

INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS ATENCIONALES

La atención ha sido estudiada con numerosas metáforas. Ha sido tratada como si representara un filtro (Broadbent, 1958), esfuerzo (Kahneman, 1973), recursos (Shaw y Shaw, 1977), como un procesos de control de la memoria operativa (Shiffrin y Schneider, 1977), orientación (Posner, 1980), como conexión entre diversas características de los estímulos (Treisman y Gelade, 1980), como un foco (Eriksen y St. James, 1986; Tsal, 1983), y como un proceso de selección más una actividad preparatoria (LaBerge y Brown, 1989).

No se pueden olvidar además los distintos tipos de atención estudiados o los sentidos que este término toma para distintos autores. Así, a modo de resumen, destacan las siguientes categorías (Tabña 1, adaptado de Roselló, 1997).

TABLA I: Tipos de atención

CRITERIO	TIPOS DE ATENCIÓN
Mecanismos implicados	Selectiva-dividida-sostenida
Objeto al que va dirigida la atención	Externa-interna
Modalidad sensorial implicada	Visual-auditiva
Amplitud e intensidad con la que se atiende	Global-selectiva
Amplitud y control que se ejerce	Controlada-automática
Manifestaciones de los procesos	Manifiesta-encubierta
Grado de control voluntario	Voluntaria-involuntaria
Grado de procesamiento de la información no atendida	Consciente-inconsciente

Resulta de utilidad la aproximación al estudio de los procesos atencionales propuesta por LaBerge (1995). Este autor fija, como punto de partida, los objetivos que cumple un sistema atencional, e indica cuáles son los beneficios que aporta este sistema. Después trata de ver qué mecanismos permiten alcanzar esos beneficios y los relaciona con distintos procesos atencionales. Así, LaBerge señala que la atención cumple tres objetivos, que, a su vez, permiten obtener tres beneficios: precisión, rapidez y continuidad en el procesamiento de información.

- La precisión se refiere a la selección del estímulo (o estímulos) relevantes de todo el flujo de información entrante desde el entorno, especialmente en situaciones de conflicto. Pero no sólo afecta a la estimulación sino también a la selección correcta de un programa de acción para dar una respuesta externa o una operación mental determinada.
- La rapidez para detectar un estímulo que se está siendo esperado (por una señal de aviso, una clave, etc.) es mayor que si el estímulo se presenta de forma inesperada. De igual forma, un estímulo que está siendo atendido recibirá una respuesta más rápida que cualquier otro estímulo. Este proceso está muy ligado por tanto a mecanismos preparatorios para la ejecución de planes de acción.

- Por último, la continuidad hace referencia a la posibilidad de sostener la atención a estímulos externos o el mantenimiento de determinadas conductas en el tiempo. Ejemplos de ello son escuchar (o interpretar) una pieza de música, disfrutar de una buena comida, observar una puesta de sol, o atender a una conferencia. Estos objetivos o beneficios, siguiendo su terminología, irían ligados con determinados mecanismos que permiten un correcto funcionamiento de la atención.

Pero ¿qué mecanismos permiten el funcionamiento de la atención?. A pesar de que se asume la diversidad de la atención, es cierto que no se ha alcanzado un ataxonomía satisfactoria de los procesos atencionales. Parece existir, sin embargo, un cierto acuerdo en la existencia de, al menos, tres componentes relativamente independientes con los que gran parte de los autores trabajan: selección, vigilancia y control. Bajo estos epígrafes existen a su vez diversos mecanismos, y diversas concepciones sobre ellos, y es ahí donde se dan las máximas discrepancias entre los autores. En cualquier caso, se describen brevemente a continuación:

- *Selección*: ha sido sin duda el componente más estudiado de la atención. La selección de los estímulos que van a ser procesados es importante debido a las limitaciones de capacidad del sistema. El cerebro de los primates desarrolló el mecanismo de selección para afrontar estas limitaciones. Sin este mecanismo de selección los organismos no estarían bien equipados para hacer frente a las diversas fuentes de estimulación distractoras del entorno (Parasuraman, 1998). Existen diversos planteamientos sobre el funcionamiento del proceso de selección. Mientras para algunos (LaBerge y Brown, 1989) es un proceso facilitatorio, para otros es también inhibitorio (Tipper, 1985), o bien algo intermedio (Posner y Dehane, 1994). Otros autores discuten si la selección se hace en función de la localización (Cave y Pashler, 1995) o del propio objeto (Duncan, 1984).
- *Vigilancia*: si la atención selectiva permite conductas dirigidas a metas, la vigilancia (o atención sostenida, para algunos) asegura que esas metas se mantendrán en el tiempo. Existe evidencia de que el componente de selección y el de atención sostenida pueden ser procesos opuestos en cierto sentido, que aseguran un equilibrio atencional en el organismo. Por ejemplo, a pesar de que una alta tasa de estimulación incrementa la selección y la focalización, disminuye la vigilancia (esto sería detección de estímulos del entorno) (Parasuraman, 1979, Posner, Cohen, Choate, Jockey y Taylor, 1984). Del mismo modo, una señal espacial que inhibe temporalmente la selección en un lugar del espacio, incrementa la vigilancia (Bahri y Parasuraman, 1989; Poner, 1980).
- *Control*: la habilidad para mantener el procesamiento de información en el tiempo con la presencia de distractores implica mantener la conducta dirigida a metas. La actividad puede que tenga que ser detenida temporalmente y luego retomada, puede haber otras actividades paralelas, y en el futuro puede que tengan que llevarse a cabo algunas tareas. El término control atencional hace referencia a esta función de la atención. Las teorías de memoria operativa (Baddeley y Hitch, 1974) y de planificación (Norman y Shallice, 1986) intentan dar cuenta de este proceso.

MODELO CLÍNICO DE ATENCIÓN

Sohlberg y Mateer (1987,1989) han descrito un modelo para la evaluación de la atención basado en los datos aportados por la neuropsicología experimental, en las observaciones obtenidas en el ámbito clínico y en las quejas subjetivas de los pacientes. El modelo es jerárquico y cada nivel requiere el correcto funcionamiento del nivel anterior asumiendo que cada componente es más complejo que el que le precede.

El fenómeno propone seis componentes que se describen en la tabla II.

TABLA II
MODELO CLÍNICO DE ATENCIÓN (Sohlberg y Mateer, 1987,1989)

Arousal	Es la capacidad de estar despierto y de mantener la alerta. Implica la capacidad de seguir estímulos u órdenes. Es la activación general del organismo.
Atención focal	Habilidad para enfocar la atención a un estímulo visual, auditivo o táctil. No se valora el tiempo de fijación al estímulo. Se suele recuperar en las fases iniciales tras el TCE. Al principio puede responderse exclusivamente a estímulos internos (dolor, temperatura, etc.).
Atención sostenida	Es la capacidad de mantener una respuesta de forma consistente durante un período de tiempo prolongado. Se divide en dos subcomponentes: se habla de vigilancia cuando la tarea es de detección y de concentración cuando se refiere a otras tareas cognitivas. El segundo es la noción de control mental o memoria operativa, en tareas que implican el mantenimiento y manipulación de información de forma activa en la mente.
Atención selectiva	Es la capacidad para seleccionar, de entre varias posibles, la información relevante a procesar o el esquema de acción apropiado, inhibiendo la atención a unos estímulos mientras se atiende a otros. Los pacientes con alteraciones en este nivel sufren numerosas distracciones, ya sea por estímulos externos o internos.
Atención alternante	Es la capacidad que permite cambiar el foco de atención entre tareas que implica requerimientos cognitivos diferentes, controlando qué información es procesada en cada momento. Las alteraciones de este nivel impiden al

	paciente cambiar rápidamente y de forma fluida entre tareas.
Atención dividida	Capacidad para atender a dos cosas al mismo tiempo. Es la capacidad de realizar la selección de mas de una información a la vez o de mas de un proceso o esquema de acción simultáneamente. Es el proceso que permite distribuir los recursos de una misma tarea. Puede requerir el cambio rápido entre tareas, o la ejecución de forma automática de alguna de ellas.

Van Zomerén y Brouwer (1994), a partir de las aportaciones de Posner y Rafal (1987), desarrollan un modelo heurístico que recoge los aspectos principales de la atención. Además integran la distinción entre aspectos selectivos e intensivos de la atención aportada por Kahneman (1973). Por último, basándose en el modelo cognitivo de Shallice (1982), añaden el control atencional supervisor como una función supramodal que se encarga de la planificación y la flexibilidad.

En la tabla III se especifican más los mecanismos propuestos.

TABLA III
Modelo clínico de atención (Van Zomerén y Brouwer, 1994)

Intensivo	Alerta	CNV (*) Capacidad Tiempo en la tarea
	Atención sostenida	Lapsus atencionales Variabilidad intraindividual Atención focalizada
Selectivo	Atención focalizada	Distractores Interferencia Capacidad
	Atención dividida	Fuentes/recursos

Control atencional supervisor

Dentro de este campo clínico y experimental, Mirsky (1989, 1996) propone un modelo de atención siguiendo una metodología factorial. Este autor utiliza medidas clínicas para el desarrollo de su modelo. Mediante diversos estudios de análisis factorial, llega a proponer, inicialmente, cuatro componentes de la atención diferentes (sostenida, focalización/ejecución, codificación y cambio atencional) que han sido confirmados por diversos estudios estudiados utilizando análisis factorial. De hecho

señala que su modelo se ajusta a algunos de los componentes propuestos por distintos autores. Quizá con el que mejor encaja es con el de Mesulam, pero también tiene importantes coincidencias con los de redes de Posner y Petersen. Además, su estudio proporciona una importante conexión entre la información clínica y experimental que trata de explicar los procesos atencionales.

Los componentes propuestos son los siguientes:

- Focalizar/ejecutar: es la capacidad para concentrar los recursos atencionales en una tarea específica o para ser capaces de seleccionar un estímulo en un entorno lleno de distractores y dar una respuesta ante él.
- Sostener: implica permanecer en una tarea períodos de tiempo determinados, sin perder estímulos, respondiendo de manera eficiente a ellos e inhibiendo estímulos distractores.
- Cambio: implica el cambio del foco atencional de manera flexible y eficiente entre diversas características del estímulo o entre distintos estímulos.
- Codificación: es la capacidad mnemónica para mantener información brevemente mientras se realiza una tarea o alguna operación cognitiva sobre ella.

POSNER Y PETERSEN (1990)

El modelo de Posner y Petersen (1990) postula que determinadas áreas se encargan de las fuentes y origen de la atención, mientras que hay otras sobre las cuales actúan los procesos atencionales de forma particular. Por ejemplo, bajo determinadas circunstancias la atención puede ejercer su influencia sobre áreas visuales primarias, pero la fuente de esta influencia se localiza en otro lugar. Esta concepción da a la atención la habilidad para influir en todas las áreas del cerebro. A pesar de que los efectos de la atención se pueden expresar en multitud de áreas del cerebro, la fuente o el origen de estas influencias está limitado a una serie de pequeñas áreas entrelazadas en una red (Fernández-Duque y Posner, 2001).

Las fuentes de atención pueden dividirse en tres sistemas anatómicos y funcionales independientes y diferenciados: orientación, alerta y control ejecutivo, a su vez divididos en varios procesos. Las tres redes son independientes y su efectividad no correlaciona entre sí, son constructor ortogonales. Muestran, sin embargo, algunas interacciones.

Las tres redes funcionales que proponen son:

Atención sostenida y alerta o vigilancia. La red de alerta se encarga de alcanzar y mantener un estado de alerta. Es la habilidad para mantener la atención consciente o vigilancia durante largos períodos de tiempo. Si este sistema sufre alteraciones, el paciente será incapaz de mantener su atención en una tarea durante períodos de tiempo relativamente prolongados.

Las áreas implicadas en este componente son el locus coeruleus (debido a las conexiones de norepinefrina con la corteza) y se piensa también en el papel importante que puede desempeñar el hemisferio derecho para cambios fásicos en el nivel de alerta (Rueckert y Grafman, 1996). El sistema de alerta se asocia también a áreas frontales y parietales del hemisferio derecho.

Es importante apuntar que esta red de vigilancia influye tanto en la red anterior como en la posterior, de forma que se incrementa la actividad en una o en otra de forma alternativa. Así, a más activación de una red, menos de la otra.

Red funcional de orientación o sistema atencional posterior. Se encarga de la selección y localización de la información del input sensorial en el espacio, orientar hacia el estímulo y generar la conciencia de que se ha percibido algo. Se corresponde con los reflejos involuntarios de orientación y con el procesamiento automático de la información. Representa la actividad de la red atencional posterior, que incluye los lóbulos parietales posteriores, encargados del desenganche de la atención, los núcleos pulvinares del tálamo, que controlan el enfoque de la atención y los núcleos reticulares del tálamo junto con los colículos superiores mesencefálicos, que se encargan del desplazamiento de la atención de una zona a otra del campo visual. Es importante señalar que, en un trabajo desarrollado por Fernández-Duque y Posner (1997) se concluye que la orientación y la alerta son procesos separados con diferentes efectos.

El control de las áreas posteriores se supervisa por un sistema anatómico diferente: el sistema atencional anterior.

Selección o sistema atencional anterior. Conlleva un componente más ejecutivo que lleva a cabo la resolución de los conflictos en las respuestas. Está implicado en el reclutamiento y control de las áreas cerebrales que llevan a cabo tareas cognitivas complejas. Selecciona los objetivos de la atención, tanto sensoriales como de la memoria. Representa un sistema de control general capaz de examinar el sistema posterior, al que está muy ligado a pesar de que son sistemas independientes. Es un sistema flexible y voluntario y que, a diferencia del sistema funcional de orientación (sistema posterior), se puede considerar como un sistema anterior, ya que se relaciona con las áreas mediales frontales de la corteza, el área cingulada anterior, el área motora suplementaria y los ganglios basales (Bush, Luu y Posner, 2000; Posner y Petersen, 1990).

El término ejecutivo sugiere dos funciones principales:

- a) En primer lugar, el ejecutivo es informado de los procesos que están teniendo lugar en el sistema. Un sistema que podría estar relacionado con la experiencia subjetiva de la atención focalizada podría estar llevando esta función, tanto para la información sensorial como para la información almacenada (memoria). Algunos trabajos sugieren que es el cíngulo anterior el área encargada de esta función (Posner y Rothbart, 1992).
- b) La segunda función es ejercer cierto control sobre el sistema. La anatomía del cíngulo anterior lo conecta tanto con áreas parietales posteriores y con áreas anteriores, permitiendo el correcto funcionamiento de este mecanismo (Goldman-Rakic, 1998).

Estos autores sugieren que las redes neuronales que reflejan la actividad voluntaria, como la atención ejecutiva, pueden ser modulares en el sentido de que varias áreas específicas llevan a cabo actividad específica de ese componente atencional.

En los últimos años, han insistido además en nuevos desarrollos que ofrezcan mayor evidencia al modelo:

- Estudian las diferencias existentes entre las redes a nivel de neurotransmisión. Diversos resultados muestran una clara relación entre la acetilcolina (ACh) y la red de orientación, y la norepinefrina (NE) con la red de alerta, lo que indica una clara disociación, entre las distintas redes atencionales. Por otra parte, la red ejecutiva anterior tiene como modulador neural a la dopamina (Posner y Fan, en prensa).
- Desarrollo de tareas experimentales para estudiar la activación diferencial en las distintas redes. El desarrollo del Attention Network Test (ANT) supone la

obtención de una tarea conductual que obliga a la utilización de las tres redes propuestas, que permite obtener puntuaciones separadas para cada una de ellas y puede ser utilizada en investigación en distintas poblaciones (adultos, niños, pacientes con distintas patologías, animales, etc.).

- Estudio de la relación entre fallos en componentes de la red y patología de la atención. Los fallos en alguno de sus componentes se reflejan en dificultades en tareas de atención dividida y respuestas a la novedad. Si este componente no funciona de forma adecuada, los individuos están bajo el control del procesamiento automático (Burgués y Alderman, 1994; Mateer y Mapou, 1996).

M.M.Mesulam (1990)

Mesulam propone un modelo basado en la idea de que la atención se sustenta en una gran red altamente interconectada y organizada. Establece una dicotomía entre componentes sensoriales y motores, pero no es absoluta, de modo que lo que ocurre es que en cada proceso siempre destaca un componente sobre otro, nunca la ausencia de alguno de ellos. Este autor propone que la atención, como proceso general, está compuesta por dos subsistemas: la matriz atencional o función de estado y la función vector o canal atencional (Mesulam, 1990,1998).

La matriz atencional regula la capacidad general de procesamiento de la información, la eficiencia en la detección de estímulos, la capacidad potencial de focalización, el nivel de vigilancia, la resistencia a la interferencia y la relación señal-ruido. Estos procesos están relacionados con lo que suele considerarse tono atencional o arousal. La función de vector o canal regula la dirección de la atención en cualquier espacio: extrapersonal, mnemónico, semántico, visceral, etc. Este elemento de la atención está relacionado con la atención selectiva. Así, la mayoría de las conductas atencionales representan una interacción entre los componentes señalados.

Mesulam, en su modelo de red atencional, entiende la atención dirigida como una red neural distribuida que tiene tres componentes corticales, la corteza parietal posterior dorsolateral, la corteza promotora prefrontal y el giro del cíngulo, asociados a los componentes perceptivo, motor y límbico que postula. Cada uno de estos componentes forma a su vez una red local.

El componente parietal suministra una representación sensorial del espacio extrapersonal. La especificidad funcional de las neuronas de la corteza parietal permiten coordinar el acceso a una representación multimodal del espacio extrapersonal y modular el valor atencional de los acontecimientos sensoriales, incrementando o disminuyendo el impacto sináptico de los grupos neurales de dicha área parietal.

El componente frontal suministra un mapa para la distribución de los movimientos de orientación y exploración: representación motora. Destaca la importancia de neuronas que se activan previamente al inicio de movimientos sacádicos cuando estos movimientos se dirigen en búsqueda de objetos revelantes. Parecen intervenir en la planificación y organización espacial de la exploración ocular.

Las neuronas del giro del cíngulo aportan un mapa para la asignación de valor a las coordenadas espaciales, a modo de representación motivacional.

Además de todo esto, la atención selectiva o dirigida propone una contribución adicional. Se trata de las proyecciones desde los componentes troncoencefálicos y talámicos del sistema reticular activador hasta los tres componentes citados. Este input

sería importante para modificar la tendencia de activación o nivel de arousal en cada una de las áreas corticales.

Mesulam (1998) señala que los procesos de integración no se llevan a cabo exclusivamente en los niveles cercanos al input, sino que es más probable que se organicen de forma jerárquica en los diferentes estadios del procesamiento controlado o automático.

BASES ANATÓMICAS Y NEUROIMAGEN FUNCIONAL

Este es un tema muy amplio y con gran auge en la investigación actual en neurociencia, especialmente debido al desarrollo de técnicas de imagen y a la posibilidad de registro en vivo de la actividad fisiológica del cerebro. Las técnicas de neuroimagen funcional están permitiendo visualizar de forma no invasiva los principales módulos de procesamiento en el cerebro humano. Mediante una cuidadosa selección de las tareas es posible activar de forma selectiva aquel proceso que se dese estudiar, de forma que pueda hacerse una comparación de imágenes y aislar las áreas cerebrales que subyacen a ese proceso (Tudela, 2001). Los distintos estudios de neuroimagen funcional están aportando evidencia clara del efecto de la atención sobre diversas áreas cerebrales (Corbetta, 1998b; Haxby, Courtney y Clark, 1998). Además, el desarrollo de estas técnicas está ampliando el número de estudios que pretenden la integración de los datos procedentes de la evaluación neuropsicológica y de la imagen cerebral funcional.

De hecho, muchos de los modelos propuestos en el apartado anterior han sido estudiados y validados mediante técnicas de neuroimagen funcional. Pero, como es habitual, dentro del estudio de la atención existen discrepancias con relación a la red implicada en estos procesos atencionales, sobre que funciones deben ser estudiadas y en la interpretación de la actividad cerebral de acuerdo a un modelo cognitivo que enmarca el trabajo. La clasificación de los modelos que se ha seguido en el presente trabajo (modelos con componente de control y modelos sin componente específico de control) tiene un importante correlato en el tipo de estudios de neuroimagen que se han realizado. Así, existen dos concepciones distintas sobre el funcionamiento de los procesos atencionales. La primera entiende que existen áreas específicas y diferenciadas en el cerebro encargadas del funcionamiento de los procesos atencionales. La primera entiende que existen áreas específicas y diferenciadas en el cerebro encargadas del funcionamiento y control de la atención (Posner, 1995), postulando, por extensión un mecanismo atencional diferenciado, más cercano a razonamientos <<homunculares>>. Mientras, otra aproximación entiende que los mecanismos atencionales son inseparables de las regiones que se encargan del procesamiento mismo de la información, desde su inicio hasta su finalización con la respuesta motora (Desimone y Duncan, 1995), proposiciones más cercanas a los modelos clasificados como libres de control atencional o anárquicos, siguiendo la terminología de Roselló et al. (2001).

En cualquier caso, Stuss y Alexander (2000) proponen cinco puntos centrales, que permiten enmarcar los resultados de las distintas investigaciones que han incluido estudios de neuroimagen:

- Los distintos procesos atencionales pueden ser aislados, y puede relacionarse cada uno de ellos con distintas regiones del cerebro.
- Procesos aparentemente sencillos pueden relacionarse con las áreas frontales.

- Existe una interacción entre procesos <<anteriores>> y <<posteriores>>, lo que indica que para dar correcta explicación de la atención hay que usar conceptos basados en sistemas funcionales.
- Las demandas de la tarea (complejidad) alteran la interacción de los distintos subsistemas implicados.
- La inhibición no es una función exclusivamente frontal.

Sólo es posible en esta monografía dar una pequeña muestra del trabajo realizado en este ámbito, pero vale la pena recoger algunas de las aportaciones de la neuroimagen al estudio de los procesos atencionales y hacer una revisión muy breve de las posibles áreas implicadas.

1. El papel de los lóbulos frontales.

Como señalan Ojeda et al. (2002), en la actualidad se desconoce si los componentes cognitivos relacionados con la corteza prefrontal se asientan en subregiones frontales diferentes o si, por el contrario, se trata de propiedades de un único sistema. Así, existen dos posibles aproximaciones al estudio del papel desempeñado por los lóbulos frontales en diferentes funciones. En primer lugar, se puede asumir que distintas regiones de la corteza frontal participan en funciones específicas. El patrón citoarquitectónico y de conectividad con otras regiones corticales puede explicar esta distinta especialización en cada subregión frontal. Por parte, el segundo enfoque asume que algunas funciones son demasiado inespecíficas, están implicadas distintas regiones. Este punto de vista también se encuentra apoyado por la gran cantidad de conexiones dentro de los lóbulos frontales y con otras áreas, que podrían ser el substrato de un importante intercambio de información con un objetivo común. Además, tareas cognitivas relativamente distintas provocan, en ocasiones, patrones de actividad muy similares en la región frontal (Duncan, 2001), además de los encontrados en diferentes tipos de procesamiento atencional (Grady, 1999).

Para añadir más complejidad al tema, se han encontrado resultados que asocian la corteza frontal a otras funciones muy directamente relacionadas con la atención. Los resultados de De Fockert et al. (2001) no sólo apoyan la hipótesis de la participación de los lóbulos frontales en el control de la atención, sino que muestran también la participación de la memoria operativa en los procesos de control de la interferencia, lo que ya había sido apuntado por algunas teorías de la atención (Desimoney Duncan, 1995). Diversos estudios han utilizado técnicas de neuroimagen que han permitido relacionar el control atencional con la actividad en áreas prefrontales dorsolaterales (Brodmán 24 y 32). Ambas regiones mostraban actividad cuando cuando los participantes debían mantener secuencias largas de elementos en la memoria operativa o en tareas de atención dividida. Sin embargo, en la mayoría de estos estudios fue imposible disociar el papel específico de cada región en estas tareas y por tanto la función cognitiva que están ejerciendo (Cohen et al., 1997).

Región frontal dorsolateral

Se han sugerido distintas funciones para esta región principalmente de mantenimiento activo de la información y de inhibición de respuestas.

Parece que la corteza dorsolateral está especializada en el mantenimiento y manipulación de la información, es decir, un proceso semejante (si no el mismo) a la memoria operativa o a alguno de sus componentes. Es decir, puede mantener información durante breves períodos de tiempo (proceso que puede ser mantenido en el tiempo mediante conexión con áreas posteriores de la corteza) (Barch et al, 1997; Berns, Cohen y Mintun, 1997). Este mecanismo se estaría actualizando constantemente, con el objetivo de tener una representación de la situación actual, las metas y los planes para alcanzarlas (Petrides, 2000).

Otros autores encuentran que la inhibición de las respuestas no deseadas es llevada a cabo en áreas dorsolaterales frontales (Liddle, Kiehl y Smith, 2001). Concretamente, mediante tareas de tipo go-no go y en el test de clasificación de cartas de Wisconsin (WCST) se ha encontrado un incremento de la actividad en la región inferior de la corteza dorsolateral derecha (Braver, Barch, Gray, Molfese y Zinder, 2001; Konishi, Nakajima et al., 1999). Lombarda et al. (1999) señalan que existe una relación inversa entre el número de respuestas perseverativas y el metabolismo en la región dorsolateral derecha (no en la izquierda). Sus datos sugieren que para una correcta ejecución del WCST es necesaria una integridad funcional de la región frontal dorsolateral derecha, así como de sus conexiones. Es de especial interés el estudio de Menon, Adelman, White, Glover y Reiss (2001) en el que describen numerosas áreas del cerebro implicadas en distintas funciones de control. En su estudio atribuyen una función de inhibición de respuestas a la corteza dorsolateral, pero al contrario que otros trabajos, encuentran que se trata de una actividad distribuida bilateralmente.

Corteza cingulada

Una de las áreas que parece estar implicada en el control de la atención selectiva es la corteza cingulada. El papel del cíngulo ha sido sugerido y avalado por diversos autores, mostrando unos niveles mayores de actividad en tareas de atención voluntaria (Ojeda et al., 2002). Petrides (2000) indica que sus funciones implican selección activa, comparación y juicios sobre la información que se mantiene en la memoria operativa y en la memoria a largo plazo. Constituiría un segundo componente de control ejecutivo, en relación muy estrecha en el mantenimiento de información activa en la corteza frontal dorsolateral. Por tanto, la corteza cingulada estaría más relacionada con procesos de supervisión (Botvinick et al., 2001; Liddle et al., 2001; Menon et al., 2001).

La corteza cingulada anterior puede desempeñar un papel relevante en el control de la conducta mediante la detección de situaciones de conflicto (es decir, activación simultánea de respuestas incompatibles) (Braver et al. 2001).

Mediante un paradigma tipo Stroop, George et al. (1994) encontraron que en función del ritmo de presentación de los estímulos, estando este controlado por el paciente o siendo presentado automáticamente con un intervalo fijo, las áreas del cíngulo activadas eran diferentes. Con la presentación controlada por el sujeto se activaba la zona media del cíngulo izquierdo, mientras en el otro caso la zona activada era la zona anterior derecha del cíngulo.

Otros autores aún afinan más, e indican que la actividad del cíngulo anterior no está relacionada con la detección de respuestas incompatibles, sino simplemente con entornos en los que se puede dar la posibilidad de que aparezcan situaciones de incompatibilidad (Carter et al., 1998). También se ha sugerido que la corteza cingulada anterior participa en tareas de atención dividida, respuestas abiertas o poco delimitadas y situaciones en las que es necesario inhibir una respuesta prepotente (Carter et al.,

1998; Dehane, Posner y Tucker, 1994). Así, Shallice ha asignado al cíngulo funciones propias del <<dirimifor de conflictos>>, probablemente por lo fuertemente asociada que está su activación a situaciones que implican competición de respuestas (Stroop, detección de errores, etc.).

Tudela (2001) señala que, de acuerdo con Posner, Di Girolamo y Fernández-Duque (1997), existe evidencia de activación singular para todas las situaciones en que el modelo de Norman y Shacille postula la intervención del SAS por lo que parece una buena heurística asociar el cíngulo al SAS dejando abierta la posibilidad de que otras estructuras frontales también formen parte del sistema.

Algunas teorías sobre el control de la cognición sugieren que son necesarios dos sistemas, uno encargado del control propiamente dicho, y otro encargado de la supervisión MacDonald et al. (2000) encontraron una doble disociación entre dos regiones frontales encargadas de llevar a cabo dichos procesos. Así, durante la preparación de la respuesta se activaba la región dorsolateral izquierda, lo que han asociado a un mecanismo de control de las respuestas. Por otro lado, la corteza cingulada anterior mostraba una mayor actividad durante la respuesta a estímulos incongruentes, lo que asociaron a un proceso de supervisión de la conducta. Los resultados de Gehring y Knight (2000) apoyan esta idea de que existen dos posibles mecanismos o vías de control. El primero estaría más relacionado con procesos de atención selectiva e inhibición de respuestas, mientras el otro desempeñaría un papel en la preparación de respuestas motoras. Ambos sistemas estarían directamente relacionados con la actividad de la corteza cingulada y la detección de un conflicto.

Las disociaciones encontradas llevan a Mac Donald et al. (2000) a pensar que la corteza dorsolateral podría estar implicada en la representación y mantenimiento de las demandas atencionales de la tarea, mientras la corteza cingulada anterior estaría implicada en los procesos de evaluación, como monitorización de los errores, presencia de respuestas conflictivas o en competición. Sus datos sugieren que el control atencional es un proceso dinámico implementado en una red distribuida por todo el cerebro que incluyen regiones disociables pero que interactúan de forma íntima. Mientras la corteza dorsolateral parece aportar una influencia de arriba-abajo que permite mantener conductas apropiadas, la corteza cingulada anterior parece estar relacionada con procesos de evaluación y de regulación de la necesidad de control atencional.

Área motora suplementaria (AMS)

En los últimos años, diferentes investigaciones han tratado la actividad del área motora suplementaria (AMS) durante la ejecución de tareas de tipo atencional, ya que plantea la posibilidad de que su función no sea exclusivamente motora (Braver et al., 2001; Liddle et al., 2001; Ojeda del Pozo et al., 2002; Silvestre et al., 2003). Autores como Mesulam (1990) consideran la circunvolución precentral derecha como parte del circuito atencional anterior. Se ha encontrado también un aumento de la actividad neuronal en éste área durante la ejecución de tareas de cambio atencional (Nagahama et al., 1999) por lo que se ha sugerido también un papel del AMS en el cambio de set cognitivo.

En definitiva, de todo lo anterior se deduce que existen evidencias suficientes para atribuir a los lóbulos frontales un papel importante en las alteraciones atencionales tras un traumatismo. Sin embargo, dichas alteraciones no pueden atribuirse exclusivamente a lesión en los lóbulos frontales, ya que otro tipo de lesiones producen este mismo tipo de dificultades (Abad, Muñoz, Perriñez, Barceló y Rubia, 2001; Barceló, Muñoz- Céspedes, Pozo y

Rubia, 2000; Barceló y Rubia, 1998; Gansler, Covall, Mcgrath y Oscar-Berman, 1996). Las regiones frontales son especialmente dependientes de conexiones con regiones parietales y estriatales para su correcto funcionamiento, lo que las hace especialmente vulnerables al daño axonal difuso (Stuss y Gow, 1992). Resulta entonces fácilmente explicable la alta prevalencia de problemas de la atención en las personas que han sufrido TCE, puesto que éstos suelen caracterizarse por contusiones en áreas prefrontales y por lesiones axonales difusas que desconectan fibras ascendentes y descendentes implicadas en estos procesos (Trexler y Zappala, 1988).

2. Regiones extrafrontales

A pesar de que la visión clásica de estas funciones las localiza fundamentalmente (al menos el componente <<anterior>>) en los lóbulos frontales (Baddeley, 1992; Shallice, 1988), trabajos recientes apuntan a que pueden estar sustentadas en una red mucho más distribuida y que no implica sólo a las regiones frontales (Andrés y Van der Linden, 2001; Baddeley, 1998a, 1998b; Foster, Black, Back y Bronskill, 1997; Vilkki, Virtanen, Surma-Aho y Servo, 1996). En esta línea, parece más adecuada la concepción de Foster et al. (1997) quienes consideran que estas funciones correlacionan más con medidas globales del cerebro que con medidas regionales estrictamente frontales.

Corteza parietal

En diversos trabajos encuentra que no sólo las áreas frontales muestran actividad en tareas atencionales, sino también regiones parietales (Cabeza y Nyberg, 2000). Para Coull (1998), las regiones parietales, junto con las frontales ya mencionadas, son la fuente de la atención, en contraste con las áreas sensoriales que soportan la modulación desde estas regiones. Y de las cinco redes neurales principales propuestas por Mesulam, una de ellas está relacionada con los procesos ejecutivos y de memoria operativa. Esta red estaría sustentada en áreas frontales laterales y la corteza parietal posterior (Mesulam, 1998). En ella, la corteza parietal aporta un mapa interno del mundo exterior.

Estos hallazgos son muy consistentes, ya sea mediante tareas de vigilancia (Seidman et al., 1998; Sunshine et al., 1997), en tareas de cambio y mantenimiento del foco atencional junto con regiones frontales (Shulman et al., 2002), o incluso en tareas de inhibición de respuestas junto con la corteza frontal dorsolateral derecha (Braver et al., 2001). Parece existir diferencia en la actividad prefrontal dorsolateral y parietal inferior en función de si la tarea implica un procesamiento voluntario o automático respectivamente.

Sin embargo, el área de trabajo que más interés suscita en el momento actual parece ser la que estudia los procesos de cambio atencional y reorientación de la atención. Tanto el estudio del Corbetta et al. (2000) como el de Hopfinger, Buonocore y Mangun (2000) apoyan el papel de la región parietal posterior. Esta región se activa como respuesta a una clave y se mantiene activa mientras se mantiene la atención pero muestra una respuesta reducida una vez que aparece el estímulo target.