Principales estructuras cerebrales relacionadas con el funcionamiento de la Atención

Sistema reticular ascendente.

En el nivel más básico, la habilidad para prestar atención requiere que el sistema nervioso sea receptivo a la estimulación. Los umbrales para reaccionar a la estimulación ambiental varían de acuerdo con nuestro estado de alerta, el cual se ha definido como un estado generalizado de receptividad a la estimulación y preparación para dar una respuesta.

En el tallo cerebral mesencefálico existe una columna de células que al ser observadas bajo el microscopio tiene la apariencia de una red, mostrando un enrejado intrincado de células nerviosas llamado formación reticular. Los cuerpos celulares de la formación reticular tienen conexiones difusas con la mayoría de las regiones de la corteza. La formación reticular es responsable de mantener el nivel de alerta al ejercer una influencia excitadora en el cerebro por medio de un sistema de proyección no específico, llamado sistema activador reticular ascendente (ARAS). El ARAS juega un papel decisivo en la activación de la corteza y la regulación del estado de su actividad. Entonces, en el grado en el que este sistema mantiene al cerebro en un estado de atención constante, se cree que contribuye a la atención sostenida. El ARAS consiste de la formación reticular y de las aferencias no específicas que ascienden desde ella a través del núcleo intralaminar del tálamo y después se distribuyen a varias partes del cerebro, particularmente a la corteza.

La actividad de la formación reticular está determinada principalmente por la estimulación sensorial. A medida que las vías aferentes principales ascienden a lo largo del tallo cerebral y se aproximan al tálamo, algunas ramificaciones se separan de la vía principal y entran a la formación reticular. El ARAS entonces transmite esta excitación a través de su sistema de proyección difusa a la corteza. Esto implica que cualquier estimulación sensorial afectará a la corteza de dos maneras: como una entrada específica con un relevo en el núcleo talámico y como una contribución en el sistema de activación no específico.

COLÍCULOS SUPERIORES.

El prestar atención requiere no sólo estar alerta, también debemos tener medios para dirigir nuestra atención y para cambiarla de posición o de un objeto a otro. Los colículos superiores son una estructura del cerebro medio que ha sido implicada en este proceso de cambio, al menos en el caso de los estímulos visuales. Los colículos superiores ayudan en el cambio de atención a nuevos lugares u objetos controlando los movimientos oculares responsables de llevar los estímulos periféricos hacia el área visual de la fóvea. A pesar de que nuestro foco de atención no necesita estar en el mismo lugar que nuestros ojos, la posición de nuestros ojos con frecuencia sigue a nuestro foco de atención. El proceso de llevar la estimulación periférica hacia la zona de visión central se acompaña de una sácada, que es un movimiento rápido de los ojos que nos permite cambiarlos de un lugar a otro. Hay dos tipos de sácadas: las expresas y las reguladas. Las primeras son rápidas y se dan cuando aparece un estímulo visual novedoso en la periferia. Este tipo de sácadas es el que está controlado por los colículos superiores y en investigaciones con monos se ha encontrado que si esta estructura se daña estas sácadas se extinguen. Las sácadas reguladas son efectuadas voluntariamente, son más lentas y dependen del funcionamiento de los campos visuales frontales (Guitton, Buchtel, & Douglas, 1985).

GANGLIOS BASALES.

Los ganglios basales son una colección de núcleos subcorticales rodeando al tálamo. El mayor de estos núcleos es el núcleo caudado. Otros dos núcleos son el putamen y el globo pálido, los cuales se sitúan entre el tálamo y la ínsula. Anteriormente se consideraba que los ganglios basales eran una parte subcortical del sistema motor. Desde 1970, sin embargo, se ha acumulado evidencia de que esta visión es muy limitada ya que los ganglios basales no tienen únicamente una función motora, sino que también contribuyen a la selección en la percepción y en las respuestas.

Con base en las conexiones con otras estructuras cerebrales, los ganglios basales pueden dividirse en un grupo aferente y un grupo eferente. El núcleo caudado y el putamen, llamados colectivamente el cuerpo estriado, son la parte aferente o receptiva. El estriado recibe una entrada excitadora del núcleo intralaminar del tálamo y se considera que esta parte de los

ganglios basales está integrada en la vía tálamo-cortical no específica. Por lo tanto, el núcleo caudado y el putamen están funcionalmente relacionados con la formación reticular, y se considera que regulan la información sensorial que hace un relevo en el tálamo antes de llegar a la corteza, jugando un papel importante en la atención selectiva.

Bajo condiciones normales, cada región cortical recibe dos tipos de impulsos durante la percepción. Un tipo llega a través de la proyección tálamo-cortical de las diferentes vías sensoriales, el otro del circuito no específico a través de los ganglios basales. Este segundo tipo de impulso determina el grado de alerta.

Mientras que el núcleo intralaminar del tálamo tiene un efecto excitador en el cuerpo estriado, la corteza frontal tiene conexiones inhibitorias importantes con los ganglios basales. Se ha sugerido, por lo tanto, que la selección de la estimulación sensorial se realiza por un sistema fronto-estriado integrado.

El globo pálido parece ser la parte eferente de los ganglios basales y tiene efectos excitadores a través del tálamo ventral en las áreas premotoras anteriores a la corteza motora primaria. El globo pálido es esencial para la orientación motora hacia la estimulación que llega fuera de nuestro actual foco de atención y su actividad puede suprimirse por proyecciones inhibitorias del putamen.

NÚCLEO PULVINAR DEL TÁLAMO.

Se ha sugerido que esta región cerebral ayuda a filtrar información específica para ser procesada más tarde. La información de casi todos los receptores sensoriales hace un relevo en el tálamo, de donde se transmite al resto del cerebro. Por lo tanto, el tálamo es un candidato para jugar un papel en la atención porque es un lugar en el cerebro donde la información se modula.

CORTEZA DEL CÍNGULO.

Hemos visto cómo el sistema se mantiene alerta, cómo se orienta hacia información que antes no era atendida y cómo filtra las enormes cantidades de información que recibimos. Una vez que el cerebro ha logrado tales procesos, otro proceso útil de la red de atención es integrar

toda esta información con la emoción y ayudar a seleccionar una respuesta. La corteza del cíngulo se encarga de esto y es una región que puede ser concebida como una interface entre las regiones subcorticales y las regiones corticales.

CORTEZA CEREBRAL.

La neocorteza cerebral tiene diversos papeles en la atención.

Áreas posteriores de la corteza. Uno de los papeles de la corteza consiste en analizar la información sensorial monitoreando la estimulación continua, aún cuando un sujeto se haya habituado a ella y no la esté atendiendo conscientemente. Este monitoreo, por lo tanto, puede caracterizarse como preatentivo. Es posible que las regiones de la neocorteza que contienen áreas de proyección de los sentidos como visión y oído jueguen un papel en el análisis continuo de la estimulación sensorial. En otras palabras, la corteza posterior a la cisura central permite el monitoreo del ambiente para favorecer la detección de cambios.

SISTEMA ACTIVADOR RETICULAR DESCENDENTE.

La neocorteza cerebral sirve como fuente de entrada a la formación reticular del tallo cerebral regulando el nivel de activación. El papel de la corteza como activador depende de conexiones que forman el sistema activador reticular descendente. Estas fibras descendentes van de la corteza frontal medial y orbital al tálamo y al tallo cerebral. Estas fibras forman un sistema que permite a los niveles más altos de la corteza, que participan directamente en la formación de planes e intenciones, reclutar a los sistemas inferiores y modular su actividad.

LÓBULO PARIETAL.

Esta región se ha considerado importante para aspectos espaciales de la atención y la asignación de los recursos de la atención a un estímulo particular o tarea. La evidencia del papel que juegan los lóbulos parietales posteriores en la atención selectiva visual viene de registros celulares en monos. La tasa de disparo de estas células aumenta cuando la atención se dirige un objeto visual. Este incremento no puede ser atribuido a acciones motoras porque es independiente de los movimientos oculares hacia el estímulo.

LÓBULO FRONTAL.

Las regiones frontales son importantes para la selección de respuestas y programas motores particulares, para el reclutamiento de la atención en servicio de una meta o plan, para el control voluntario de los movimientos oculares y para la inhibición (a través de áreas orbitales y mediales) de los movimientos oculares controlados por los colículos superiores.

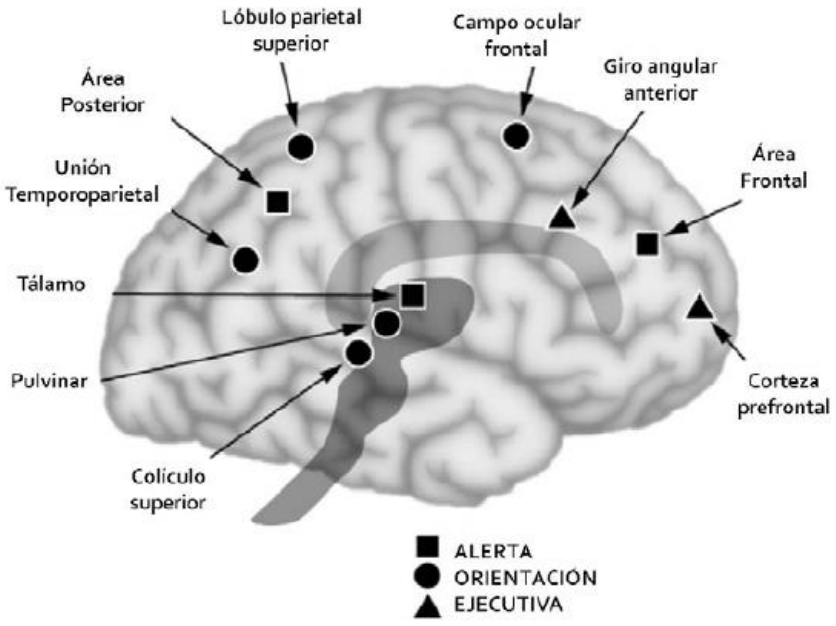
Posner y Rothbart (2007), proponen tres redes neuronales del sistema atencional integradas por la red de alerta, la red de orientación y la red ejecutiva.

La red de alerta la conforman la atención sostenida, la vigilancia y la alerta, estas se definen como la habilidad para incrementar y mantener la respuesta de disposición en preparación ante la percepción de un estímulo. Se hacen dos divisiones de acuerdo a la demanda de la alerta, una sería la fase intrínseca (activación) y la otra la fásica (tarea específica), aunque se puede establecer un sistema neuronal unitario que module la alerta por medio de la formación reticular, se dice típicamente que la alerta surge ante la preparación dirigida a una meta, mientras la activación es la excitabilidad general no específica, por lo que la alerta puede modular la activación vía los mecanismos ejecutivos en respuesta a las demandas de la tarea (fásica). Debido a que la relación entre la alerta y la activación es compleja, esta puede ser modulada por otras variables psicológicas como el estrés.

La red de la orientación implica la habilidad para seleccionar información específica de entre múltiples estímulos sensoriales. Se distingue entre orientación exógena cuando un estímulo captura la atención a un lugar específico, y la orientación endógena cuando el estímulo provoca decidir entre dos posiciones posibles.

La tercera red atencional es la ejecutiva. La atención ejecutiva ha recibido muchos nombres incluyendo sistema supervisor, atención selectiva, resolución de conflictos y atención focalizada. Algunos han considerado que el control ejecutivo es de “arriba-abajo”, mientras que otros autores consideran que es una tarea de monitoreo y de resolución de conflicto entre los cómputos de diferentes áreas neuronales. Estos cómputos incluyen la planeación o toma de decisiones, detección de error, respuestas nuevas o no bien aprendidas, condiciones de juicio que son difíciles o peligrosas, regulación de pensamientos y sentimientos, y superación

de las acciones habituales (Posner, 2004). La atención ejecutiva se evalúa por medio de tareas en donde hay incompatibilidad entre dimensiones de los estímulos o respuestas, un ejemplo de ellas es la tarea Stroop, y las tareas Simon. En la Figura 4.1 se ilustran las áreas cerebrales involucradas en el modelo postulado por Posner.



4.1 áreas cerebrales involucradas en el modelo postulado por Posner.

Posner y Rothbart (2007), proponen de acuerdo a su modelo la intervención de tres sistemas de neurotransmisión: acetilcolina, norepinefrina y dopamina, cuyas alteraciones también tienen repercusiones en alteraciones y enfermedades neurológicas, las cuales pueden ser consultadas en el Cuadro 4.1.

Función	Estructura	Neurotransmisor	Sitios	Alteraciones
Orientación	Parietal superior, unión temporoparietal, campos visuales frontales.	Acetilcolina	V1, A1, S1	Autismo
Alerta	Locus coeruleus, corteza frontal, corteza parietal derecha	Noradrenalina	Sistema de orientación.	Envejecimiento normal. Déficit de Atención.
Atención	Cíngulo anterior,	Dopamina	Todas las	Alzheimer
Ejecutiva	corteza prefrontal lateral ventral, ganglios basales		áreas cerebrales.	Trastorno límite de la personalidad.

Cuadro 4.1. Sistemas de neurotransmisión y sus alteraciones

Si bien cada uno de los neurotransmisores actúa en diferentes aspectos del proceso atencional, también es importante su interacción. Por tanto, el conocer los aspectos cognitivos que modulan los neurotransmisores y las consecuencias de sus alteraciones ayudará a establecer un tratamiento farmacológico más eficiente.

La habilidad para dirigir la atención hacia segmentos relevantes del espacio extra personal es un requisito importante para una conducta adaptativa. El daño profundo en esta habilidad es conocido como negligencia unilateral. Los pacientes con este síndrome no necesariamente tienen debilidad muscular o pérdidas sensoriales primarias, pero tienen dificultad para atender o responder a los eventos sensoriales en la parte del espacio ignorada (Mesulam, 1990).

Mesulam (1981) describió un sistema cerebral para la atención selectiva espacial que explica las características observadas en pacientes con negligencia unilateral. Este sistema tiene

cuatro componentes: 1) un sistema parietal posterior que provee un mapa sensorial interno, 2) un sistema frontal que incluye a los campos oculares frontales y coordina los programas motores para la exploración, escaneo y fijación, 3) un sistema límbico relacionado con el giro del cíngulo y con la regulación de la distribución espacial de la valencia motivacional y 4) un sistema reticular relacionado con el nivel de alerta y vigilancia.

El sitio de lesión más comúnmente asociado con la negligencia unilateral está localizado en la corteza parietal posterior. El componente parietal posterior descrito por Mesulam (1990, 1999) se encuentra centrado alrededor del surco intraparietal, pero incluye también a la corteza inferior y superior de los lóbulos parietales y probablemente a la región de la corteza parieto-occipito-temporal. El componente parietal permite el mapeo de los eventos sobresalientes. La representación mental resultante permite que los eventos del medio ambiente relevantes sean codificados con respecto de uno a otro y con respecto al observador, de manera que permitan el cambio de atención encubierta entre ellos, la exploración oculomotora, la exploración táctil y el alcance o asimiento manual. El papel del componente parietal sería compilar una representación dinámica de las señales o marcas sobresalientes en el ambiente y brindar estrategias provisionales para cambiar la atención de un estímulo sobresaliente a otro.

El componente frontal de la red se encuentra centrado alrededor de los campos frontales oculares pero incluye también a la corteza premotora adyacente y probablemente a la corteza pre frontal. El papel crítico del componente frontal es convertir las estrategias para el cambio de la atención en actos motores específicos. Si la corteza parietal permite la elaboración de un mapa atencional, los campos frontales oculares seleccionan y forman una secuencia de los actos individuales necesarios para navegar y explorar el mapa resultante (Mesulam, 1990, 1999).

El papel del componente del cíngulo es, de acuerdo con Mesulam (1999), el menos comprendido. Como un componente límbico de la red de la atención, el papel del giro del cíngulo podría ser identificar la relevancia motivacional de los eventos extra personales y sostener el nivel de esfuerzo necesario para la ejecución de las tareas de la atención.

Una contribución adicional es provista por un grupo de diversas proyecciones a los tres componentes corticales desde el tallo cerebral y los componentes talámicos del sistema reticular activador. Esta entrada es probablemente importante para modificar o mantener el nivel de alerta en cada uno de las principales áreas corticales (Mesulam, 1990).

En la Figura 4.2 se presenta el modelo de atención de Mesulam (1990)

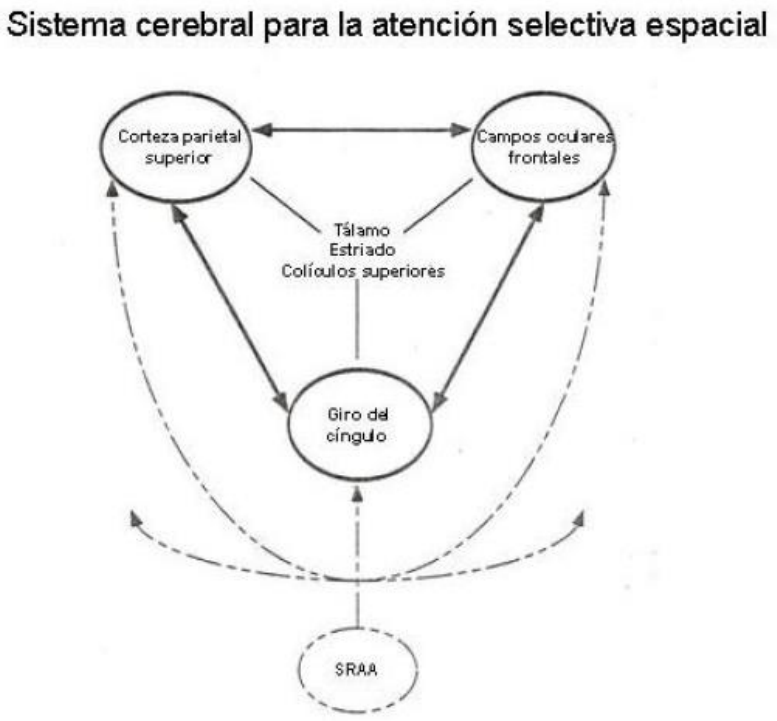


Figura 4.2. Sistema cerebral para la atención selectiva espacial. Traducido de Mesulam (1990). Abreviaciones: SRAA, Sistema Reticular Activador Ascendente.