesante de este estudio es que, conforme la tarea en curso progresaba, dichos procesos atencionales iban desapareciendo. La principal conclusión de este trabajo es que, cuando las personas perciben que la clave externa es lejana, tienden a confiar en los procesos de recuperación automáticos. Sin embargo, una vez que ésta se reconoce, desencadena un proceso gradual de supervisión estratégica, plasmando así la flexibilidad y dinámica del enfoque multiproceso, dependiente del contexto.

Aunque los diversos trabajos enfatizan que el recuerdo prospectivo está influido por diferentes factores [17], uno de los más estudiados hace referencia al tipo de señal empleada. Así, la investigación ha delimitado dos tipos de claves: focal y no focal. La primera se caracteriza por ser específica y sobresaliente en su percepción (por ejemplo, durante la tarea en curso, presionar la tecla T cada vez que aparezca la palabra 'perro'). En el caso de la segunda, el desempeño de la tarea en curso, que por otra parte ha de realizarse de la forma más rápida y precisa posible, difícilmente dirigirá la atención hacia los aspectos relevantes de la señal (por ejemplo, presionar la tecla T cada vez que aparezcan palabras asociadas a la categoría 'animal'). Siguiendo el enfoque multiproceso, los diversos estudios han corroborado que

las señales focales promueven la recuperación espontánea, mientras que las señales no focales suscitan los procesos de monitorización de la señal [16, 17, 22, 23]. Según Tarantino et al [24], una particularidad de las tareas basadas en el evento es que las claves de recuperación son impredecibles para la persona. Sin embargo, dado que en la condición focal la señal es específica y, por tanto, fácilmente perceptible (o saliente) durante la realización de una tarea concurrente, el sujeto tiende a confiar en los procesos de recuperación espontánea y esperar, pacientemente, el momento oportuno en el que la clave se presente en el ambiente a la vez que resuelve las exigencias de la tarea en curso. Por el contrario, en el caso de la condición no focal, el sujeto no suele ser receptivo al entorno, por lo que pone en marcha procesos ejecutivos de monitorización con el fin de identificar una señal no específica y de baja asociación con la acción intencional. En esta línea, Ball et al [25] se preguntaron qué ocurriría si un grupo de participantes es informado del 'contexto' en el que la señal externa (no focal) hiciese su aparición y el otro grupo no fuese informado al respecto. Para ello emplearon un paradigma de tres fases en el que la clave se pronunciaría sólo en la fase final. El rendimiento en la tarea de memoria prospectiva fue mejor en el primer grupo que en el segundo. Los análisis de la tarea en curso revelaron que los participantes a los que no se les dijo cuándo esperar los estímulos diana manifestaron una monitorización transitoria en las fases precedentes, mientras que los que fueron informados del contexto de recuperación exhibieron una monitorización continua sólo en la tercera fase. Extrapolando este hallazgo a las claves focales [26], la distinción entre monitorización transitoria y continua no tuvo influencia funcional en el desempeño de la tarea intencional. Por lo tanto, los presentes trabajos sugieren que, cuando los participantes participan en una supervisión transitoria de la señal no focal, son más proclives a manifestar fallos de memoria prospectiva. Sin embargo, la recuperación espontánea puede compensar este impedimento cuando se utilizan claves focales. En las próximas líneas, y sin olvidar la variabilidad de los contextos experimentales, se describen las bases neurocognitivas asociadas a los procesos de monitorización y recuperación automática durante el desempeño de tareas demoradas asociadas al evento.

Bases neurocognitivas

Los trabajos procedentes de la neuropsicología experimental han ido gradualmente ganando terreno

en el campo de la memoria prospectiva. Sin embargo, los estudios que exploran las bases neurocognitivas subyacentes a las tareas prospectivas con señales focales y no focales no son abundantes [21]. A pesar de ello, se admite que esta capacidad implica una pluralidad de redes neuronales, cuya delimitación es todo un reto para la investigación [6]. En esta línea, la literatura científica subraya que la corteza prefrontal anterior (CPA) –área de Brodmann 10– es una región cerebral implicada, primordialmente, en los procesos de monitorización [27-30]. Asimismo, las investigaciones cognitivas han apuntado que, cuando la persona activa los procesos internos de monitorización, a la par que intenta resolver la tarea en curso, se produce un coste en su rendimiento. Sin embargo, a la pregunta del por qué sobreviene esta situación, la respuesta ha sido divulgada en términos neuropsicológicos. Así pues, los hallazgos experimentales, mediante resonancia magnética funcional, han señalado una clara disociación entre la actividad cerebral de la CPA lateral y la CPA medial durante la realización de tareas que alternan, respectivamente, el procesamiento independiente del estímulo externo (actividad neurocognitiva asociada al procesamiento de monitorización interno) y el procesamiento orientado al estímulo externo (actividad neurocognitiva asociada a la información sensorial del ambiente en tiempo real) [31-34]. En otras palabras, cuando una persona dirige la atención a la tarea en curso se produce un aumento de la actividad cerebral en la CPA medial, a la vez que se reduce el grado de activación de la CPA lateral. Por el contrario, cuando la atención se focaliza hacia los procesos de monitorización internos, se produce un aumento de la actividad cerebral en la CPA lateral, mientras que la CPA medial denota un patrón opuesto de activación. Según Benoit et al [35], estos datos son coherentes con la hipótesis de que los cambios observados en la CPA reflejan diferencias anatomofuncionales asociadas al recuerdo prospectivo. De este modo, el metaanálisis de Cona et al [6] pone de relieve que ambas regiones interactúan entre sí durante el intervalo de retención, dependiendo tanto de las exigencias de la tarea como de los contextos que estimulen una recuperación autoiniciada de la intención, por lo que conviene tener en cuenta, una vez más, la flexibilidad de los procesos. Sin embargo, estos autores hacen especial hincapié en que la corteza prefrontal anterior es sólo un actor más dentro de la enorme variedad de personajes que salen a escena.

La bibliografía neurocientífica dispone de evidencia a favor de la participación de la red frontoparietal [36-39]. Sin embargo, en tareas de memoria pros-

pectiva, esta red sugiere una clara disociación entre la red frontoparietal dorsal y ventral. La primera de ellas, integrada por la corteza prefrontal dorsolateral, el campo del ojo frontal, las regiones premotoras, el lóbulo parietal superior y la precuña, presenta una mayor activación en los contextos en que los participantes se adentran en los procesos de monitorización, por lo que subordina la asignación de recursos neurocognitivos de arriba a abajo. La red frontoparietal ventral, formada por la corteza prefrontal ventrolateral, el giro supramarginal y el lóbulo parietal inferior, suele revelar mayor actividad durante la recuperación espontánea del contenido intencional. Según los diferentes autores [6,21], la red frontoparietal dorsal mediaría tanto en los procesos de memoria como en los procesos de preparación atencional, con el fin de, respectivamente, mantener el contenido de la intención en el sistema cognitivo y supervisar la aparición de la señal que desencadene la ejecución de la acción intencional en el momento y lugar apropiados. Por otro lado, subrayan que la red frontoparietal ventral participaría activamente en los contextos en que la persona accede a la huella de memoria intencional de manera automática una vez que la señal externa hace su aparición durante la tarea concurrente. Por consiguiente, propugnan que la atención es capturada, externamente, por la clave del ambiente, e internamente por la representación del contenido intencional, sin necesidad de una supervisión estratégica en la fase previa a la detección de la señal. Cabe recalcar que, en la fase de recuperación automática, se suele obtener una activación simultánea de otras áreas cerebrales que interactúan con la red frontoparietal ventral, como la ínsula, la corteza temporal, y el cíngulo anterior y posterior [36,40]. Sin embargo, delimitar la funcionalidad de cada una de estas áreas en la fase de recuperación sigue siendo un reto de cara a las investigaciones futuras [6]. Una evidencia adicional con respecto a la contribución de la red frontoparietal en los procesos de monitorización y recuperación de la conducta prospectiva viene de la mano de un estudio llevado a cabo por Bisiacchi et al [37], quienes utilizaron la estimulación magnética transcraneal para interferir con la actividad neuronal de la corteza prefrontal dorsolateral y del lóbulo parietal inferior. Los resultados arrojaron, respectivamente, una alteración en los procesos de preparación atencional y de recuperación espontánea, lo que sugiere, por tanto, que estas regiones cerebrales contribuyen sustancialmente a los procesos de memoria prospectiva.

En lo que respecta al lóbulo parietal, la investigación neurocognitiva pone de relieve que se asocia primordialmente con las funciones sensitivomoto-

ras y visuoespaciales [41,42]. Así, la corteza parietal participa activamente en la integración de información procedente de diversos canales sensoriales y genera representaciones de la información ambiental en relación con su localización con respecto al cuerpo [43]. También se conoce la implicación de esta área en lo que concierne a los procesos de planificación motora [44]. Eschen et al [45] extrapolaron estos hallazgos al campo de la memoria prospectiva, donde realizaron un estudio de resonancia magnética funcional en el cual reunieron a dos grupos de participantes. El primero de ellos tuvo que codificar verbalmente una lista de acciones motoras para un recuerdo verbal (decir en voz alta cada una de las acciones delante del experimentador). El segundo grupo debió codificar verbalmente la misma lista. Sin embargo, a diferencia del primer grupo, los experimentadores instruyeron a estos participantes a realizar, más adelante, cada una de las acciones. Los resultados mostraron que el segundo grupo exhibió activaciones de la corteza premotora y parietal durante la codificación de la lista. En consecuencia, estos resultados sugieren la presencia de operaciones motoras y visuoespaciales preparatorias durante la codificación de acciones intencionales que requieren una futura respuesta motora. Asimismo, Sestieri et al [46] realizaron un minucioso trabajo de revisión en el que abogan por cómo el lóbulo parietal, en concreto la corteza parietal posterior, está involucrada en los procesos de recuperación. Al igual que los metaanálisis mencionados anteriormente, subrayan el hecho de que esta región se asocia, de una forma diferencial o segregada, con los procesos de preparación atencional y recuperación espontánea. Plantean, por tanto, un modelo anatomofuncional que contribuya a explicar la participación de esta región cerebral en los procesos de recuperación. A grandes rasgos, este modelo postula que el surco intraparietal y el lóbulo parietal superior intervienen orientando la atención a los estímulos externos, que han de reconocerse, y preparando el sistema cognitivo para responder a las señales predeterminadas. Por otro lado, el giro angular, el surco intraparietal lateral, el lóbulo parietal inferior, el surco poscentral y su activación conjunta con el lóbulo temporal medial contribuyen en los procesos de reconocimiento en el momento en que una señal determinada accede automáticamente a la representación del contenido almacenado. Por último, hacen especial hincapié en el hecho de que estos dos grupos de áreas cerebrales son disociables entre sí, por lo que, dependiendo de los contextos de recuperación, será la corteza prefrontal la encargada de regular la actividad neurocognitiva de un

grupo u otro, tomando decisiones sobre lo que es (o no) relevante en un momento u otro de la tarea experimental. A pesar de que este modelo ofrece una perspectiva interesante y actualizada sobre el papel del lóbulo parietal en los procesos de recuperación, la mayoría de las referencias abordadas por estos autores focalizan la atención en los paradigmas clásicos (y retrospectivos) de reconocimiento, esto es, participantes que aprenden un grupo de palabras y que, posteriormente, son instruidos por el experimentador para identificar los estímulos diana a medida que se van presentando. Aunque algunos estudios sugieren que los procesos neurocognitivos activados en tareas de memoria prospectiva no son significativamente diferentes a los empleados en tareas de memoria retrospectiva [47,48], futuras investigaciones deberán extrapolar estos datos al contexto experimental de la memoria prospectiva porque, a diferencia de los paradigmas tradicionales de memoria retrospectiva, la metodología experimental en el campo de las acciones intencionales pone de relieve que la recuperación no es inducida por el experimentador, sino por el propio participante, de manera autoiniciada [4,49,50].

Reanudando los estudios que abordan los mecanismos neurocognitivos asociados a la focalidad de la señal, existe actualmente una carencia de trabajos que se adentren en esta temática. Partiendo de esta concepción, el trabajo de McDaniel et al [39] fue uno de los primeros en explorar este asunto mediante resonancia magnética funcional. Así, estos autores reunieron a un grupo de participantes, a quienes se separó en dos condiciones experimentales (focal y no focal) y una control, en la cual no se asignaron a ninguna tarea de memoria prospectiva. Todos los grupos realizaron una tarea concurrente de clasificación semántica. La tarea intencional consistía en presionar una tecla predeterminada cada vez que apareciese en la pantalla un estímulo diana. La pequeña y sutil diferencia entre las dos condiciones experimentales fue que, en el primer grupo, la clave focal era una palabra en particular ('mesa'), mientras que, en el segundo grupo, la clave no focal era una sílaba introducida en la palabra ('tor') (por ejemplo, actor, doctor). La sesión experimental se llevó a cabo a la par que los participantes eran evaluados mediante resonancia magnética funcional. Los resultados fueron coherentes con la investigación cognitiva previa, por lo que se informó de una clara disociación entre los procesos de monitorización y recuperación espontánea, influida por el tipo de clave empleada. Así, las señales focales favorecieron un proceso de recuperación automática y, por ende, una mayor activación del ló-

bulo parietal ventral, la ínsula y la corteza cingulada. Por otro lado, las señales no focales promovieron la monitorización permanente durante la tarea en curso, advirtiendo una activación de la corteza prefrontal anterior, la red frontoparietal dorsal y el campo del ojo frontal. Coincidentemente, y no menos importante, el giro temporal medio mostró una mayor actividad durante la recuperación espontánea. Aunque el papel de esta región está asociado *a priori* con la detección de señales sobresalientes [51], la inhibición de la conducta [52] y la memoria episódica [53], es imperioso seguir investigando su papel en la memoria prospectiva. Este estudio plantea una gran incógnita que ha de resolverse en futuros trabajos empíricos, y que tiene que ver con los costes de monitorización observados en algunos momentos puntuales de la tarea en curso bajo la condición focal, a pesar de la ausencia de un patrón cerebral de supervisión estratégica. Los autores del presente estudio sugieren de manera especulativa que, al igual que sucede en situaciones de la vida cotidiana, las personas tienden a monitorizar la aparición de la señal de forma intermitente, aunque, desafortunadamente, las actuales técnicas de neuroimagen no logran detectar tal actividad. A raíz de estos hallazgos, la principal conclusión a la que llegaron los autores es que, independientemente de que en una condición surja una tendencia a la monitorización activa y en otra la recuperación automática, ambas vías de procesamiento pueden conducir al éxito en una tarea de memoria prospectiva, siempre y cuando se tenga en cuenta la flexibilidad en que los contextos experimentales motiven un tipo de procesamiento u otro.

Finalmente, Gordon et al [54] desvelaron que sólo cuando la tarea es focal, hay una relación positiva entre el volumen del hipocampo y el correcto desempeño en una tarea de memoria prospectiva. McDaniel et al [18] plantean que, al igual que el lóbulo temporal medial es una estructura imperiosa en los procesos de memoria retrospectiva [55], también ha de asumir un papel preponderante en los procesos de recuperación asociados a la memoria prospectiva. Sin embargo, aunque los trabajos en neuroimagen sobre la influencia del tipo de señal en estos procesos están en plena génesis, no se ha revelado un patrón consistente de activación en dicha región [6]. De hecho, algunos estudios informan de activaciones del hipocampo [36,56], y otros, no [39]. La explicación puede radicar en que la mayoría de los trabajos empíricos se ha centrado, mayoritariamente, en señales no focales, por lo que se deduce que los presentes hallazgos hay que interpretarlos con cautela [6].

Conclusiones

La presente revisión ha puesto de relieve los aspectos neurocognitivos asociados a la memoria prospectiva basada en el evento. Tomando como punto de partida la teoría multiproceso, el éxito en una tarea de memoria prospectiva se halla inexorablemente asociado a procesos de monitorización y recuperación automática. En el primero de ellos, la persona tiende a mantener el contenido de la intención y/o supervisar el momento próximo a la ejecución del plan intencional, lo que sugiere, respectivamente, que tanto los procesos de memoria como los de supervisión estratégica son fundamentales en el recuerdo intencional. Aunque la conceptualización asociada a la monitorización sigue siendo controvertida, nosotros planteamos que este constructo 'paraguas' aglutina procesos de atención sostenida y selectiva, el control de interferencias entre diferentes contenidos almacenados en la memoria, así como la desactivación o inhibición del contenido prospectivo una vez que éste se ha llevado a cabo. Sugerimos, por tanto, que los futuros trabajos en neuropsicología experimental puedan delimitar estas funciones. El segundo de los procesos asociados a la memoria prospectiva basada en el evento implica el recuerdo automático del contenido prospectivo mientras la persona se mantiene ocupada en una tarea concurrente durante el intervalo de retención. Sin embargo, los principales hallazgos ponen de relieve que las dos vías alternativas de procesamiento pueden conducir al éxito en el recuerdo de un contenido intencional, siempre teniendo en cuenta, entre otros factores, el tipo de clave empleada. Así, cuando la señal es focal (específica), las personas tienden a confiar en los procesos de recuperación espontánea. En cambio, ante la aparición de señales no focales (no específicas), las personas tienden a poner en marcha procesos de monitorización.

En lo referente a las bases neurocognitivas de una tarea de memoria prospectiva con señales focales y no focales, la investigación es hoy día escasa, por lo que conviene interpretar los datos con prudencia. No obstante, la evidencia asume la implicación y preponderancia de la CPA y la red frontoparietal en tareas asociadas al evento. En lo que concierne a la primera región, existe una clara disociación entre la CPA medial (asociada a la monitorización) y la lateral (asociada al desempeño de la tarea concurrente). En relación con la red frontoparietal, se aprecia una disociación entre la red frontoparietal dorsal y ventral. La primera se suele poner en marcha en los momentos en que la persona inicia los procesos de monitorización estratégica, mientras que la segun-

da suele ser activada en las circunstancias en que se produce una recuperación automática del contenido intencional. Asimismo, existe toda una controversia en relación con la contribución del lóbulo parietal. Los trabajos previos ilustran que esta región no sólo participa en la función sensitivomotora y visuoperceptiva, sino que puede influir tanto en los procesos de recuperación como en la representación del contenido intencional. Además, las regiones parietales involucradas en el procesamiento de arriba a abajo y de abajo a arriba se asocian a diferentes áreas de la misma región, exhibiendo una constante relación de activación e inhibición, mediada potencialmente por regiones prefrontales.

Aludiendo a cuestiones metodológicas, la mayoría de los trabajos en neuropsicología experimental ha empleado señales no focales, lo que ha inducido, erróneamente, a la generalización de los patrones de procesamiento neurocognitivo en tareas de memoria prospectiva basadas en el evento. Por lo tanto, las futuras líneas de investigación en este campo deberán diseñar metodologías que incluyan condiciones focales y no focales, con el fin de comprender los mecanismos neurales que subyacen al procesamiento monitorizado o automático de la señal. La funcionalidad del lóbulo temporal medial y el lóbulo parietal se ha divulgado ampliamente en la literatura científica sobre memoria retrospectiva. Sin embargo, los trabajos que abogan por la interacción de ambas regiones en tareas prospectivas asociadas al evento son bastante escasos, y es necesaria una mayor investigación con el fin de valorar no sólo la estructura neuroanatómica asociada a las diferentes fases experimentales, sino también la funcionalidad de éstas en el proceso de monitorización y recuperación automática.

Por otro lado, los futuros investigadores deberán diseñar condiciones experimentales con mayor validez ecológica. Como se ha señalado, los contextos naturales estimulan intervalos de retención significativamente más largos que los observables en contextos artificiales. Dicho en otras palabras, las tareas de memoria prospectiva aplicadas en ambientes de laboratorio suelen instruir a los participantes a realizar una determinada conducta intencional en intervalos que apenas sobrepasan los 10-15 minutos, y en los cuales las personas no están familiarizadas con los materiales y ejercicios instruidos por el experimentador. Este escenario puede inducir implícitamente a la monitorización de la señal y, por tanto, sesgar los hallazgos obtenidos en los estudios de neuroimagen.

Otro elemento que ha de tenerse en cuenta, de cara a los futuros trabajos en neuropsicología expe-

rimental, es la importancia percibida de la tarea prospectiva [57]. En esta línea, existen algunos trabajos cognitivos en los cuales los experimentadores instruyen a sus participantes que la tarea concurrente es más importante que la tarea de memoria prospectiva basada en el evento [58], lo que se traduce en una disminución del rendimiento en el recuerdo intencional. Sin embargo, los mecanismos neurales que subyacen a la importancia percibida de la tarea no se han clarificado de momento. Es posible que la dinámica de la red frontoparietal y la CPA sufra algunas modificaciones a raíz de añadir esta variable.

Finalmente, destacamos que una forma de comprender los mecanismos neurales que sustentan el funcionamiento de la memoria prospectiva basada en el evento es a través del estudio de pacientes con alteraciones neuropsicológicas. Existe una rica bibliografía asociada a esta temática que pone de relieve que los pacientes con disfunción ejecutiva tienen variados problemas en lo que respecta al recuerdo del contenido intencional [59,60]. Sin embargo, no existen estudios que profundicen en una posible alteración de la red frontoparietal en tareas focales y no focales, por lo que hay una línea de investigación abierta en lo que concierne a este tipo de pacientes. Posiblemente, a través del estudio sistemático de la patología surjan nuevas incógnitas que abran las puertas a futuras líneas de investigación.

Bibliografía

- Brandimonte M, Einstein GO, McDaniel MA, eds. *Prospective memory: theory and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 1996.
- Zogg JB, Woods SP, Saucedo JA, Wiebe JS, Simoni JM. The role of prospective memory in medication adherence: a review of an emerging literature. *J Behav Med* 2012; 35: 47-62.
- Kiegel M, McDaniel MA, Einstein GO, eds. *Prospective memory: cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives*. New York: Taylor & Francis Group/Lawrence Erlbaum; 2008.
- Gonen-Yaacovi G, Burgess PW. Prospective memory: the future for future intentions. *Psychol Belg* 2012; 52: 173-204.
- Kliegel M, Martin M. Prospective memory research: why is it relevant? *Int J Psychol* 2003; 38: 193-4.
- Cona G, Scarpazza C, Sartori G, Moscovitch M, Bisiacchi PS. Neural bases of prospective memory: a meta-analysis and the 'Attention to Delayed Intention' (AtoDI) model. *Neurosci Biobehav Rev* 2015; 52: 21-37.
- Einstein GO, McDaniel MA. Normal aging and prospective memory. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1990; 16: 717-26.
- Einstein GO, McDaniel MA. Prospective memory and what costs do not reveal about retrieval processes: a commentary on Smith, Hunt, McVay, and McConnell (2007). *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2010; 36: 1082-8.
- Smith RE. What costs do reveal and moving beyond the cost debate: reply to Einstein and McDaniel (2010). *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2010; 36: 1089-95.
- Guynn MJ. A two-process model of strategic monitoring in event-based prospective memory: activation/retrieval mode and checking. *Int J Psychol* 2003; 38: 245-56.
- Smith RE. The cost of remembering to remember in event-based prospective memory: investigating the capacity demands of delayed intention performance. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2003; 29: 347-61.
- Marsh RL, Hicks JL, Cook GI, Hansen JS, Pallos AL. Interference to ongoing activities covaries with the characteristics of an event-based intention. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2003; 29: 861-70.
- Park DC, Hertzog C, Kidder DP, Morrell RW, Mayhorn CB. Effect of age on event-based and time-based prospective memory. *Psychol Aging* 1997; 12: 314-27.
- McDaniel MA, Einstein GO. Prospective memory: an overview and synthesis of an emerging field. Thousand Oaks, CA: Sage Publications; 2007.
- McDaniel MA, Einstein GO. Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: a multiprocess framework. *Appl Cogn Psychol* 2000; 14: S127-44.
- Einstein GO, McDaniel MA. Prospective memory: multiple retrieval processes. *Curr Dir Psychol Sci* 2005; 14: 286-90.
- Einstein GO, McDaniel MA, Thomas R, Mayfield S, Shank H, Morrisette N, et al. Multiple processes in prospective memory retrieval: factors determining monitoring versus spontaneous retrieval. *J Exp Psychol Gen* 2005; 134: 327-42.
- McDaniel MA, Umanath S, Einstein GO, Waldum ER. Dual pathways to prospective remembering. *Front Hum Neurosci* 2015; 14: 9.
- Scullin MK, McDaniel MA, Shelton JT. The dynamic multiprocess framework: evidence from prospective memory with contextual variability. *Cogn Psychol* 2013; 67: 55-71.
- Anderson FT, McDaniel MA, Einstein GO. Remembering to remember: an examination of the cognitive processes underlying prospective memory. In Rolls ET, ed. *Reference module in neuroscience and biobehavioral psychology*. Oxford, UK: Oxford Centre for Computational Neuroscience; 2017. p. 1-13.
- Cona G, Bisiacchi PS, Sartori G, Scarpazza C. Effects of cue focality on the neural mechanisms of prospective memory: a meta-analysis of neuroimaging studies. *Sci Rep* 2016; 6: 25983.
- Scullin MK, McDaniel MA, Shelton JT, Lee JH. Focal/nonfocal cue effects in prospective memory: monitoring difficulty or different retrieval processes? *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2010; 36: 736-49.
- Scullin MK, McDaniel MA, Einstein GO. Control of cost in prospective memory: evidence for spontaneous retrieval processes. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2010; 36: 190-203.
- Tarantino V, Cona G, Bianchin M, Bisiacchi PS. Monitoring mechanisms in time- and event-based prospective memory. Third International Conference on Prospective Memory. Vancouver, Canada, July 2010.
- Ball BH, Brewer GA, Loft S, Bowden V. Uncovering continuous and transient monitoring profiles in event-based prospective memory. *Psychol Bull Rev* 2015; 22: 492-9.
- Loft S, Bowden VK, Ball BH, Brewer GA. Fitting an ex-Gaussian function to examine costs in event-based prospective memory: evidence for a continuous monitoring profile. *Acta Psychol (Amst)* 2014; 152: 177-82.
- Den Ouden H, Frith U, Frith C, Blakemore S. Thinking about intentions. *Neuroimage* 2005; 28: 787-96.
- Momennejad I, Haynes J. Human anterior prefrontal cortex encodes the 'what' and 'when' of future intentions. *Neuroimage* 2012; 61: 139-48.
- Burgess PW, Gonen-Yaacovi G, Volle E. Functional neuroimaging studies of prospective memory: what have we learnt so far? *Neuropsychologia* 2011; 49: 2246-57.
- Burgess PW, Scott SK, Frith CD. The role of the rostral frontal cortex (area 10) in prospective memory: a lateral versus medial dissociation. *Neuropsychologia* 2003; 41: 906-18.
- Burgess PW, Dumontheil I, Gilbert SJ. The gateway hypothesis of rostral prefrontal cortex (area 10) function. *Trends Cogn Sci* 2007; 11: 290-8.
- Gilbert SJ, Frith CD, Burgess PW. Involvement of rostral prefrontal cortex in selection between stimulus-oriented and stimulus-independent thought. *Eur J Neurosci* 2005; 21: 1423-31.
- Gilbert SJ, Spengler S, Simons JS, Frith CD, Burgess PW. Differential functions of lateral and medial rostral prefrontal

- cortex (area 10) revealed by brain-behavior associations. *Cereb Cortex* 2006; 16: 1783-9.
34. Gilbert SJ, Spengler S, Simons JS, Steele JD, Lawrie SM, Frith CD, et al. Functional specialization within rostral prefrontal cortex (area 10): a meta-analysis. *J Cogn Neurosci* 2006; 18: 932-48.
 35. Benoit RG, Gilbert SJ, Frith CD, Burgess PW. Rostral prefrontal cortex and the focus of attention in prospective memory. *Cereb Cortex* 2012; 22: 1876-86.
 36. Beck SM, Ruge H, Walser M, Goschke T. The functional neuroanatomy of spontaneous retrieval and strategic monitoring of delayed intentions. *Neuropsychologia* 2014; 52: 37-50.
 37. Bisiacchi PS, Cona G, Schiff S, Basso D. Modulation of a fronto-parietal network in event-based prospective memory: an rTMS study. *Neuropsychologia* 2011; 49: 2225-32.
 38. Kalpouzos G, Eriksson J, Sjölie D, Molin J, Nyberg L. Neurocognitive systems related to real-world prospective memory. *PLoS One* 2010; 5: e13304.
 39. McDaniel MA, Lamontagne P, Beck SM, Scullin MK, Braver TS. Dissociable neural routes to successful prospective memory. *Psychol Sci* 2013; 24: 1791-800.
 40. Gilbert SJ, Armbruster DJ, Panagiotidi M. Similarity between brain activity at encoding and retrieval predicts successful realization of delayed intentions. *J Cogn Neurosci* 2012; 24: 93-105.
 41. Colby CL, Duhamel JR, Goldberg ME. Visual, presaccadic, and cognitive activation of single neurons in monkey lateral intraparietal area. *J Neurophysiol* 1996; 76: 2841-52.
 42. Snyder LH, Batista AP, Andersen RA. Coding of intention in the posterior parietal cortex. *Nature* 1997; 386: 167.
 43. Colby CL, Goldberg ME. Space and attention in parietal cortex. *Annu Rev Neurosci* 1999; 22: 319-49.
 44. Gottlieb J. From thought to action: the parietal cortex as a bridge between perception, action, and cognition. *Neuron* 2007; 53: 9-16.
 45. Eschen A, Freeman J, Dietrich T, Martin M, Ellis J, Martin E, et al. Motor brain regions are involved in the encoding of delayed intentions: a fMRI study. *Int J Psychophysiol* 2007; 64: 259-68.
 46. Sestieri C, Shulman GL, Corbetta M. The contribution of the human posterior parietal cortex to episodic memory. *Nat Rev Neurosci* 2017; 18: 183-92.
 47. Schacter DL, Addis DR, Buckner RL. Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nat Rev Neurosci* 2007; 8: 657-61.
 48. Gilbert SJ, Armbruster DJ, Panagiotidi M. Similarity between brain activity at encoding and retrieval predicts successful realization of delayed intentions. *J Cogn Neurosci* 2012; 24: 93-105.
 49. Levy R, Loftus GR. Compliance and memory. In Harris JE, ed. *Everyday memory, actions, and absent-mindedness*. New York: Academic Press; 1984. p. 93-112.
 50. Craik FI. A functional account of age differences in memory. In Craik FI, ed. *Human memory and cognitive capabilities: mechanisms and performances*. New York: Routledge; 1986. p. 409-22.
 51. Linden DE, Prvulovic D, Formisano E, Vollinger M, Zanella FE, Goebel R, et al. The functional neuroanatomy of target detection: an fMRI study of visual and auditory oddball tasks. *Cereb Cortex* 1999; 9: 815-23.
 52. Swick D, Ashley V, Turken U. Are the neural correlates of stopping and not going identical? Quantitative meta-analysis of two response inhibition tasks. *Neuroimage* 2011; 56: 1655-65.
 53. Burianova H, McIntosh AR, Grady CL. A common functional brain network for autobiographical, episodic, and semantic memory retrieval. *Neuroimage* 2010; 49: 865-74.
 54. Gordon BA, Shelton JT, Bugg JM, McDaniel MA, Head D. Structural correlates of prospective memory. *Neuropsychologia* 2011; 49: 3795-800.
 55. Moscovitch M, Rosenbaum RS, Gilboa A, Addis DR, Westmacott R, Grady C, et al. Functional neuroanatomy of remote episodic, semantic and spatial memory: a unified account based on multiple trace theory. *J Anat* 2005; 207: 35-66.
 56. Okuda J, Fujii T, Yamadori A, Kawashima R, Tsukiura T, Fukatsu R, et al. Participation of the prefrontal cortices in prospective memory: evidence from a PET study in humans. *Neurosci Lett* 1998; 253: 127-30.
 57. Walter S, Meier B. How important is importance for prospective memory? A review. *Front Psychol* 2014; 5: 657.
 58. Hering A, Phillips LH, Kliegel M. Importance effects on age differences in performance in event-based prospective memory. *Gerontology* 2014; 60: 73-8.
 59. Kliegel M, Jäger T, Altgassen M, Shum D. Clinical neuropsychology of prospective memory. In Kliegel M, McDaniel MA, Einstein GO, eds. *Prospective memory: cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives*. New York: Taylor & Francis Group/Lawrence Erlbaum; 2008. p. 283-308.
 60. Scullin MK, Mullet HG, Einstein GO, McDaniel MA. Prospective memory. In Wright JD, ed. *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*. 2 ed. Amsterdam: Elsevier; 2015. p. 270-8.

Neuropsychology of event-based prospective memory

Introduction. Prospective memory is the capacity to remember actions that are to be performed in the future. Different studies from experimental neuropsychology attempt to unravel the neurocognitive processes underlying event-based prospective memory, that is, delayed actions that take place in a predetermined context, which would play the role of an external cue and would therefore contribute to successful intentional recall.

Development. Taking the dynamism and flexibility of multiprocess theory as a reference, the main findings have highlighted the fact that prospective memory is influenced by, among other factors, the type of cue. Thus, when the cue is focal, the person tends to rely on spontaneous retrieval. In contrast, when the cue is not focal, there is usually a tendency towards monitoring. In parallel to this, studies in experimental neuropsychology have determined that the anterior prefrontal cortex and the dorsal frontoparietal network would participate in the cue monitoring processes. Conversely, the ventral frontoparietal network would intervene in automatic retrieval processes. Moreover, the role of the parietal lobe and the medial temporal lobe in prospective tasks is discussed.

Conclusion. This study defends the idea that both processing pathways (monitored and spontaneous) favour success in recalling the event-based intentional action. It must nevertheless be borne in mind that the moment a person decides to set one type of processing (or another) in motion it is influenced by the type of cue.

Key words. Anterior prefrontal cortex. External cues. Frontoparietal network. Monitoring. Multiprocess theory. Spontaneous retrieval.