

REHABILITACIÓN NEUROPSICOLÓGICA DE LOS PROCESOS VISUO-ESPACIALES

NEUROPSYCHOLOGICAL REHABILITATION OF VISUO-ESPACIAL SKILLS

CONFERENCES

TOPIC: **NEUROPSYCHOLOGICAL REHABILITATION**

Juan Luis Blázquez Alisente, Nuria Paúl Lapedriza, Juan Manuel Muñoz Céspedes

Unidad de Daño Cerebral. Hospital Beata M^a Ana. Madrid. España.

Abstract

Introduction and objective: Cognitive deficits following lesions in parieto-occipital areas tend to cause, among others, visuospatial and visuoperceptive alterations. The aim of this article is to examine the influence of others possible deficit over its rehabilitation.

Patients and method: we discuss several patients who present visuospatial impairment after different brain injuries, not only those affecting the areas typically involved in these deficits, such as parieto-occipital cortex. Rehabilitation was conducted on an individual basis in the brain injury unit of Beata Maria Ana hospital.

Results: Neuropsychological evaluation showed some difficulties not previously described together with these deficits, related to attention, working memory and executive functions, as well as topographic disorientation, lack of visuospatial coordination, distances perception disorders and difficulty to mentally rotate objects. The rehabilitation was aimed not only at restoration but also compensation of visuospatial deficits, successfully achieved after treatment: patients were capable of returning to their daily activities, including their jobs.

Conclusion: In relation with patients with visuospatial deficits, a compressive neuropsychological evaluation seem to be essential to define the influence of the other cognitive domains over the rehabilitation of visuospatial problems. In particular, the reinforcement of processes related to attention control system and executive functions could very important, give their contribution to the learning of compensatory strategies and assuming that those functions pay key role in the organization and supervision demanded for perceptual skills.

Key Words: Neuropsychological rehabilitation, compensation, visoespacial impairments, restitution, executive functions, attention control system.

Resumen

Introducción y objetivo: Los déficit cognitivos tras una lesión cerebral en áreas parieto-occipitales suelen provocar entre otras una serie de dificultades visoconstructivas y visuoperceptivas. Queremos analizar la influencia de otros posibles déficit neuropsicológicos en su rehabilitación.

Pacientes y método: Presentamos el caso de varios pacientes con alteraciones visuo-espaciales de diferente etiología y con afectación de diferentes áreas cerebrales además de las relacionadas directamente con este tipo de alteraciones cual es el caso del córtex parieto-occipital. El proceso de rehabilitación neuropsicológica se llevó a cabo individualmente en la UDC del Hospital Beata María Ana.

Resultados: La evaluación neuropsicológica evidenció alteraciones no descritas tradicionalmente en este tipo de afectaciones relacionadas con atención, memoria operativa y funciones ejecutivas, además de desorientación espacial topográfica e intersíquica, falta de coordinación viso-espacial, problemas para percibir profundidad y dificultad para rotar mentalmente objetos en el espacio. Los objetivos de la rehabilitación se encaminaron tanto a la restitución como a la compensación de las alteraciones visuo-espaciales, observándose una reducción significativa de los déficit cognitivos a su término. Los pacientes volvieron a retomar las rutinas habituales incluidas las del mundo laboral.

Conclusiones: Parece esencial la exhaustiva evaluación de las alteraciones neuropsicológicas en pacientes con déficits visuo-espaciales para determinar el alcance que otros dominios cognitivos puedan tener en su rehabilitación. Concretamente puede ser fundamental el refuerzo de procesos relacionados con control atencional y funciones ejecutivas por su utilidad para el aprendizaje de estrategias compensatorias y bajo el supuesto de que dichas funciones proporcionan las claves de organización y supervisión necesarias para los procesos perceptivos.

Palabras Clave: Rehabilitación neuropsicológica, trastornos viso-espaciales

INTRODUCCIÓN

Las capacidades viso-espaciales engloban cualquier capacidad relacionada con la ubicación en el espacio, la capacidad para utilizar las referencias del medio y desenvolverse en él, la capacidad de orientación intrapsíquica, además del conjunto de procesos relacionados con percepción (capacidades gnósticas) y acción (capacidades práxicas). La dificultad radica en que no solo se relaciona con el medio (donde actuar), sino también con las habilidades que permiten tener una adecuada percepción de este medio. Determinar la naturaleza de los déficit visuales puede ser una tarea compleja pues en algunas ocasiones se confunden los procesos perceptivos con otras habilidades que si bien se desarrollan en el espacio se relacionan con procesos de tipo motor y/o práxico. A lo largo de las últimas décadas ha aumentado considerablemente el conocimiento sobre el procesamiento visual, lo que ha permitido conocer con mayor precisión las bases que lo regulan, aceptándose de una manera general que son el córtex parietal y occipital los encargados del análisis visoespacial y visoperceptivo del mundo, análisis que abarca desde el reconocimiento de las características de los objetos y su conocimiento hasta la capacidad de actuar sobre ellos.

En contraste al conocimiento y los numerosos estudios sobre los mecanismos del sistema visuo-espacial, poco se sabe sobre la recuperación de las habilidades visuales alteradas en pacientes con daño cerebral adquirido, que representan entre el 20% y el 40% [1]. En la práctica clínica este tipo de alteraciones no aparecen aisladas sino que suelen coincidir con otros problemas cognitivos tales como alteraciones de la atención, déficit en memoria operativa o episódica y funciones ejecutivas, y además en algunas ocasiones se observa una disociación entre problemas espaciales y perceptivos. Por todo esto y teniendo en cuenta la dificultad para determinar la naturaleza de los déficit viso-espaciales por la repercusión tan amplia en gran número de actividades (lectura, cálculo, capacidad constructiva, etc.) será necesario una detallada y precisa evaluación neuropsicológica que ayude a determinar con claridad la causa real del déficit.

En este artículo exponemos el programa de tratamiento de tres pacientes con dificultades visuo-espaciales tras sufrir daño cerebral que fue llevado a cabo en el Hospital Beata María Ana de Madrid. La experiencia clínica sugiere que el tratamiento de las dificultades visuales de manera aislada conlleva mejoras inferiores en el nivel de vida de los pacientes que si además se tratan los otros déficit concomitantes.

PROCESAMIENTO VISUAL

Desde el momento que la luz incide en la retina hasta que la persona reconoce o se ubica correctamente en el espacio ¿qué sucede en el cerebro para poder procesar la información del medio?, ¿y para percibirlo dentro de un todo de forma coherente e integrada?, la amplitud de este tema es enorme y demasiado compleja como para pretender abordarlo en este artículo. Una vez la luz pasa a la retina será el córtex visual primario (área 17 de Brodmann), el córtex estriado y V1 (primera área cortical visual) las áreas corticales encargadas inicialmente de procesar la información visual y crear un primer esbozo de lo que estemos captando en nuestro campo visual. Este primer esbozo registra información referente a localizaciones particulares, la orientación y regiones de luz y oscuridad (contrastes), tal como averiguaron Hubel y Weisel 1962 [2]. Serán la base para la formación de un objeto y junto al procesamiento del color en V2 y V4 (córtex visual secundario) proporcionará la apariencia de la figura que estemos viendo. En cambio el movimiento vendrá determinado por el procesamiento en V2 y MT (lóbulo temporal medial), y el reconocimiento de los objetos se producirá cuando las diferentes rutas descritas se integren con las áreas corticales que permiten el acceso al significado semántico (córtex temporal inferior). De esta manera se forma la imagen real y específica tanto en cuanto a la apariencia como al conocimiento de lo que estemos viendo. A lo largo de este camino jerárquico hay un progresivo procesamiento del estímulo, en el que operan dos sistemas diferenciados anatómicamente y funcionalmente, uno encargado de percibir los objetos, y otro relacionado con la orientación en el espacio [3].

Todo este proceso por el que pasa el estímulo hasta que se llega a percibir los objetos y el espacio se lleva a cabo de una manera coordinada y precisa, y requiere la colaboración de otros procesos cognitivos. Serán la atención y las funciones ejecutivas los mecanismos encargados de ejercer el control sobre estas (y otras) funciones cognitivas [4,5]. ¿Cómo actúan y cual es el posible papel de cada uno de estos procesos cognitivos en el complejo comportamiento visoespacial del hombre?, ¿el conocimiento de estos mecanismos podría ayudarnos a comprender los procesos implicados en la alteración de la función visuo-espacial?, ¿cuál sería la repercusión en el trabajo con pacientes que muestran alteraciones de este tipo?.

LA RUTA VENTRAL Y DORSAL

En la década de los 80 algunos autores hablan de dos mecanismos diferenciados funcional y anatómicamente en el procesamiento visoperceptivo [2], uno encargado de la percepción de los objetos y otro que determina la dirección que tomamos para alcanzarlos [6,7]. El reconocimiento de los objetos, tal como se mencionaba en el apartado anterior, requiere además de la percepción de la apariencia de las imágenes visuales el conocimiento semántico sobre ellas [8,9]. Si no fuera de este modo al estar frente a un objeto tendríamos la sensación de verlo por primera vez. La relevancia de esta integración perceptiva y semántica incide en la finalidad con la que nos dirigimos a cualquier estímulo y en definitiva en la intencionalidad, ya que si no supiéramos su significado pasaríamos probablemente de largo. En este sentido las dificultades en la percepción provocarían una paralización a la hora de actuar sobre los objetos.

La red encargada de analizar cuestiones relacionadas con la pregunta ¿qué vemos? se denomina ruta ventral, y lesiones en esta ruta provocarán la ausencia de sentido de lo que estamos viendo, ya sea por fragmentación de la apariencia de las cosas, agnosia aperceptiva o por la disociación de la percepción (apariencias) y el conocimiento del mundo, agnosia asociativa [2]. En cambio la ruta dorsal, relacionada con el córtex estriado se dirige al lóbulo parietal, relacionado con la atención [10] y responsable del análisis espacial. Permitirá el control de la dirección de los movimientos en el momento de alcanzar los objetos en el espacio, siendo necesaria la asociación del procesamiento motor y la coordinación de los movimientos con nuestras intenciones [5,11]. Esta ruta cerebral se activaría respondiendo a la pregunta ¿dónde miramos? y su alteración provoca déficits visoespaciales relacionados con las dificultades en la orientación, para alcanzar objetos y reconocerlos si se exponen de una manera incompleta [12,13,14]. Según esto las dificultades pueden ser debidas a problemas atencionales y motores o a su posible disociación.

IMPORTANCIA DE LA ATENCIÓN VISUAL EN EL PROCESAMIENTO VISOESPACIAL

¿Por qué el cerebro procesa unos estímulos y no otros?, en este sentido el mecanismo que decide sobre qué estímulo dirigir los recursos perceptivos se llama atención [2], pero ¿por qué no atendemos a todos los estímulos a la vez?, porque la capacidad de procesamiento del hombre es limitada, y tiene que adaptar los procesos cognitivos para seleccionar los estímulos que sean más relevantes. El mecanismo por el cual se determina el estímulo o una determinada localización del espacio relevante se denomina atención selectiva, capacidad que nos permite dirigir la atención a un estímulo determinado en presencia de posibles distractores irrelevantes [2, 3]. La atención selectiva, según lo mencionado, es un componente atencional que nos permitirá controlar el comportamiento. En este sentido los mecanismos de acción de la capacidad atencional según Posner [10] abarcan sistemas funcionales anatómicamente diferenciados, que son:

- Red atencional anterior
- Red atencional de vigilancia
- Red atencional posterior

La red anterior estará encargada de aspectos atencionales relacionados con el control y la red posterior se encargará de analizar los aspectos visuales. El conjunto de la red atencional anterior y posterior se encargará de los procesos de control atencional visual [16].

Tradicionalmente y por su relevancia en los procesos perceptivos, los procesos de atención selectiva o control atencional se han estudiado habitualmente en relación con la percepción. Han surgido a lo largo de la historia diferentes modelos que han intentado dar una explicación del funcionamiento de la atención selectiva en el conjunto de los mecanismos visoespaciales y visoperceptivos [17]. Uno de los modelos más característicos e intuitivos en psicología cognitiva, el modelo de filtro de Broadbent, en el que la atención actuará como un filtro selectivo que permitirá la selección de unos estímulos y el rechazo de otros. Esta teoría proporciona una útil aproximación a la acción humana, pero una de las críticas que se le ha hecho es la dificultad para explicar los límites atencionales, olvidando o dejando de lado aspectos como la atención dividida.

Entre las teorías alternativas al filtro se encuentra la de Neisser y Hochberg que considera la percepción como un proceso constructivo y para la que el papel de la atención sería el de seleccionar los perceptos que serán construidos o sintetizados. Según esta teoría la efectividad de la atención selectiva depende de la capacidad de mecanismos preatencionales para diferenciar estímulos relevantes de irrelevantes. Una de las cuestiones interesantes de esta teoría es la separación entre mecanismos preatencionales [17] y atención focal relacionada con la distinción entre los dos sistemas mencionados anteriormente [18]: uno orientado espacialmente y otro orientado a la detección de eventos significativos. Uno de los modelos actuales más interesantes es el de competición de Desimone y Duncan [19] en el que la atención opera en todos los niveles del procesamiento del sistema visual, de manera que cualquier procesamiento sea de alto o bajo nivel pueden competir por un estímulo u otro. En este sentido el papel de otros procesos favorecería una u otra representación.

PROGRAMACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES Y LAS LOCALIZACIONES ESPACIALES

Otro de los aspectos a tener en cuenta por ser esencial en el procesamiento visoespacial es el movimiento ocular (dirección de los ojos). Aunque no es esencial para localizar los objetos o alcanzarlos, sí tiene una estrecha y fuerte relación con los procesos atencionales visuales [10,20].

Los procesos de búsqueda visual requieren una demanda motora, atencional y conductual orientada a una meta [21]. Anatómicamente en el control del movimiento de los ojos es esencial el papel de colículo superior y el pulvinar [22], estructuras que forman parte de una red interconectada con dos regiones imprescindibles en el control de los procesos atencionales, motores y visuales, el córtex prefrontal y la corteza parietal. Son muchos los estudios que plantean la existencia de una red fronto-parietal, como un sistema neural encargado de la selección de las localizaciones espaciales [23]. La fuerte relación anatómica del córtex prefrontal con la ruta dorsal, conforma una vía fronto-dorsal ligada muy directamente a la organización de los movimientos oculares [2]. Glicsktein y Mya [22] relacionan la ruta dorsal con núcleos anatómicos motores que posteriormente se identificarán con núcleos frontales. Así, el córtex frontal, responsable en gran parte de las funciones ejecutivas, está estrechamente relacionado con el control oculomotor y la disposición o preparación de los movimientos sacádicos a determinadas localizaciones espaciales [22,24,25], como preludio de la preparación a un determinado comportamiento. Puede concluirse que el sistema dorsal y el córtex frontal conforman un sistema de guía de los movimientos en el espacio[25,26], mientras que el córtex parietal estaría dedicado al análisis espacial [27].

La complejidad de los procesos visuo-espaciales es indudable, lo avala la existencia de varias redes anatómica y funcionalmente diferentes. Procesos como la atención o las funciones ejecutivas parecen formar parte esencial de la regulación de las habilidades visuales y definirán de alguna manera parte de las dificultades visoespaciales.

DIFICULTADES VISOESPACIALES

La pérdida del campo visual (hemianopsias, cuadrantanopsias, etc.) no es en sí una dificultad visoespacial, pero los déficits que provoca están asociados en muchos casos a problemas visoespaciales pues afectan a la amplitud de visión del campo visual [1]. Definiendo la amplitud del campo visual por los límites de las posiciones que el sujeto detecte, las formas más frecuentes de desórdenes del campo visual después de un daño cerebral pueden ser la hemianopsia (pérdida de visión de un lado), cuadrantanopsia (pérdida de visión en un cuadrante) o escotoma paracentral (pérdida de visión en la parafóvea). En términos generales la falta de conciencia y la falta de compensación sobre el campo visual alterado pueden provocar dificultades de orientación en el espacio (topográfica, interpersonales), dificultades ejecutivas y constructivas, dificultades de lectura y escritura, problemas en la búsqueda de objetos o dificultades prácticas entre otras.

Las dificultades visoespaciales pueden afectar a la localización visual de objetos, a la capacidad de búsqueda visual, al rastreo visual y a un conjunto de habilidades visoperceptivas o visoconstructivas [12] implicadas en múltiples actividades de la vida diaria. Este tipo de dificultades que se producen por lesiones a nivel occipito-parietal, cuando se localizan unilateralmente se relacionan con dificultades en la localización de objetos en el espacio [1], dificultades de orientación y dirección contralateral a la lesión cortical [8] siendo más frecuentes en lesiones derechas [9]. Lesiones en el córtex parietal derecho provocan problemas para atender a determinadas localizaciones espaciales [28], es lo que comúnmente se denomina heminegligencia o negligencia del campo visual izquierdo [27], en cambio el daño

parietal bilateral suele mostrar dificultades más graves en la percepción del espacio, como dificultades para discriminar la profundidad.

Estas dificultades espaciales afectan y se manifiestan en actividades que requieren o exigen una adecuada percepción del espacio o guía visual (localización y alcance, horizontalidad de la lectura, bajar escaleras, guiarse por un camino). Las dificultades visoespaciales, relacionadas con la dificultad en la búsqueda visual suelen provocar dificultades en la percepción, produciendo en ocasiones una errónea identificación de objetos o de lugares (no se puede confundir con problemas para identificar ambientes u objetos, ya que esto sería una agnosia) [11,21].

Uno de los síndromes englobados como un desorden en la percepción del espacio, con severas dificultades de desorientación visoespacial es el denominado síndrome de Bálint, y que algunos autores consideran más relacionado con una alteración en la planificación de la visión espacial [29]. Descrito por primera vez en 1909 por Rezzo Bálint y causado por lesiones bilaterales de la unión occipitoparietal y desconexiones con el área frontal, se relaciona con severa restricción de la atención espacial (solo puede ver un objeto a la vez, simultagnosia), apraxia de la mirada, dificultad para alcanzar los objetos mediante la guía visual a no ser que se focalicen directamente (ataxia óptica) y dificultades en la localización visoespacial y la orientación, debido a una pérdida espontánea e intencional de los movimientos sacádicos o de la guía visual que solo es eliciteda mediante órdenes verbales, y que repercute en grandes dificultades para guiar la mirada de un objeto a otro (tendencia a dirigirla a la derecha) [13,14,28,29,30]. El síndrome de Bálint nos permite reflexionar sobre las posibles causas que provocan dificultades visoespaciales, por ejemplo la posible alteración de las áreas motoras de control motor (prefrontal) que provocarían una anómala ejecución de los movimientos (apraxia), o dificultades en la búsqueda visual, como un componente activo que selecciona, compara, analiza en integra estímulos visuales o dificultades en la inercia de la mirada, y como una dificultad para percibir los objetos cuando se presentan rápidamente, pudiendo deberse a problemas de cambio atencional, dificultades a este nivel provocan simultagnosia [11,31].

En general los problemas relacionados con las dificultades visoespaciales son debidos a la pérdida de referencias espaciales ya sea por problemas de pérdida del campo visual, por problemas perceptivos (agnosias), por problemas atencionales o por dificultades de planificación visomotora [11] y provocan una ineficaz búsqueda de información. El procesamiento visoespacial depende de un conjunto de procesos diferentes y las dificultades pueden estar causadas por deficiencia de cualquiera de ellos.

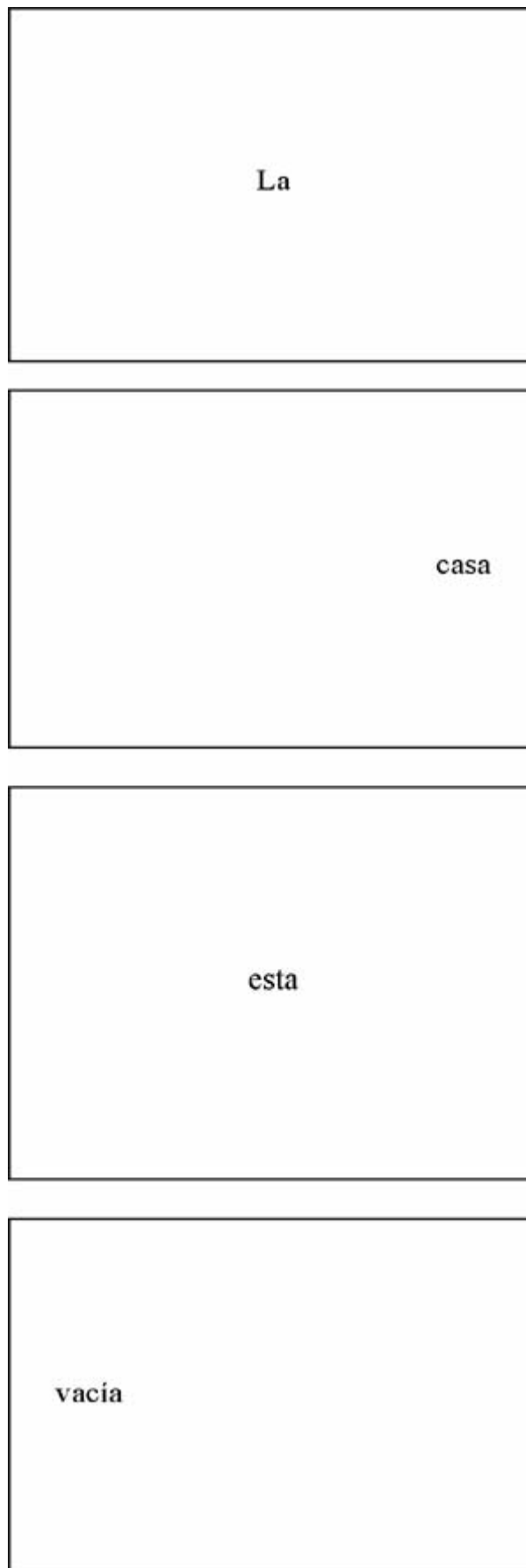
PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE LA LOCALIZACIÓN VISUAL

Cuando a los pacientes con problemas visuo-espaciales se les pauta mediante claves de rastreo con guía externa son capaces de realizar la exploración adecuadamente y pueden tener una visión más completa del campo visual, es decir la desintegración o alteración de la búsqueda visual se torna visible [21]. Este requerimiento intencional sobre el modo de realizar alguna actividad que es habitual en rehabilitación neuropsicológica es una estrategia efectiva en el entrenamiento de la programación oculomotora, constituyendo una parte importante del trabajo con las alteraciones en orientación visoespacial [5, 21]

La búsqueda visual en condiciones normales, en una habitación, en un papel o en un ordenador va acompañada de un patrón de movimientos oculares organizado, realizando una búsqueda de detalles relevantes para extraer la información necesaria [21]. Por esta razón las dificultades visoespaciales en ocasiones pueden ser reducidas mediante el uso de instrucciones, guías o pautas externas, es decir la monitorización en la realización de la tarea ayuda al paciente a orientarse por el mayor control del campo visual.

La capacidad de orientar la mirada hacia el espacio y encontrar el objeto diana, permitirá orientar la búsqueda visual a localizaciones espaciales adecuadas y esto a su vez permitirá la completa percepción de la escena visual. Todo este proceso podrá enmarcarse en un conjunto de estrategias de guía visual, control oculo-motor y búsqueda de información visual. Para trabajar estas estrategias será necesario desarrollar un programa centrado en los procesos de control visomotor relacionado con procesos de control atencional y funciones ejecutivas. El desarrollo y entrenamiento de estos procesos cognitivos nos permitirá dirigir la rehabilitación a objetivos concretos. Un planteamiento posible sería un programa de rehabilitación de las dificultades visoespaciales centrado en el entrenamiento y compensación de capacidades de atención selectiva [32,33], que permitiría orientar el comportamiento del paciente a desarrollar los procesos oculomotores y la búsqueda visual. El objetivo del programa expuesto se dirige a conseguir una mejora de los aspectos visoespaciales que perjudican la realización de las tareas cotidianas a pacientes que han sufrido daño cerebral, intentando desarrollar las capacidades de localización espacial y búsqueda visual [34,35]. Sigue una metodología basada en aspectos generales y fundamentales de la neuropsicología tales como el entrenamiento sistemático y específico de procesos cognitivos alterados diferentes a los visuo-espaciales [36,37], como base para trabajar las estrategias que permitan compensar los problemas propiamente visuo-espaciales, además del aumento de la conciencia del déficit alterado y su repercusión en la vida cotidiana, todo ello fundamentado en principios de aprendizaje sin error. De este modo, el tratamiento específico de las dificultades visoespaciales [38,39], se basará tanto en el trabajo de estrategias que permitan su compensación como en estrategias encaminadas a la restitución. En la tabla 1 se puede ver los aspectos trabajados para desarrollar una adecuada orientación visoespacial. El desarrollo de los movimientos oculares en la horizontal izquierda-derecha permitirá desarrollar un aumento del campo visual [34,35] y cubrir aspectos del campo visual omitido por déficit del campo visual o atencional, o alteración de la programación oculomotora [21]. Permitirá además trabajar las dificultades de rastreo visual y reducirá la desorientación espacial. De la misma manera que Zhil [36] también se trabaja la búsqueda visual, y se hace en dos fases a través de la ayuda de programas de ordenador [40]:

1º La Automatización del movimiento de los ojos sobre la horizontal izquierda-izquierda para abarcar la mayor longitud posible de visión y tener siempre una completa visión de la escena visual. Una tarea trabajada es la lectura de frases presentadas a través de un programa de ordenador. Las letras de cada palabra aparecen separada y sucesivamente en diferentes puntos del monitor (Pentium II de 15 pulgadas). Van apareciendo en el centro de la pantalla, a la derecha y a la izquierda sucesivamente hasta formar una frase completa como se puede apreciar en la imagen 1, y tras una pausa y una pantalla negra el paciente evocará la frase que ha aparecido en la pantalla del ordenador. El paciente se coloca a unos 50 centímetros de la pantalla del ordenador, de manera que pueda ver todas las letras y se facilite el movimiento ocular necesario.



2º Estrategias de rastreo vertical y horizontal y de búsqueda visual. Trabajadas también mediante tareas presentadas en el PC y el sujeto colocado a la misma distancia. La tarea consiste en ir buscando una tarjeta diana dentro de un conjunto de tarjetas distractoras que están juntas y apiladas en forma piramidal. La selección de la tarjeta diana viene determinada por dos condiciones, uno de los lados de dicha tarjeta (derecho o izquierdo deben estar libres, sin otra ficha al lado) y debe encontrarse otra tarjeta que sea exactamente igual y en las mismas condiciones. Es decir, es una tarea de emparejamiento, bajo algunas condiciones que el paciente debe de recordar siempre, y una vez detectadas las posibles tarjetas, deben ser seleccionadas mediante el cursor del ratón (clickeando encima). La instrucción es "mira la pantalla del ordenador que tienes enfrente y sube la mirada arriba a la izquierda" y según las dificultades del paciente se podrá adaptar con una pauta de rastreo de arriba-abajo y de izquierda-derecha. Además de ir buscando tarjeta por tarjeta se tiene que identificar la posible tarjeta diana, siendo necesario recordar las normas de selección para poder tomar una decisión correcta. En esta práctica la participación del terapeuta es necesaria, pues al principio deberá guiar el comportamiento del paciente (además de la guía con el dedo

sobre la pantalla del ordenador será necesario recordar la normas en cada tarjeta o las conductas inapropiadas). A medida que el paciente va mejorando en la tarea el terapeuta va eliminando la ayuda, hasta que el paciente automatiza la búsqueda. Posteriormente se irán exigiendo tiempos de ejecución menores en la realización de la búsqueda visual con el objetivo de mejorar la velocidad de procesamiento. Los aspectos esenciales demandados y que se trabajan directamente son las capacidades de memoria operativa, atención alterna, planificación conductual y el control de la impulsividad, al tener que estar siempre recordando las normas de actuación y controlando la secuencia exigida (rastreo ordenado, búsqueda de una tarjeta, etc.), aspectos fundamentales para tomar conciencia y entrenar la autorregulación del comportamiento [4]. Las tareas de búsqueda visual deben ser trabajadas con una gran variedad de tareas y en diferentes situaciones, graduando la amplitud de rastreo espacial, para generalizar lo máximo posible la estrategia trabajada y aprendida [33]. Pudiendo plantear actividades como por ejemplo búsqueda de palabras en un texto, laberintos, tareas exijan una mínima capacidad de estrategia y planificación en la orientación visual, etc.

Uno de los aspectos esenciales que se trabaja de manera constante es la conciencia de las dificultades y las funciones ejecutivas, de manera que antes de realizar cualquier tarea se le plantea al paciente cuales son sus dificultades y como va a enfrentarse a la tarea. En este sentido creemos importante potenciar la capacidad intencional de auto-guía [21] en el comportamiento de búsqueda visual y aplicar la guía en actividades de la vida diaria, desde colocar y encontrar objetos en el cuarto a realizar excursiones.

TABLA 1. PROCESOS COGNITIVOS TRABAJADOS EN LA REHABILITACIÓN		
Procesos Cognitivos	Capacidades trabajadas	Ejemplos de tareas empleadas
Atención	1ºA. Focalizada	Atender y contestar a preguntas
	2ºA. selectiva	Atender y reproducir textos
	3ºA. alternate	Ubicación espacial de letras, figuras, etc
	en las modalidades visual y oral	Guía visual en la lectura
Memoria operativa	Verbal y visual	Ordenar números mentalmente Restar o sumar series ej. 1-7-13-21... Ordenar alfabéticamente frases Manipulación de figuras mentalmente
Funciones ejecutivas y dificultades visoespaciales	1º. Movimietno ocular	Adecuación de rastreo (izq. a der. y arriba abajo)
	2º. Búsqueda visual y resolución de problemas	Buscar una palabra determinada en 1 texto Construcciones de figuras Explicación de artículos de manera ordenada Antes de hacer la tarea 1º. Búsqueda de alternativas 2º.Tomar una decisión 3º.Organización de los pasos
Dificultades visoespaciales	1º Movimiento ocular	Programa de ordenador.

REHABILITACIÓN DE TRES PACIENTES CON DIFICULTADES VISOESPACIALES

En esta sección se muestran los efectos de la práctica del programa expuesto con varios pacientes con diferentes dificultades visoespaciales.

1º. Varón de 68 años de edad de profesión abogado, con antecedentes de HTA, enfermedad vascular periférica y cardiopatía isquémica, que sufrió un accidente cerebro vascular en el transcurso de una operación de revascularización miocárdica. La RM era compatible con

isquemia de hemisferio cerebeloso izquierdo, área parieto-occipital izquierda y centro semioval derecho. Diagnosticado como síndrome de Balint, al presentar ataxia óptica, apraxia de la mirada y marcha de precaución, acudió al servicio de daño cerebral al mes de salir del hospital para evaluación y rehabilitación neuropsicológica. Los resultados de la evaluación neuropsicológica pusieron en evidencia dificultades atencionales, un control atencional alterado, dificultades en orientación espacial (negligencia) y en el rastreo visual, debidas a dificultades de focalización atencional (apraxia de la mirada), dificultades en el cálculo y en la linealidad de la escritura debido a problemas de ubicación espacial, siendo destacable la presencia de ataxia óptica unilateral derecha no foveal. Sin observarse problemas perceptivos (buena ejecución en los test de Hooper, Poppelreuter y BNT) y sin dificultades para ver más de un objeto a la vez. Aunque con la capacidad constructiva preservada, tanto en dibujo como en imitación de figuras manuales la precipitación de la respuesta y la apraxia óptica le crean dificultades susceptibles de ser corregirlas con aumento en el tiempo de respuesta y con feed-back que haga ver al paciente el error cometido. En la tabla 2 se pueden ver el protocolo de las pruebas administradas.

BATERÍA NEUROPSICOLÓGICA		
PROCESO NEUROPSICOLÓGICO	PRUEBA NEUROPSICOLÓGICA	REFERENCIAS
Atención y Orientación	- BTA - TMT - Clave Números (WAIS-III) - Test de cancelación (BARCELONA)	Schretlen y col. (1996) Davies (1968) Wechsler (1955, 1997) Peña-Casanova (1990)
Funciones Ejecutivas	- WCST - Stroop - Torre de Hanoi - Mapa del Zoo (BADS) - Laberintos (WISC-R) - Historietas (WAIS-III) - FAS	Berg (1948), Heaton (1993) Stroop (1935) Glosser y Goodglas, 1990 Wilson et al (1996) Wechsler (1997) Wechsler (1955, 1997) Benton, Hamsher & Sivan (1994)
Memoria Corto Plazo / Memoria Operativa	- Span verbal y Span Visoespacial (WMS-R) - Aritmética (WAIS-III) - Letras y Números (WAIS-III)	Wechsler (1987) Wechsler (1955, 1997) Wechsler (1955, 1997)
Memoria Episódica	- Wechsler Memory Scale - R - Figura de Rey (Recuerdo)	Wechsler (1987) Rey-Osterieth (1944)
Memoria Semántica	- Vocabulario (WAIS-III) - Información (WAIS-III) - Caras y Lugares - BNT	Wechsler (1955, 1997) Wechsler (1955, 1997) Paúl (1998) Kaplan y col. (1983)
Praxias	- Luria-Christensen - Cubos (WAIS-III) - Figura de Rey (Copia)	Christensen (1987) Wechsler (1955, 1997) Rey-Osterieth (1944)
Gnosias	- Test de Hooper - Luria-Christensen - Dirección de Líneas de Benton - Poppelreuter	Hooper (1958) Christensen (1987) Benton (1978) Poppelreuter
Rendimiento Intelectual Global	- WAIS-III	Wechsler (1955, 1997)

Los objetivos del tratamiento rehabilitador se dirigieron inicialmente al aumento de las diferentes capacidades atencionales, entrenando la focalización de la atención a determinados objetos y su posterior recuerdo (oral y escrito), reforzando las capacidades de atención selectiva y la alternancia de una fijación atencional a otras localizaciones o estímulos, mediante la comparación de modelos o mediante el cambiando de modalidades (oral-escrita). Posteriormente los objetivos se encaminaron hacia el entrenamiento de la memoria a corto plazo. Ante un conjunto de estímulos el paciente debe elegir solo el indicado y con las características y condiciones indicadas de antemano, trabajando así la memoria inmediata en el seguimiento de instrucciones. Variando las condiciones y reglas trabajamos aspectos más complejos de la memoria operativa y funciones ejecutivas [21].

Una vez cubiertos los objetivos iniciales el programa se encaminó a cubrir aspectos cognitivos de naturaleza visuo-espacial, con instrucciones de guía oculomotora en la vertical para la detección de estímulos (2ª fase de tratamiento), usando siempre un feedback adecuado a la realización de la tarea. En un primer momento es necesaria la ayuda verbal, que sirva de guía para realizar la tarea hasta que las capacidades de atención y memoria operativa le permitan seguir a él solo y empiece a automatizar el comportamiento de guía visual. Otro de los aspectos trabajados con este paciente fue la compensación de los problemas derivados de la ataxia óptica. Una vez mejoró la automatización oculomotora se pudo trabajar la generalización con el objetivo de alcanzar cualquier objeto en diferentes lugares y ubicaciones. La asociación de un sonido al objeto permitió guiar la conducta del paciente para coger objetos mediante una visión periférica. A lo largo del proceso de rehabilitación pudo observarse una mejora progresiva tanto de la orientación espacial como de la ataxia óptica, hasta prácticamente desaparecer. El programa se desarrolló durante 8 meses y con una periodicidad de tres sesiones semanales de una hora cada una, tras los cuales el paciente retomó las actividades habituales de su vida diaria.

2º. Varón de 35 años de profesión metre y con el que se trabajó la búsqueda visual siguiendo el plan mencionado en el apartado anterior. Sufrió una encefalopatía postanóxica tras shock anafiláctico por picadura de avispa, y la evaluación neuropsicológica evidenció dificultades de orientación inter-personal (con una clara repercusión en su vida cotidiana, concretamente en el trabajo, por la dificultad para diseñar las mesas y para colocar y/o supervisar la colocación correcta de los cubiertos), alteraciones de praxis constructiva debido a una búsqueda visual errática, problemas de imaginación mental y precipitación de la respuesta. La impulsividad constituía una de las principales dificultades, por lo que uno de los principales objetivos giró en torno al máximo entrenamiento y refuerzo de la planificación (planteamiento de alternativas y comprobación de las respuestas), tanto en situaciones laborales como por su repercusión sobre las dificultades visoespaciales. Todos los aspectos visuo-espaciales mencionados en el apartado anterior fueron adaptados a las dificultades de esta paciente, si en el anterior era importante la guía en este paciente fue esencial la demora de la respuesta y la búsqueda de alternativas, pues permitían obtener mejoras atencionales. Estos aspectos trabajados mediante el entrenamiento de la búsqueda visual y la elección y planteamiento de estrategias, fueron rápidamente automatizados, repercutiendo en la desaparición de los problemas de orientación como tales. Llegados a este punto y existiendo todavía dificultades en la ubicación de cubiertos o de las mesas, por la precipitación de la respuesta, se planteó un plan de exposición a tareas de naturaleza visoespacial que exigían procesos de memoria operativa y control de la conducta, tales como la orientación en planos y la organización mediante objetivos. En la actualidad el paciente trabaja como jefe de camareros, sin llegar a recuperar su puesto anterior y no presenta ningún tipo de dificultad en la orientación visoespacial, pudiendo incluso conducir.

3º. Varón de 50 años que sufrió un TCE, con fractura occipital izquierda y contusión parieto-occipital. Con hemianopsia homónima derecha, la valoración neuropsicológica determinó la existencia de trastorno de coordinación y de equilibrio además de dificultades de orientación topográfica y dificultades de rastreo visual. También se observaron dificultades para percibir la profundidad, en la percepción del movimiento, rastreo visual errático, dificultades en la memoria operativa tanto en la modalidad visual como verbal y alteración en procesos de memoria episódica. Dichos déficit provocaban limitaciones para captar escenas visuales y problemas para orientarse en el espacio. La gravedad de las dificultades de este paciente hizo necesario trabajar todos los aspectos mencionados en el apartado de tratamiento, fundamentando la rehabilitación principalmente en estrategias de compensación oculomotora debido a los graves déficits relacionados con el campo visual [1]. El tratamiento rehabilitador se encaminó inicialmente al aumento de la conciencia de las dificultades y el entrenamiento de estrategias de búsqueda visual, una vez afianzada la correcta focalización atencional y la capacidad de atención alterna, esenciales en la localización y orientación visoespacial. Fue el trabajo en la automatización del movimiento ocular y la localización espacial (mediante compensación) el principal pilar del tratamiento. El paciente llegó a orientarse perfectamente en la calle y en su casa, siempre y cuando utilizaba las estrategias de compensación entrenadas y en la actualidad se han reducido significativamente las dificultades de rastreo visual o de orientación visoespacial pues son compensadas eficazmente. Las dificultades que perduran no le permiten al paciente reincorporarse al puesto laboral que tenía antes del accidente, pero es capaz de llevar una vida casi normal, ya que es capaz de orientarse en diferentes entornos, tanto en la calle como en su casa.

RESULTADOS

El objetivo del tratamiento consistió en el entrenamiento de las capacidades atencionales, el aumento de la eficacia del rastreo visual mediante la automatización de los movimientos oculares y el entrenamiento en procesos ejecutivos en tareas de búsqueda visual de información relevante a un objetivo. Tras el proceso rehabilitador se observó una mejora en las dificultades visoespaciales de nuestros pacientes, en especial en la orientación topográfica, la orientación inter-personal, el rastreo visual y la coordinación visomotora, con mejoras en la actividades de la vida diaria tales como orientación por ambientes familiares, búsqueda de objetos en el domicilio, lectura, alineación de la escritura, marcha en ámbitos abiertos (calle de una ciudad), etc. Solo uno de los pacientes refiere dificultades para desplazarse en la calle cuando hay muchas personas debido a que si se distrae y dirige la mirada hacia un lugar diferente del objetivo diana o punto de referencia le crea dificultades de orientación al dejar de compensar el campo visual alterado. Aún así, es capaz de desplazarse y moverse en lugares abiertos sin perderse, en el momento actual es capaz de realizar compras en el supermercado, y coordinar las capacidades visomotoras para clavar un clavo, de tal manera que aunque las dificultades visuales siguen persistiendo es la capacidad de aplicar estrategias compensatorias la que le permite desplazarse solo. En los otros dos pacientes se observa una mejora significativa de todas las capacidades neuropsicológicas trabajadas, desde la atención a las dificultades visoespaciales, siendo destacable la mejora de la ataxia óptica en el paciente diagnosticado de síndrome de Bálint.

En relación a los procesos de rehabilitación, no podemos olvidar la capacidad de recuperación espontánea de los déficits espaciales y perceptivos. Así en un trabajo ya nombrado, el de Zihl del año 2000 [1], se observa recuperación de dichas alteraciones después de un daño cerebral derecho posterior, aunque Kerhoff y col [40] plantean una capacidad de recuperación de los déficits visoespaciales y visoconstructivos en 70% de 41 pacientes sin poder concluir nada sobre la recuperación espontánea. Es posible que en los pacientes presentados en esta charla que muestran una reducción de todas las dificultades visoespaciales, se haya producido una restauración de las dificultades observadas, pero también es importante destacar la probabilidad de que el entrenamiento y refuerzo de las capacidades atencionales y de procesos ejecutivos hayan ayudado a compensar dichas dificultades [42].

DISCUSIÓN

La corteza parieto-occipito-frontal podría constituir una red encargada del análisis y síntesis de la información visoespacial y visoperceptiva, combinando funciones tan dispares como los analizadores visuales, el cinestésico y vestibular,[43,44] y formarían un papel esencial en el procesamiento de la información y en la interpretación de los procesos cognitivos espaciales [45], sin olvidar otras capacidades como la organización de los procesos espaciales [38], la formación de planes de movimiento [8, 9, 10, 25,34] y el procesamiento motor [46,47]. Esta amplitud de procesos implicados en las capacidades visoespaciales hacen que sea una cuestión difícil de abordar, especialmente en la práctica clínica diaria, debido a que las dificultades visoespaciales pueden estar además aumentadas por diferentes alteraciones cognitivas en otros procesos neuropsicológicos [13,14].

El desarrollo de las capacidades visuo-espaciales apoyado en el desarrollo de las capacidades de control motor, la atención y las funciones ejecutivas [32,41] pone de relieve la necesidad de trabajar de una manera coordinada las capacidades cognitivas alteradas, por esta razón es necesario jerarquizar el tratamiento rehabilitador de los procesos cognitivos a trabajar [32]. Uno de los aspectos esenciales para conseguir un buen desarrollo de las capacidades visoespaciales será el tratamiento de las capacidades atencionales. La adecuada organización del comportamiento dirigido a una meta requiere, en este caso, los procesos de búsqueda visual, la organización de la

conducta, el desarrollo de mecanismos de atención [32,41], y la participación de las capacidades ejecutivas por la contribución sobre la capacidad para orientar la conducta a metas y objetivos concretos [4,21,46]. Un ejemplo de la gran complejidad implicada en las dificultades visoespaciales, por la conjunción de diferentes procesos cognitivos, es el síndrome de Bálint [28,29] y la ataxia óptica [4,34] pues es muy complicado determinar con claridad la causa real que los provoca.

Algunas de las conclusiones o reflexiones que se pueden plantear son:

- 1- Los procesos visoespaciales requieren la coordinación e implicación de un conjunto de procesos cognitivos diferentes a los propiamente visuo-espaciales [4,31,35,48].
- 2- Un aspecto que se deriva del anterior es que el planteamiento de programas de tratamiento de pacientes con problemas visuo-espaciales necesitan partir de una detallada y exhaustiva evaluación neuropsicológica que proporcione una definición clara de los déficit alterados y conservados para adecuar un programa de tratamiento coherente y adecuado a la persona [1].
- 3- Debido a la importancia de las funciones ejecutivas en la coordinación de los procesos cognitivos y del comportamiento [49], la implicación de estas habilidades en la planificación del tratamiento rehabilitador puede favorecer la mejora de las capacidades de búsqueda visual y la programación oculomotora [47,48].
- 4- El desarrollo de la localización espacial, como intento de compensar las dificultades en el campo visual alterado, así como el trabajo en los procesos de búsqueda visual puede ayudar a pacientes con daño cerebral adquirido, que presentan dificultades visoespaciales [1, 39,41].
- 5- Las capacidades cognitivas como la atención y las funciones ejecutivas parecen necesarias para trabajar la localización espacial y la búsqueda visual, pudiendo de alguna manera formar parte del procesamiento visoespacial y visoperceptivo [4,50,51].

A menudo los pacientes con daño cerebral adquirido muestran dificultades visoespaciales que provocan la alteración de una gran variedad de actividades de la vida diaria como pueden ser problemas en la lectura, desplazamientos infructuosos al tropezar con obstáculos, o desorientación y pérdida en un lugar conocido, causando una alteración en el adecuado funcionamiento de la vida del paciente[1]. La comprensión de estos déficits nos permitirá desarrollar programas de rehabilitación más adecuados que ayuden en última instancia a mejorar la calidad de vida de estos pacientes. Parece necesario profundizar y realizar más estudios que impliquen procesos cognitivos tales como el control atencional y que expliquen el papel de las funciones ejecutivas en los procesos visuales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zihl J. Disorders in visual space perception. Neuropsychol rehabilit: a modular handbook. East Sussex: Psychology press; 2000.
2. Farah Martha J. The cognitive neuroscience of vision. Fundamentals of cognitive neuroscience. Malden, Massachusetts: Blackwell Publishers; 2000.
3. Vecera SP and Luck SJ. Attention. En Rachamadran VS. Ed. Encyclopedia of the Human Brain. San Diego: Academic Press; 1994: 269-84.
4. Miller E K and Cohen J D. An integral theory of prefrontal cortex function. Annu. Rev. Neurosci. 2001; 24: 167-202.
5. Humphreys GW, Duncan J and Treisman A. Attention, space and action. Studies in cognitive neuroscience. New York: Oxford University Press; 2000.
6. Wilson BA, Clare L, Young AW and Hodges JR. Knowing where and knowing what: a double dissociation. Cortex 1997; 33: 529-41.
7. Marshall JC and Fink GR. Spatial cognition: Where we were and where we are. Neuroimage 200; 14: S2-S7.
8. Gimenez-Amaya JM. Anatomía funcional de la corteza cerebral implicada en los procesos visuales. Rev Neurol 2000; 30: 656-62.
9. Passingham RE, Toni I y Rushworth M.F.S. Specialization within the prefrontal cortex: the ventral prefrontal cortex and associative learning. Exp Brain Res 2000; 1333: 103-13.
10. Posner MI y Gilbert CD. Attention and primary visual cortex. Proc. Natl. acad. Sci. USA 1999; 96: 2585-7.
11. Luria AR. Las funciones corticales superiores del hombre. Orbe. La Habana 1977
12. De Renzi E. Visuospatial and constructional disorders. En Feinberg TE y Farah MJ, eds. Behav Neurol Neuropsychol. New York: McGraw-Hill. 1997. p. 297-307.
13. Rizzo M. 'Balint's syndrome' and associated visuospatial disorders. Baillieres Clin Neurol. 1993 2:415-37.
14. Damasio A, Tranel D, Rizzo M. Disorders of complex visual processing. En Mesulam M-M, ed. Principles of Behavioral Neurology. Contemporary Neurology Series. Philadelphia: F.A. Davis; 1999: 332-72.
15. Colmenero JM, Catena A y Fuentes LJ. Atención visual: Una revisión sobre las redes atencionales del cerebro. Anales de psicología 2001; 17: 45-67.
16. Posner MI. Attention in cognitive neuroscience: an overview. En Gazzaniga MS Ed. The Cognit Neurosci. Cambridge: MIT Press. 1995. p. 1009-20.
17. Kahneman D. Atención y esfuerzo. Blioteca Nueva. Madrid. 1997
18. Held, R. Dissociation of visual functions by deprivation and rearrangement. Psychologische Porschung 1968; 31: 338-48
19. Desimone R y Duncan J. Neural mechanisms of selective visual attention. Annu. Rev. Neurosci. 1995; 18: 193-222.
20. Bear MK., Connors BW. Y Paradiso MA: neuroscience exploring the brain. Baltimore. USA. Williams y Wilkins 1996.
21. León-Carrión J., Barroso y Martín JM. Neuropsicología del pensamiento, control ejecutivo y lóbulo frontal. Kronos. Sevilla. 1997
22. Glickstein M. Y May, JG. Visual control of movement: the circuits which link visual to motor areas of the brain with special reference to the visual input to the pons and cerebellum. New York: academy Press. En contributions to sensory physiology 1982; 7: 103-45.
23. Corbetta M y Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. Nat Rev Neurosci 2002; 3: 201-15.
24. DeSouza JFX, Dukelow SP, Gati JS, Menon RS, Andersen RA, y Vilis T. Eye position signal modulates a human parietal pointing region during memory guided movements. J Neurosci 2000; 20: 5835-40.
25. Levy R y Golman-Rakic P. Association of storage and processing function in the dorsolateral prefrontal cortex of the non-human primate. J Neurosci 1999. 19: 5145-58.
26. Mesulam MM. From sensation to cognition. Brain 1998; 121: 1013-52.
27. Culham JC y Kanwisher NG. Neuroimaging of cognitive functions in human parietal cortex. Curr Opin Neurobiol 2001. 11: 157-63
28. Rizzo M y Vecera SP. Psychoanatomical substrates of Balint's syndrome. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2002; 72:162-78.
29. Langdon D. y Warrington EK. The role the left hemisphere in verbal and spatial reasoning tasks. Cortex 2000 36; 691-702.
30. Cooper ACG y Humphreys GW. Coding space within but not between objects: evidence from Balint's syndrome. Neuropsychologia 2000; 38: 723-33.
31. Wise SP, Boussaoud D, Johnson PB, Caminiti R. Premotor and parietal cortex: corticocortical connectivity and combinatorial computations. Annu Rev Neurosci 1997; 20: 25-42
32. Sholberg MM y Mateer CA. Cognitive rehabilitation. New York: The Guilford Press 2001.
33. Wood RLI. Cognitive rehabilitation in perspective. London: Psychology Press; 1990.
34. Cowey A. Perimetric study of visual field defects in monkeys after cortical and retinal ablations. Q J Exp Psychol 1967; 19: 232-45
35. Mohler, CW. y Wurtz RH. Role of striate cortex and superior colliculus in visual guidance of saccadic eye movement. J Neuropsychol 1977; 40:74-94
36. Zihl J. Methodische voraussetzungen in der Neuropsychologischen rehabilitation. En Von cramon D y Zihl J, eds. Neuropsychologischen rehabilitation. Berlin: Springer Verlag. 1988. p. 105-31
37. Zihl J. Visual scanning behavior in patients with homonymous hemianopia. Neuropsychologia 1995; 33: 287-303.
38. Singer W. Central core control of visual -cortex functions. En schmitt FO. Y Worden FG., eds. The neuroscience fourth study program. Cambridge, MA, and London. MIT Press 1979: 1093-110
39. Driver J. y Mattingley JB. Selective attention in humans: Normality and pathology. Curr Opin Neurobiol 1995; 5: 191-7
40. Kerkhoff G., Münssinger, U., Eberle-Straus, G., y Stögerer, E. Rehabilitation of hemianopia alexia in patients with postgeniculate visual field disorders. Neuropsychol Rehabilitation 1992; 2: 21-42.
41. Hier, DB., Mondlock, J. y Caplan LR. Recovery of behavioral abnormalities after right hemisphere stroke. Neurology 1983; 33: 345-50.
42. Chawla D, Rees G y Friston KJ. The physiological basis of attentional modulation in extrastriate visual areas. Nat Neurosci 1999; 2: 671-6.

43. Bremmer F, Schlack A, Shah NJ, Zafiris O, Kubischik M, Hoffmann K. et al. Polymodal motion processing in posterior parietal and premotor cortex: a human fMRI study strongly implies equivalencies between human and monkeys. *Neuron* 2001; 29: 287-96.
44. Calton JL, Dickinson AR y Snyder LH. Non-spatial, motor-specific activation in posterior parietal cortex. *Nat Neurosci* 2002; 5: 580-8.
45. Graziano MSA y Gross CG. The representation of extrapersonal space: a possible role for bimodal, visual-tactile neurons in thought and imagery. En Gazzaniga MS, ed. *Cognitive neurosci.* Cambridge: MIT Press. 1995. p. 1021-34.
46. Quintana J y Fuster JM. From perception to action: temporal integrative function of prefrontal and parietal neurons. *Cereb cortex* 1999; 9: 213-21.
47. Fincham John M, Carter Cameron S., Veenvoort Van, Stenger V. Andrew and Anderson John R. Neural mechanisms of planning: a computational analysis using event-related fMRI. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2002; 99: 3346-51.
48. Miller EK. The neural basis of top-down control of visual attention in the prefrontal cortex. En Monsell S y Driver J, eds. *Attention and performance XVIII: Control of cognitive performance.* Cambridge: MIT Press; 2000. p. 511-34.
49. Duncan J. An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. *2001 Nat Rev Neurosci* 2001; 2: 820-9.
50. Miller EK, Ericson CA y Desimone R. Neural Mechanism of visual working memory in prefrontal cortex of the macaque. *J Neurosci* 1996; 16: 5154-67.
51. Wolpert DM, Goodbody SJ and Mosud H. Maintaining internal representation: the role of the human superior parietal lobe. *Nat Neurosci* 1998. 1: 529-33.