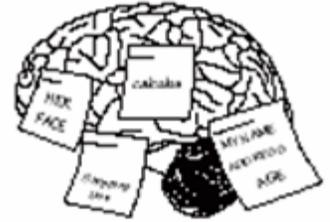


Aprendizaje y memoria



La memoria es fundamental para establecer nuestra individualidad. Lo que cada uno de nosotros recordamos es diferente de lo que otros recuerdan, incluso en situaciones en las que las mismas personas han estado juntas. Aunque, de distintas maneras, todos recordamos acontecimientos, hechos, sentimientos emocionales y habilidades, algunos por poco tiempo y otros durante toda la vida. El cerebro tiene múltiples sistemas de memoria con diferentes características y mediados por diferentes redes neuronales. Actualmente se piensa que la formación de memorias nuevas depende de la plasticidad sináptica (tal y como se vio en el capítulo anterior), pero todavía no está claro cuales son los mecanismos neuronales para encontrar la información. Aunque todos nos quejamos de nuestra memoria, es generalmente bastante buena, y sólo empieza a fallar cuando envejecemos o si padecemos alguna enfermedad neurológica. Podría ser bueno intentar mejorar nuestra memoria, pero el hacerlo sería a costa de recordar muchas cosas que es mejor olvidar.

información de una forma muy precisa. Lo utilizamos para recordar un discurso o una frase el tiempo necesario para interpretar el sentido de una conversación, para hacer cálculos aritméticos y para recordar dónde y cuándo dejamos las llaves hace un momento. La precisión es fundamental para el sistema, un hecho que implica una capacidad y persistencia limitada. Se dice que normalmente en la memoria de trabajo podemos recordar 7 ± 2 cosas; esa es la razón por la cual los números de teléfono no tienen más de 7 ó 8 dígitos. Pero el recordarlos de manera exacta es fundamental. Vosotros podéis comprobar la capacidad y persistencia limitada de la memoria de trabajo en un experimento muy sencillo que podéis llevar a cabo con vuestros amigos.

La organización de la memoria

No existe una estructura única en el cerebro en donde vaya a almacenarse todo lo que aprendemos. La **memoria de trabajo** retiene información en vuestro cerebro por un corto plazo y en un estado activo de conciencia. El almacenamiento de información a más largo plazo y que se realiza de una forma pasiva: es lo que se llama **memoria a largo plazo**.



El sistema de memoria de trabajo a corto plazo del cerebro

Memoria de trabajo

Como un bloc de notas sobre el despacho en donde escribimos nombres o números de teléfono que necesitamos recordar brevemente, el cerebro también tiene un sistema para retener y trabajar con pequeñas cantidades de



Un experimento de memoria a corto plazo

Una prueba sencilla de memoria de trabajo es lo que se llama "serie de letras". Para ello necesitáis como mínimo 2 personas aunque lo ideal sería que participara toda la clase. De forma secreta, uno de vosotros escribe una serie de letras empezando al menos con dos y asegurándoos que no forman una palabra (p. e. XT). Esta misma persona produce luego varias series de letras, una letra más cada vez (p. e. una serie de 5 letras como QVHKZ y una de 10 como DWCUKQBPSZ). El experimento empieza una vez que se han preparado todas las series. La otra persona (o la clase) escucha cada serie de letras y después de aproximadamente 5 segundos debe intentar escribir de memoria las letras en el orden correcto. Empezando con las series de 2, el experimento de memoria debe avanzar hacia las series más largas. La mayoría de la gente lo puede hacer bastante bien hasta 7 o 8 letras y a partir de ahí los errores empiezan a aumentar. Muy poca gente es capaz de hacer 10 letras correctamente. La capacidad de la memoria a corto plazo ha sido descrita como "el número mágico 7 más o menos 2".

Un **sistema central ejecutivo** controla el flujo de información, ayudado por dos sistemas adicionales de memoria. Hay un **sistema de almacenamiento fonológico** junto con un **bucle silencioso de prueba**, la parte de vuestro cerebro que utilizáis para deciros cosas a vosotros mismos. Aunque leas palabras o números visualmente, la información será transcrita en forma de código fonológico y almacenada a corto plazo por este sistema dual. También existe un block de notas visual que puede almacenar imágenes de objetos el tiempo necesario para ser manipuladas por la mente de vuestro ojo.

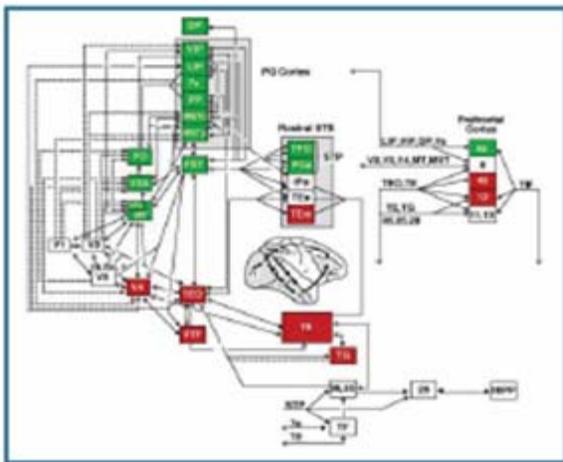
La memoria de trabajo se encuentra mayoritariamente situada en **los lóbulos frontal y parietal**. Estudios de proyección de imagen cerebral (ver p. 41) usando PET y fMRI indican que las partes auditivas de la memoria de trabajo

generalmente lateralizadas a la izquierda de los lóbulos frontal y parietal donde interaccionan con las redes neuronales implicadas en el habla, organización y establecimiento de decisiones. Éstas son actividades para las cuales una buena memoria de trabajo es fundamental. El bloc de notas visual se encuentra situado en el hemisferio derecho (ver la ventana de Investigación Fronteriza al final del capítulo).

¿Cómo ha evolucionado la memoria de trabajo? Los animales, incluso los mamíferos, probablemente no tengan el mismo sistema de memoria a corto plazo que tenemos nosotros, y claramente, tampoco ayudó a los primeros homínidos a memorizar números de teléfono. Diferentes estudios con niños pequeños han demostrado la importancia de la memoria a corto plazo para el aprendizaje del lenguaje, lo que sugiere que este sistema de memoria ha evolucionado en paralelo con el habla. La precisión que se requiere para recordar las palabras y su orden dentro de una frase son fundamentales para comprender el significado exacto.

Memoria a largo plazo

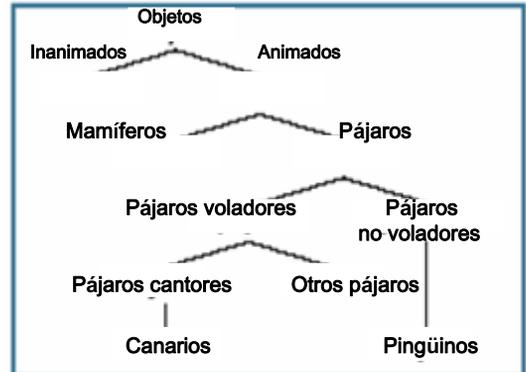
La memoria a largo plazo se encuentra dividida en diferentes sistemas que se distribuyen ampliamente a través de múltiples redes en el cerebro. Las diferentes redes neuronales se encargan de distintas funciones. *A grosso modo*, la información entra por el sistema sensorial y es procesada de manera especializada a través de diferentes vías. Por ejemplo, la información visual pasa por una vía ventral desde la corteza estriada hasta el lóbulo temporal medio, a través de una serie de redes que se encargan de procesar la forma, el color, la densidad del objeto, si el objeto es familiar o no, hasta que finalmente se establece un tipo de memoria por el cual el objeto queda registrado y se sabe cuándo y dónde ha sido observado.



Las diferentes regiones del cerebro por las cuales es procesada la información visual y posteriormente memorizada.

Existen distintas formas de concebir toda esta serie de análisis. En primer lugar, existen ciertas áreas dentro de la corteza visual que se encargan de extraer la información perceptiva de lo que estamos observando. Esta información se utiliza para almacenar y, posteriormente, reconocer las cosas que nos rodean. Nuestra capacidad para identificar personajes familiares en los periódicos, tales como personalidades políticas, reflejan este sistema. Un sistema íntimamente relacionado es el que conocemos como memoria semántica (que constituye la gran mayoría del conocimiento que albergamos sobre todo lo que hay y pasa en el mundo). Sabemos que París es la capital de Francia, que el ADN codifica la información genética, y otras muchas cosas. Una característica importante es que todos los hechos están organizados en diferentes categorías. Organizándose de forma ramificada como un árbol, lo que es fundamental para la búsqueda y localización de hechos. Si la memoria semántica se organizara de forma aleatoria tal y como la gente ordena sus cosas en el ático de la casa, entonces sería terriblemente complicado recordar cualquier cosa. Afortunadamente,

el cerebro organiza toda la información y la almacena en diferentes categorías, lo cual junto con la ayuda de un buen profesor nos ayuda a recordar todas las cosas que aprendemos en el colegio. De hecho los buenos profesores nos ayudan a crear este tipo de organización casi sin esfuerzo.



Las cosas que sabemos sobre los animales están organizados en forma de árbol. No obstante no sabemos como el cerebro es capaz de organizar todo esto.

Nosotros también somos capaces de desarrollar ciertas habilidades y de adquirir sentimientos emocionales con respecto a ciertas cosas. El saber que un piano es un piano es una cosa, pero el ser capaz de tocar el piano es una cosa completamente distinta. El saber montar en bicicleta es útil, pero el reconocer que ciertas situaciones en la carretera son peligrosas son igualmente importantes. Las diferentes habilidades se aprenden gracias a la práctica, sin embargo, el aprendizaje emocional es mucho más rápido. Habitualmente tiene que ser muy rápido, especialmente cuando está relacionado con las cosas que tenemos que temer. Ambos procesos son procesos de aprendizaje condicionado. Existen diferentes áreas cerebrales especializadas en este tipo de aprendizaje: los ganglios basales y el cerebelo son fundamentales para el aprendizaje de habilidades, mientras que la amígdala está relacionada con el aprendizaje emocional. Muchos animales aprenden ciertas habilidades, lo que es fundamental para su supervivencia.



Los chimpancés han aprendido a pescar termitas con un palo. Los jóvenes chimpancés lo aprenden observando a sus progenitores.

Fallo en la memoria y localización de la memoria episódica en el cerebro

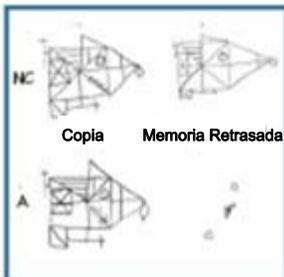
El último tipo de sistema de memoria en el cerebro es el que se conoce como memoria **episódica**. Es lo que utilizamos para recordar nuestras experiencias personales. El recordar ciertos sucesos es totalmente diferente al aprendizaje, ya que normalmente los sucesos sólo ocurren una vez. Si tú te olvidas de lo que has desayunado hoy (raro), o lo que pasó las Navidades pasadas (posible), o todas las cosas que ocurrieron el primer día de colegio (probablemente), desgraciadamente no puedes volver a repararlos como si fueran una clase extra. Este sistema aprende de manera rápida ya que debe hacerlo así.

Hemos aprendido mucho sobre la memoria episódica gracias al estudio de pacientes neurológicos, los cuáles, después de sufrir infartos cerebrales, tumores cerebrales o infecciones virales, tales como la encefalitis inducida por herpes; muestran déficits específicos de este tipo de memoria. El estudio de estos pacientes ha permitido conocer mucho mejor la organización anatómica de este y otros sistemas de memoria.

“No es tanto la lesión lo que atrae nuestra atención sino como, a través de la lesión o la enfermedad, se desvela su funcionamiento normal”
(Sir Henry Head-Neurólogo del siglo XX).

Las personas afectadas por la condición llamada **amnesia** son incapaces de recordar a gente que han conocido tan solo media hora antes. No se pueden acordar si han comido o de si tienen que comer, e incluso cosas tan simples y necesarias en la vida como saber si se ha puesto algo nuevo en la casa. Si se les muestra un dibujo complejo como el de la figura son capaces de copiarlo de manera exacta, pero después de tan sólo 30 minutos son incapaces de dibujarlo como lo haría el resto de nosotros. A menudo son incapaces de recordar que era lo que hacían antes de contraer la enfermedad. Esto es lo que se llama amnesia retrograda.

Este tipo de vida carece de todo tipo de estructura en cuanto a tiempo y lugar, y ha sido descrita por un paciente (extensivamente estudiado) como estar continuamente “andando en un sueño”. No obstante, la misma persona siguió reteniendo la capacidad del lenguaje, el significado de las palabras, e incluso



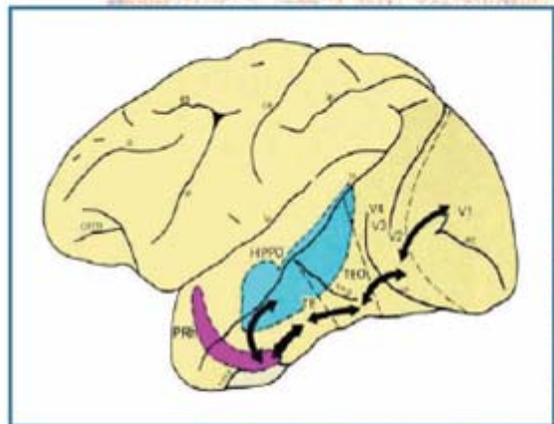
suficiente memoria de trabajo como para poder mantener una conversación. Sin embargo, no es hasta después de mantener exactamente la misma conversación con él momentos más tarde, que se nos revela el devastador aislamiento de su existencia.

Los amnésicos (A) son capaces de ver y copiar dibujos tan complejos como este con bastante exactitud, pero son incapaces de recordarlos durante cierto tiempo, tal y como lo haría un individuo con control normal (CN).

Sorprendentemente, los pacientes amnésicos son capaces de aprender ciertas cosas que luego no recuerdan de manera consciente. Se les pueden enseñar ciertas habilidades motoras o a leer al revés rápidamente.

Entrenarlos para poder leer al revés necesita cierto tiempo. Pero esto no sólo ocurre con amnésicos, sino también con nosotros, la única diferencia es que mientras ellos son incapaces de recordar que se les ha enseñado nosotros sí podemos. Todo esto supone una fascinante disociación en su capacidad de darse cuenta de las cosas conscientemente. Los amnésicos son ciertamente conscientes cuando aprenden, pero luego no son conscientes de que han aprendido. Son también incapaces de darse cuenta de forma consciente del pasado.

El daño causado por esta condición puede ocurrir en diferentes circuitos cerebrales. Áreas del cerebro medio, tales como los **cuernos mamilares** y el **tálamo** parecen ser críticas para la memoria normal, así como una estructura en el lóbulo temporal medio llamada **hipocampo**. El daño causado en estas áreas parece afectar de manera particular a la formación de las memorias episódicas y semánticas.



Dos estructuras muy importantes para la memoria episódica son la corteza peririnal (PRH), la cual crea el sentido de familiaridad con respecto al pasado y el hipocampo (HIPPO), el cual codifica hechos y lugares.

Otros sistemas de memoria

Daño en cualquier otra zona del cerebro también puede afectar otros sistemas de memoria. Condiciones degenerativas, como ciertos tipos de **demencia semántica** (un tipo de enfermedad de Alzheimer), pueden inducir alteraciones remarcablemente notorias de la memoria semántica. Al principio, los pacientes te pueden decir fácilmente que la fotografía que están viendo corresponde a un gato, un perro, un coche o un tren. Más tarde, cuando se desarrolla la enfermedad pueden tener dudas en reconocer la fotografía de un ratón como tal, y dirán que es un perro. Lo que esto confirma es que la información de los hechos está organizada categóricamente, quedando la información animada almacenada en un lugar mientras que la información inanimada se encuentra en otro lugar diferente.

Neurobiología de la memoria

El estudio cuidadoso de los pacientes neurológicos nos permite descubrir donde se encuentran las diferentes funciones de la memoria en el cerebro, pero el conocer como funcionan en términos de transmisores químicos precisa de una investigación cuidadosa realizada en animales de laboratorio.

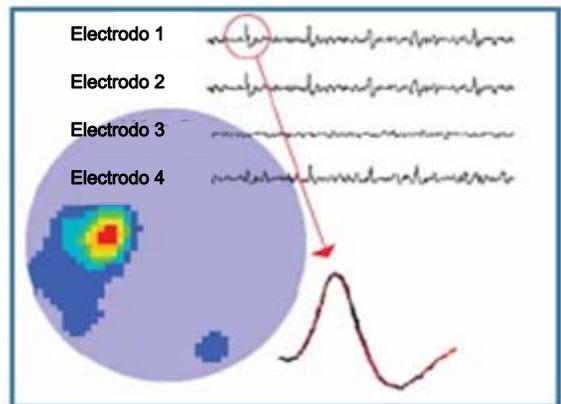
Actualmente, los neurocientíficos piensan que muchos aspectos del ajuste fino de las conexiones nerviosas durante el desarrollo del cerebro se utilizan también en las fases tempranas del aprendizaje. La relación que se establecen entre un niño y su madre ha sido también estudiado en pollos jóvenes en un proceso llamado **impresión**.

Actualmente, los neurocientíficos piensan que muchos aspectos del ajuste fino de las conexiones nerviosas durante el desarrollo del cerebro se utilizan también en las fases tempranas del aprendizaje. La relación que se establecen entre un niño y su madre ha sido también estudiado en pollos jóvenes en un proceso llamado **impresión**. Actualmente, sabemos donde tiene lugar este proceso, en el pollo joven, así como los transmisores químicos que se liberan para actuar sobre los receptores implicados en el almacenamiento de la "imagen" asociada a la madre. Esta imagen es extremadamente precisa, tanto que el joven polluelo sólo seguirá a su madre y no a ninguna otra. Los animales jóvenes también precisan saber qué comida es segura y esto lo hace por medio de la degustación, prueban de una en una pequeñas cantidades de comida aprendiendo de esta forma a diferenciar las que tienen mal sabor. Este tipo de cosas no pueden ser dejadas simplemente a las predisposiciones genéticas; de hecho se necesita el establecimiento de ciertos ajustes en el aprendizaje durante el desarrollo. Una vez activados los receptores después del proceso de impresión o la discriminación de la comida, existe una cascada de mensajeros químicos secundarios para transmitir señales al núcleo de las células nerviosas, donde a su vez los genes se activan y producen proteínas especiales encargadas de fijar la memoria.

Las células de ubicación ("Place cells") son otro descubrimiento de gran importancia. Son neuronas dentro del hipocampo que descargan su potencial de acción simplemente cuando el animal está explorando un lugar que le resulta familiar. Diferentes células codifican para las diferentes partes de un entorno, de manera que una población de células se encarga de realizar un mapa de todo el área. Otro grupo de células vecinas se encarga de detectar en la dirección que el animal se desplaza. Ambas áreas trabajan de manera conjunta (organizando un mapa del espacio, así como un sentido de dirección), ayudando al animal a encontrar su camino, dentro del mundo que lo rodea. Esto es de suma importancia para los animales, ya que el encontrar comida y agua, así como su camino de vuelta a su escondrijo, nido o casa es fundamental para su supervivencia. Este aprendizaje de navegación se relaciona con ambas memorias, la semántica y la episódica. Los animales establecen una representación fija de las cosas que se encuentran en su territorio, de la misma forma que nosotros adquirimos nuestro conocimiento sobre el mundo. Este mapa del espacio permite establecer un marco de memoria en el cual se pueden recordar sucesos, tal y como el determinar cual fue el último lugar en donde se detectó al predador. Las células de ubicación probablemente codifican para algo más un lugar determinado, de hecho ayudan al animal a recordar en donde un suceso determinado tuvo lugar.

El Hipocampo

Esta tinción de Golgi muestra un grupo de neuronas teñido en negro



Cuatro electrodos de registro dentro del hipocampo revelan impulsos nerviosos en dos de ellos (1 y 2, ocasionalmente 4) que representan neuronas disparando en respuesta a un lugar determinado (punto rojo dentro del círculo amarillo). Aumentando la escala del tiempo (círculo rojo) vemos representado la forma del impulso en el cerebro.

¿Cómo se forman estos mapas así como los diferentes tipos de memoria? Una de las concepciones que está emergiendo con fuerza es el hecho de que la plasticidad sináptica implicada en ellos depende de los receptores NMDA. En el último capítulo vimos como una vez que se activa la plasticidad sináptica se puede cambiar la fuerza de las conexiones dentro de una red neuronal pudiéndose así almacenar la información. El aprendizaje espacial (lugares) se altera cuando se administran drogas que bloquean (antagonistas) los receptores NMDA.

en el hipocampo. Por ejemplo, ratas y ratones pueden ser entrenados para andar en una piscina y ser capaces de encontrar una plataforma de escape que se encuentra escondida debajo de la superficie del agua. Ellos utilizan sus células de ubicación (lugar), así como las células que controlan la dirección de la cabeza para encontrarla y memorizan la ubicación exacta de la plataforma utilizando la plasticidad activada por los receptores NMDA. Actualmente, se han creado animales Knock-out (KO) en los que genéticamente se ha eliminado la presencia de los receptores NMDA en el hipocampo. Estos animales son incapaces de aprender y también tienen un funcionamiento deficitario de sus células de ubicación. En el último capítulo, también explicamos que los cambios en la fuerza sináptica se expresan a través de alteraciones en los receptores excitatorios AMPA. Su implicación en los procesos de memoria es un tema de gran interés en la investigación actual.



La rata ha nadado hasta encontrar la plataforma, en la que actualmente se encuentra.

¿Podemos mejorar la memoria?

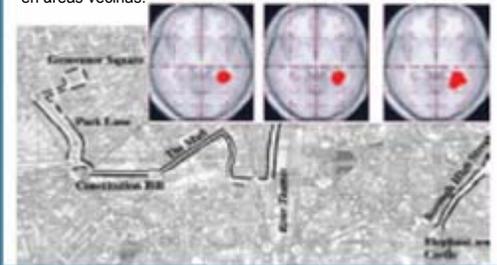
Todos nosotros pensamos que sería fantástico mejorar nuestra capacidad de memoria y su persistencia. La gente mayor normalmente se queja de su memoria. Sin embargo, el poder mejorar la memoria tendría un coste determinado. Esto ocurre porque la memoria consiste en un equilibrio entre recordar y olvidar. Si la fuéramos a mejorar, entonces tendríamos un gran problema a la hora de olvidar las cosas triviales que acontecen durante el día y que no son necesarias recordar. Por lo tanto, el "ying y el yang" de la buena memoria es el que organiza y recuerda las cosas necesarias en el cerebro y olvida las cosas que no son importantes. Es bastante improbable que alguna vez tengamos una pastilla que nos ayude a mejorar nuestra memoria como si fuera un varita mágica, al menos en las personas normales. La evolución se ha encargado de asegurar que el sistema se encuentra correctamente equilibrado.

Una vez dicho esto, sí es cierto que la pérdida de memoria patológica se puede, en cierto modo, mejorar gracias a la administración de drogas que mejoran la función de los receptores NMDA y AMPA, o bien drogas capaces de estimular la cascada de mensajeros secundarios implicados y, demostrada en los estudios sobre el aprendizaje realizados en animales jóvenes. Sería muy importante encontrar alguna forma de paliar y/o ralentizar el curso de las enfermedades neurodegenerativas que afectan la memoria, tales como la enfermedad de Alzheimer. Una de las grandes empresas y motivación de las Neurociencias actuales, tanto para científicos a nivel universitario como en compañías farmacéuticas, es trabajar en este tipo de proyectos. Con la esperanza de vida aumentando cada vez más y, por tanto, un mayor número de personas de edad avanzada, el desarrollo de tratamientos que les ayuden a mantener vidas de forma independiente por un mayor tiempo sería de gran valor.

Sin embargo, algunos científicos piensan que junto al desarrollo de estos tratamientos sería necesario el desarrollo de la **ingeniería cognitiva**. En los periódicos y en las noticias no se oyen tantas cosas sobre la ingeniería cognitiva como sobre el desarrollo y descubrimiento de nuevos fármacos, pero no por eso deja de ser

Investigación frontera

Los taxistas analizando y pensando en una ruta determinada muestran un aumento de la actividad cerebral en el hipocampo y en áreas vecinas.



Los taxistas de Londres deben de conocer perfectamente la ciudad incluso antes de poder solicitar la licencia. Cuando los investigadores han sometido a taxistas experimentados a scanner, después de hacerles imaginar la ruta desde "Marble Arch" a "Elephant and Castle", muestran una gran activación de la corteza parahipocampal derecha (áreas en rojo). Scanner estructurales con MRI en estos mismos taxistas muestran cambios en el tamaño relativo de distintas partes de su hipocampo dependiendo de lo bien que puedan conocer y memorizar las diferentes partes de la ciudad, aunque también pueden influir otros factores.

importante. La idea consiste en intentar aprovechar todo lo que se sabe sobre como se codifica, almacena, consolida (el proceso de fijación), y posteriormente, como se encuentra la información. El concentrarse y prestar atención, espaciar las sesiones de aprendizaje así como establecer recordatorios frecuentes para facilitar este proceso de fijación son algunas de las estrategias a utilizar. Algunos pacientes con problemas de memoria encuentran que la utilización de un sistema de ayuda que aplica algunos de estos principios llamados "Neuropage" es muy beneficioso. Les ayuda a recordar que es lo que tiene que hacer a continuación y les ayuda a organizar su día, cosas que de otra forma olvidarían. El reconocer los diferentes principios operativos de la memoria episódica y el aprendizaje de ciertas habilidades también son esenciales; no seríamos capaces de aprender una habilidad determinada sólo oyendo hablar de ella, aunque esto para la memoria episódica es suficiente. Alguien intentando aprender una habilidad determinada también debe practicarla a menudo, como pasa con cualquier estudiante de música, por ejemplo, para aprender y mejorar hay que practicar.

Alan Baddeley, quien desarrolló la idea que la memoria de trabajo consiste en la interacción de múltiples sistemas.



El almacenamiento fonológico, el bloc visuoespacial, centro ejecutivo se encuentran localizados en diferentes áreas del cerebro.

