

ACTUALIZACION POR TEMAS

La atención selectiva II: Los mecanismos electrofisiológicos y las alteraciones

Sergio Meneses Ortega*
Simón Brailowsky Klipstein**

Summary

In order for the central nervous system (CNS) to process the baggage of sensory information to which it is constantly exposed, a selection of information takes place. The brain processes that make this possible is called selective attention.

In this second part we describe the main findings of the electrophysiology of selective attention as shown by electrical recording of potentials induced by sensory stimulation, as well as studies on the otoacoustic response and on unitary activity recordings.

Event-related potentials (ERPs) or evoked potentials provide a high temporal resolution and the non invasive requirement necessary in normal human studies. Various ERPs components associated with cognitive operations involved in selective attention have been identified. In the case of auditory selective attention, a negative potential, beginning at about 60 msec and peaking at approximately 100 msec (N100) after the signal onset, is generated in the primary auditory cortical area. This response has been called processing, or differential negativity. Other components of ERPs have shown changes associated with attention, including a late positive wave, called P300, and the contingent negative variation (CNV). The P300 shows a negative correlation between its amplitude and stimulus occurrence probability. The CNV has been considered as a measure of expectancy.

In an attempt to identify whether information selection occurs in the first relays of sensory pathways, as proposed by Hernández-Peón in the "central control of afferent activity" hypothesis years ago, otoacoustic responses have been studied. An otoacoustic response is obtained by the recording of the sound emitted by the cochlear hair cells as an "echo" of the incoming stimuli. It has been found that this response is larger when the subject attends the stimulus, suggesting that selection of information may occur at the sensory receptor level. However, these studies must be confirmed.

Other reports point to the reticular nucleus of the thalamus as a candidate for functioning as a selective filter of sensory information arriving to the cerebral cortex. This structure surrounds the thalamus and receives collaterals from all thalamic afferents to the cerebral cortex.

When unitary activity has been used, the most frequent paradigm has involved visual stimulation. Thus, in frontal and parietal cortices, the striatum and the superior colliculus among

other structures, neurons have been found whose frequency discharge is directly related to the detection of relevant stimuli.

Finally, we analyze the most common attentional pathologies found in the clinic: hemi-neglect, attentional deficits in children, and absences of epileptic origin (non-convulsive generalized epilepsy, or petit mal). We will refer to the types of pathologies of some brain regions that have shown involvement and the suggested physiopathological mechanisms.

We conclude by emphasizing the need for an interdisciplinary approach in the study of selective attention in particular and cognitive processes in general, from complementary methodologies: behavioral, electrophysiological, psychopharmacological and of functional imaging.

Resumen

Con el fin de que el sistema nervioso central (SNC) pueda procesar la gran cantidad de información que recibe se lleva a cabo la selección de la información. Los procesos cerebrales que hacen posible este proceso se conocen como atención selectiva.

En esta segunda parte, describiremos los principales hallazgos acerca de la electrofisiología de la atención, obtenidos mediante el registro de los potenciales eléctricos cerebrales producidos por estimulación sensorial, y también estudios de la emisión otoacústica, así como del registro de la actividad unitaria.

Los potenciales relacionados con eventos (PRE), o potenciales provocados, tienen una alta resolución temporal que, por ser un método no invasivo, permite hacer estudios en sujetos humanos normales. Se han identificado varios componentes de los PRE que se encuentran asociados con las operaciones cognitivas relacionadas con la atención selectiva. En el caso de la atención selectiva auditiva se ha descrito la presencia de un potencial negativo que se inicia alrededor de los 60 mseg y alcanza su nivel más alto aproximadamente a los 100 mseg (N100) después del estímulo, el cual se genera en las áreas auditivas primarias de la corteza cerebral. Esta respuesta se conoce como negatividad de procesamiento o negatividad de diferencia. Otros componentes de los PRE que han mostrado cambios relacionados con la atención, son la onda P300 y la variación contingente negativa (CNV). La amplitud de la onda P300 se correlaciona de manera negativa con la probabilidad de ocurrencia del estímulo. La CNV ha sido considerada como un indicador de la expectativa.

Con el fin de saber si la selección de información se lleva a cabo en los primeros relevos de la vía sensorial, como fue

* Facultad de Psicología, UNAM e Instituto de Neurociencias. Universidad de Guadalajara. Calle Del Rayo 2611, Col. Jardines del Bosque 44520, Guadalajara, Jal.

** Instituto de Fisiología Celular. Departamento de Neurociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México, D.F.

postulado por Raul Hernández-Peón con la hipótesis conocida como "control central de la transmisión aferente", se ha estudiado la respuesta otoacústica, la cual se obtiene registrando el sonido emitido por las células pilosas externas de la cóclea ante un estímulo auditivo. Se ha encontrado que esta respuesta es de mayor amplitud cuando el sujeto atiende al estímulo, sugiriendo que la selección de la información puede ocurrir a nivel de los receptores sensoriales.

Otros reportes señalan a los núcleos reticulares talámicos como los responsables del filtraje selectivo de la información sensorial irrelevante. Estos núcleos están formados por una banda de neuronas que rodean al tálamo y reciben colaterales de las aferencias talámicas a la corteza cerebral.

Por otra parte, cuando se emplea la técnica del registro de la actividad unitaria, se trabaja principalmente con la detección de estímulos visuales. Se ha encontrado que, en las regiones frontales y parietales de la corteza cerebral, así como en el estriado y el colículo superior, entre otras zonas, existen neuronas cuya frecuencia de descarga se relaciona directamente con la detección de estímulos relevantes.

Por último, en esta parte analizamos las alteraciones de la atención que se presentan comúnmente en la clínica: el síndrome de hemi-inatención, las alteraciones de la atención en niños, y las ausencias de origen epiléptico (un tipo de epilepsia generalizada no convulsiva o pequeño mal). Describimos los síntomas que se presentan después de las alteraciones en las diversas regiones cerebrales y los mecanismos fisiopatológicos que se han sugerido.

Concluimos haciendo hincapié en la necesidad de estudiar los mecanismos cerebrales de la atención selectiva, así como de otros procesos cognoscitivos, mediante distintas aproximaciones experimentales: conductuales, electrofisiológicas, psicofarmacológicas y de imagenología.

1. Electrofisiología de la atención

Con el desarrollo de técnicas electrofisiológicas que permitieron observar los cambios en la actividad cerebral durante la ejecución de tareas que requieren la detección de estímulos significativos, surgió un renovado interés en los procesos de atención. Dentro de las aproximaciones electrofisiológicas al estudio de la atención sobresalen el registro de los potenciales relacionados con eventos y el de la actividad unitaria.

a) *Potenciales Relacionados con Eventos (PRE)*

Una línea de investigación que se ha empleado para el estudio de la atención selectiva, comprende el análisis de los potenciales eléctricos cerebrales que pueden registrarse desde la superficie de la cabeza durante la realización de tareas que implican aspectos relacionados con la atención. Esta es una técnica no invasiva que ha sido ampliamente utilizada en sujetos humanos para evaluar distintos procesos cognoscitivos.

Los PRE reflejan la activación de las poblaciones neuronales ante la presentación de un estímulo. Esta activación ocurre en distintas regiones cerebrales y en diferentes tiempos, produciendo en el registro una secuencia de picos positivos y negativos que aparecen con distintas latencias y amplitudes a partir de la presentación del estímulo. La forma de la onda cambia de acuerdo con la modalidad sensorial, el tipo de estímulo y la naturaleza de los procesos perceptuales y cognoscitivos relacionados con la codificación del estímulo (14,16).

La mayor parte de los trabajos realizados en este campo se enfocan al estudio de los procesos relacionados con la atención auditiva, aunque también se han efectuado trabajos sobre la modalidad visual y somestésica, empleando un diseño experimental desarrollado por Hillyard y cols. (15). Esta tarea consiste en lo siguiente: a los sujetos se les presentan distintos estímulos auditivos en cada oído, los cuales difieren en frecuencia, duración o intensidad; uno de estos estímulos, el denominado estímulo estándar, se presenta de manera frecuente, mientras que el otro estímulo (prueba) se presenta con una baja probabilidad, normalmente del 10 %. La tarea del sujeto consiste en detectar los estímulos prueba presentados en uno de los oídos, mientras ignora los estímulos presentados en el otro. En la misma sesión experimental se alterna el oído al cual deben atender los sujetos, de manera que, al final del experimento, se pueden comparar los PRE obtenidos cuando se atendió a uno de los oídos, con los PRE registrados cuando el sujeto atendió al oído opuesto.

En los seres humanos se observa que cuando la atención se dirige a uno de los oídos, los estímulos presentados por ese "canal" producen una amplitud mayor de una onda negativa que ocurre con una latencia aproximada de 100 msec (15). Inicialmente, a este hecho, denominado el "efecto N100", se le interpretó como una facilitación en la transmisión sensorial de los estímulos atendidos, con la consiguiente atenuación de las entradas sensoriales no atendidas, lo cual concordaba con la idea de la existencia de un filtraje de la información irrelevante (15,17). En estudios subsecuentes se propuso que la facilitación de la onda N100 ante los estímulos relevantes era producida por la sumación de otra onda que aparece con la misma latencia, a la cual se le denominó "negatividad de procesamiento" (33) u "onda de diferencia" (Nd) (20). Esta deflexión negativa está formada por varios componentes que se originan en diferentes regiones del cerebro y que son sensibles a diferentes condiciones experimentales (10,48).

Actualmente se cree que ambos mecanismos coexisten, la facilitación de la onda N100 y la presencia de la Nd con distribución frontal, que se agrega a la primera durante la percepción de los estímulos en los canales atendidos (46,47).

Se ha observado que los pacientes con lesión de la corteza prefrontal no muestran el aumento en la amplitud de la onda N100 ante los estímulos presentados en el oído atendido. Este efecto es más notable cuando los estímulos se presentan en el oído izquierdo en los pacientes que tienen la lesión en el lado derecho. Estos hallazgos sugieren el papel crítico de la corteza prefrontal en el control de la atención, y se han interpretado como una falta de influencias inhibitorias de esta área sobre las regiones corticales o subcorticales (20).

Hay otros componentes de los PRE que se han relacionado con los distintos elementos de la atención. Para estudiarlos se han utilizado otros diseños experimentales, por ejemplo, se le pide a los sujetos que produzcan una respuesta al detectar una señal poco probable, que se presenta dentro de una serie de es-

tímulos; el potencial eléctrico obtenido contiene, además del componente N100, una onda positiva tardía con una latencia cercana a los 300 mseg (P3 o P300). La amplitud de este componente varía de acuerdo con la cantidad de información dada por el estímulo y por la probabilidad con la que éste se presenta, mientras que su latencia puede reflejar el tiempo de ocurrencia del proceso de decisión o puede representar el resultado de la selección de la respuesta (4).

Otro componente de los PRE asociado con procesos de atención consiste en una onda lenta negativa conocida como variación contingente negativa (CNV), la cual se presenta en el intervalo entre dos estímulos, cuando se requiere una respuesta después del segundo, y que se ha asociado a la expectancia y que posiblemente representa la organización activa y el control del procesamiento selectivo de la información (35).

Aunque se han detectado componentes de los PRE que muestran cambios relacionados con la atención selectiva, aún no existe un acuerdo sobre los sitios cerebrales en donde se estén generando ni tampoco sobre sus mecanismos de generación, lo cual resulta crítico para el análisis de las teorías de la atención selectiva. Sin embargo, recientemente se ha propuesto que el efecto de la atención sobre la onda N100 surge de la corteza auditiva, mientras que en las tareas de atención espacial a estímulos visuales se genera en la corteza visual extraestriada del lóbulo occipital (8,47).

A lo largo del tiempo ha habido intentos por dilucidar los mecanismos de la atención, y una de las preguntas fundamentales que se ha planteado es: ¿en qué nivel del sistema nervioso central ocurre la separación entre los estímulos relevantes e irrelevantes para su ulterior procesamiento? Al respecto hay dos posiciones: una de ellas sostiene que la información irrelevante es bloqueada en los primeros relevos de la vía sensorial, mientras que la otra sostiene que el filtraje ocurre en niveles superiores.

Hernández-Peón y cols. llevaron a cabo un trabajo pionero al respecto (13). Ellos propusieron que había un mecanismo de control de la información a lo largo de la vía sensorial primaria, donde se bloquean los impulsos producidos por estímulos no atendidos. En dicho trabajo, realizado en gatos, se implantaron electrodos en el núcleo coclear dorsal –primer relevo de la vía auditiva– y se registraron las respuestas eléctricas ante los estímulos auditivos durante el estado de reposo y mientras los animales atendían a estímulos de otras modalidades sensoriales (ratones encerrados en un recipiente de vidrio, olor a pescado o estímulos nociceptivos en las patas); se encontró que las respuestas producidas por el estímulo auditivo disminuían considerablemente cuando los animales atendían a los estímulos distractores.

Para explicar estos resultados, Hernández-Peón (13) postuló la existencia de un mecanismo inhibitorio periférico controlado por un centro ubicado en la formación reticular mesopontina, ya que con la destrucción de esta área no se presentaba el efecto inhibitorio.

Este trabajo fue cuestionado, entre otras cosas, por la falta de control en la posición del meato auditivo externo entre las distintas condiciones evaluadas (18),

sin embargo, los estudios en los que se controló la constancia del estímulo y la activación de los músculos del oído medio, dieron pruebas de que los potenciales provocados por estímulos auditivos disminuían en amplitud cuando los animales atendían a un estímulo visual (32,34).

Con el fin de evaluar la posibilidad de un filtraje temprano de la información irrelevante, se registraron los potenciales auditivos del tallo cerebral (PATC) durante las tareas conductuales que requieren de la atención selectiva.

Los PATC pueden registrarse desde la superficie de la cabeza y están formados por una serie de ondas que representan la activación secuencial de fibras o núcleos en diferentes niveles de la vía auditiva. De manera que, si la selección de la información relevante ocurre en alguna de estas estructuras, ésta debiera reflejarse en la morfología de estos componentes. Los resultados reportados por distintos grupos resultan contrastantes. En algunos casos se han encontrado cambios en los componentes de los PATC, asociados con los procesos de atención selectiva (2,23), mientras que en otros trabajos no se han encontrado dichos efectos, descartándose así la posibilidad de que la selección pueda llevarse a cabo en los primeros relevos de la vía sensorial (9,36,37). Estas discrepancias podrían explicarse por las distintas condiciones experimentales empleadas.

El problema relacionado con el nivel en el cual se filtra la información irrelevante ha sido investigado recientemente empleando una aproximación diferente: en lugar de registrar los PATC, que quizá no sean lo suficientemente sensibles como para detectar cambios sutiles que se produzcan a nivel de la vía auditiva primaria, se ha empleado el registro de la emisión otoacústica, que consiste en el registro de sonidos emitidos por la cóclea en respuesta a estímulos auditivos. Estos sonidos son emitidos por el movimiento de las células pilosas externas de la cóclea, las cuales reciben eferencias desde niveles superiores de la vía auditiva.

Estas respuestas se han registrado durante la ejecución de tareas de atención selectiva, encontrándose que la respuesta otoacústica producida por estímulos atendidos es mayor que la producida por estímulos no atendidos, lo cual sugiere que la selección puede operar desde el nivel de los receptores (7,26,41).

Por otra parte, se ha propuesto que el filtraje de la información puede originarse en las estructuras diencefálicas. Al respecto, Yingling y Skinner (49), estudiando las relaciones tálamo-corticales en los gatos, encontraron que los potenciales sensoriales corticales se suprimían con estimulación de los núcleos reticulares talámicos. Estos núcleos están formados por una capa delgada de neuronas que proyectan sobre las neuronas de relevo del tálamo dorsal, y que reciben colaterales de fibras tálamo-corticales y cortico-talámicas (44).

Con base en la organización anatómica de las subregiones que constituyen los núcleos reticulares talámicos, se ha sugerido que participan en la inhibición de las neuronas talámicas de relevo, lo cual impide que los estímulos alcancen la corteza cerebral.

b) Registro de la actividad unitaria

El procesamiento de información visual, es un proceso que, por lo general, requiere del movimiento de los ojos (sacudidas) hacia los estímulos relevantes con el fin de mejorar la detección de sus elementos. Debido a estas propiedades el proceso de la atención visuoespacial es el que más se ha empleado en este tipo de investigaciones.

En estos estudios usualmente se trabaja con monos que son entrenados en una tarea en la cual, para obtener una recompensa, deben fijar su mirada en una luz y emitir una respuesta cuando ocurre un cambio en la intensidad de otro estímulo que puede estar localizado en distintos lugares del campo visual. Mientras los animales hacen la tarea se registra la posición de los globos oculares, así como la actividad neuronal, con microelectrodos insertados en diversas regiones cerebrales. La ventaja de estos diseños experimentales es que consisten de secuencias conductuales claramente discernibles, que permiten dilucidar si los cambios en el patrón de descarga neuronal se hallan relacionados con los procesos sensoriales, motores o cognoscitivos que están presentes en la ejecución de la tarea.

Al respecto, se ha observado que varias áreas del cerebro de los monos, que incluyen el colículo superior, el núcleo pulvinar del tálamo posterolateral, la corteza frontal y el lóbulo parietal, poseen células cuya frecuencia de disparo aumenta cuando los monos atienden a la localización del estímulo en una región del campo visual, aun cuando no ocurran movimientos oculares (12,29,31).

Una región especialmente importante para los procesos de atención visual parece ser la corteza del lóbulo parietal inferior (área 7 en el mono), que funciona como una corteza de asociación en la cual convergen diversas entradas sensoriales que son integradas al tiempo que recibe información del estado interno del organismo, en término de necesidades e intereses, generando una imagen neural interna de la posición del cuerpo dentro del espacio que lo rodea, lo cual permite enviar comandos hacia los centros oculomotores para producir movimientos selectivos hacia los estímulos de interés (24,29,30,31).

En otros trabajos se han empleado tareas que requieren la discriminación de estímulos relevantes (visuales o auditivos) para la adecuada ejecución de una tarea, encontrando células en la sustancia *nigra* y en la corteza prefrontal (1,6) cuya actividad está directamente influida por la relevancia de los estímulos.

2. Alteraciones de la atención

El hecho de que los sistemas neuronales ligados a la atención estén ampliamente distribuidos, hacen que este proceso sea muy vulnerable, de modo que las alteraciones de la atención son comunes cuando está dañado el sistema nervioso central. Estos déficits pueden afectar aspectos específicos de la atención de acuerdo con la región alterada.

Los déficits de atención más estudiados comprenden principalmente tres síndromes: la hemi-inatención, los déficits de atención en los niños y las ausencias de origen epiléptico.

a) El síndrome de hemi-inatención

Sin duda, el síndrome de hemi-inatención o agnosia espacial unilateral, es aquél que ha generado mayor información. Este síndrome se caracteriza en que los pacientes, después de una lesión cerebral, manifiestan falta de respuestas ante estímulos presentados en una parte del cuerpo, usualmente el lado opuesto a la lesión, en ausencia de alteraciones sensoriales o déficits motores primarios. La falta de responsividad ante los estímulos presentados en la región contralateral no es exclusiva de una modalidad sensorial, sino que afecta a todas ellas.

Es común observar el síndrome de hemi-inatención después de un daño en el área parietal derecha, pero también ha sido reportado cuando hay lesión de otras áreas corticales, que incluyan la región parietal del hemisferio izquierdo, el lóbulo frontal, la corteza del cíngulo y las estructuras subcorticales como el cuerpo estriado, el hipotálamo lateral, la glándula pineal, la sustancia *nigra* y el colículo superior. Por otra parte, no hay una región específica en el hemisferio derecho en la cual la lesión produzca el déficit, es decir, lesiones restringidas del lóbulo frontal, del área parietal posterior o de la corteza del cíngulo, así como lesiones amplias que involucran varias regiones (fronto-temporales y temporo-parietales) producen hemi-inatención; solamente las regiones localizadas en áreas pre y postcentrales, o de la corteza visual primaria, no producen el síndrome (21).

Los pacientes comisurotomizados no muestran hemi-inatención bajo condiciones de prueba no restringidas o no lateralizadas; sin embargo, es posible detectarlas con pruebas lateralizadas, aunque es diferente al síndrome clásico, ya que ocurre de igual forma en ambos hemisferios y se observa sólo si se le pide al paciente que toque partes de su cuerpo (38).

Hay una relación directa entre la intensidad del déficit y la severidad de la lesión: mientras más severa es esta, el déficit es mayor. Además, inmediatamente después de la lesión, el síndrome de hemi-inatención es severo y se caracteriza por desviación de la cabeza y de los ojos hacia el lado de la lesión, sin respuestas de orientación a estímulos visuales, auditivos o somestésicos en el lado contralateral de la misma. Después de varios meses desaparece la desviación de los ojos y de la cabeza y se presenta responsividad, aparentemente normal, a estímulos presentados en el campo contralateral. Sin embargo, se puede detectar preferencia por el lado ipsilateral a la lesión cuando se presentan estímulos simultáneos en ambos campos o cuando el paciente tiene que explorar un arreglo de estímulos distribuidos en el espacio (21).

Se ha postulado que la cantidad de tejido sano que queda es crítica para la recuperación, haciéndose notar la participación del hemisferio izquierdo y en las vías que conectan a ambos hemisferios. Se ha observado que, aún con hemisferectomía total, se puede

observar mejoría de la hemi-inatención; esta mejoría se ve lentificada por la lesión previa del hemisferio izquierdo. Estos datos han llevado a algunos autores a proponer que en los dos hemisferios subyace la capacidad para orientarse a ambos lados del campo perceptual, lo cual contrasta con las ideas de lateralidad en las funciones de los hemisferios cerebrales (21).

Respecto a los mecanismos que subyacen al síndrome de hemi-inatención, actualmente tenemos dos hipótesis: una que sostiene que se debe a la pérdida funcional del hemisferio dañado, postulando que el hemisferio derecho es el encargado de llevar a cabo la función relacionada con la distribución de la atención espacial, mientras que el hemisferio izquierdo es incapaz de atender al hemicampo ipsilateral (27); y la otra que sostiene que el déficit es producido por un desequilibrio en la función de los hemisferios cerebrales (19).

Por lo que respecta a la segunda hipótesis, propuesta por Kinsbourne (19), se afirma que ambos hemisferios participan en los procesos de orientación pero, si está lesionado uno de ellos, se afecta el funcionamiento cognoscitivo del hemisferio intacto. El mecanismo propuesto es que las fibras que unen a los hemisferios cerebrales participan en la orientación al inhibir la acción del otro hemisferio, de manera que la lesión en uno de ellos disminuye la inhibición en el hemisferio opuesto (21). Según esta hipótesis podría predecirse una mejoría del síndrome de hemi-inatención por la lesión del otro hemisferio; sin embargo, este no es el caso, por lo que otra posibilidad sería que después de la lesión el hemisferio sano asumiera la función (38).

En otros trabajos se han analizado alteraciones específicas en alguno de los elementos que conforman el proceso de atención después de lesiones cerebrales limitadas a una región. Estas alteraciones específicas pueden ser reveladas por medio del empleo de una tarea diseñada por Posner (39), que consiste en lo siguiente: los pacientes deben fijar su mirada en un punto situado en el centro de una pantalla; a los lados de este punto se encuentran dos recuadros dentro de los cuales aparecerá de manera aleatoria un estímulo visual al cual deben responder oprimiendo una tecla; antes de presentar este estímulo aparece una señal que le indica al sujeto en cuál de los recuadros se presentará el estímulo prueba.

Durante la sesión experimental se intercalan algunos ensayos en los cuales se presentan pistas inválidas, es decir, se le indica al sujeto que el estímulo aparecerá en uno de los lados, pero la presentación se hace en el recuadro opuesto. De esta manera, se tienen ensayos válidos, en los cuales la pista predice realmente el sitio de presentación del estímulo y, ensayos inválidos, en los cuales la pista falsa origina que primero se fije la atención en uno de los lados, pero con la presentación del estímulo en el lado opuesto, se requiere que el sujeto desatienda el lado erróneo y mueva su atención hacia el lado correcto. De esta manera, se puede discernir, por medio de la evaluación de los tiempos de reacción, si el déficit es originado por una falla en la fijación de la atención o en la desatención y movimiento hacia el lado correcto.

Posner (40) aplicó esta tarea en pacientes con lesión en diferentes regiones del sistema nervioso central, encontrando que en pacientes con lesión del lóbulo parietal derecho, la operación de desatender es la que se encuentra afectada, ya que si la atención es dirigida (a través de la pista falsa) fuera del hemicampo contralateral, hay un retardo significativo en responder a estímulos presentados dentro de éste; el déficit fue más notable en pacientes con lesión del hemisferio derecho. Por otra parte, en los pacientes con lesión del cerebro medio, lo que se encuentra afectado es el movimiento hacia los estímulos novedosos.

b) Alteraciones de la atención en los niños

Algunos autores consideran las alteraciones de la atención en los niños como un síndrome que incluye: hiperactividad, distractibilidad y problemas de ajuste conductual con fallas en la estabilidad emocional, mientras que otros las consideran como una limitación cognoscitiva en sí misma, independientemente de la hiperkinesia y de los desórdenes conductuales asociados (22).

Esta controversia se debe, en parte, a que este grupo de pacientes presenta una gran heterogeneidad y pueden diferir no sólo en cuanto a los síntomas que presentan sino también en cuanto a su intensidad, su etiología, la presencia o ausencia de alteraciones en el aprendizaje y la reactividad a la terapia farmacológica (3). La importancia de describir distintos subgrupos radica en que estos pueden estar asociados con deficiencias en regiones cerebrales particulares o con diferentes sistemas neuroquímicos.

Aunque se tiene la impresión de que estas alteraciones sólo se presentan durante los primeros años escolares, se sabe que pueden perdurar a lo largo de la vida del paciente; sin embargo, estos déficits son más evidentes durante la infancia.

En algunas ocasiones se ha observado que las alteraciones de la atención se acompañan de alteraciones específicas del aprendizaje, como discalculia o dislexia, aunque estos trastornos se pueden observar de manera independiente, lo cual sugiere que pueden estar asociados con distintos mecanismos (25).

En cuanto a la etiología de estas alteraciones, frecuentemente se ignora su origen. Se ha señalado que los síntomas pueden presentarse como resultado de distintas alteraciones, siendo las más comunes: las complicaciones perinatales, el traumatismo cerebral difuso, la hipoxia, la intoxicación con plomo, la leucemia, la ingestión de alcohol y tabaco por la madre durante la gestación, así como por la presencia de epilepsia o como un efecto colateral del tratamiento farmacológico con drogas antiepilépticas, como los barbitúricos o con antihistamínicos (revisión en: 43). También se le ha asociado con factores genéticos, ya que se ha observado que los niños con alteraciones de la atención frecuentemente tienen familiares afectados por el mismo mal.

El enfoque neurobiológico de estas alteraciones ha revelado que algunas regiones del cerebro pueden estar particularmente afectadas en estos pacientes.

En estos trabajos se emplean técnicas de neuroimagenología que permiten evaluar las concentraciones de los marcadores radioactivos, los cuales se acumulan en distintas regiones cerebrales, dependiendo de los niveles de activación que esas regiones presentan. Con estas técnicas se ha observado que los niños con problemas de aprendizaje presentan una disminución en los niveles de activación de algunas regiones cerebrales, como son el cuerpo estriado, la corteza prefrontal y algunas regiones del sistema límbico (11).

c) Ausencias de origen epiléptico

Como ya mencionamos, otra de las alteraciones de la atención que se presentan de manera frecuente, son las ausencias de origen epiléptico. Esta es una variedad de epilepsia generalizada no convulsiva, caracterizada por una súbita interrupción de la actividad, mirada vacía y pérdida de contacto con el ambiente; esta conducta puede perdurar durante varios segundos. Los familiares de los pacientes generalmente se refieren a este patrón de crisis como "ausencias", y la bibliografía médica se refiere a él como "inmovilidad" o "reacción de arresto" (42).

Estos síntomas también pueden presentarse como una manifestación clínica de crisis parciales complejas del lóbulo temporal, así como de epilepsia del lóbulo frontal (42).

El registro simultáneo del electroencefalograma (EEG) y la conducta del paciente muestran que, durante la fase de "ausencia", el EEG presenta una gran amplitud y descargas en forma de onda-espiga, con una frecuencia aproximada de 3 Hz, las cuales se correlacionan con un patrón clínico caracterizado por la interrupción del habla, la apertura de los ojos, las alteraciones de la conciencia, el giro de la cabeza y de los ojos, ocasionalmente automatismos gestuales simples y, justo al final de la actividad paroxística, la recuperación brusca de la conciencia.

Se ha implicado al núcleo reticular talámico como posible marcapaso de estas descargas (45) en un circuito talamo-cortical hiperexcitable.

Mirsky y Van Buren (28) reportaron que los pacientes que presentan este tipo de crisis tienen también una mala ejecución en tareas de atención o vigilancia, aun cuando la actividad paroxística no esté presente en el EEG.

Por otra parte, empleando el registro de los PRE para evaluar aspectos cognoscitivos en pacientes con epilepsia generalizada, se reportó que en una tarea de discriminación auditiva se presenta un alargamiento del componente P300, el cual, como dijimos, está asociado con aspectos relacionados con la detección de estímulos significativos (5).

Perspectiva

El área de las neurociencias cognoscitivas ha crecido notablemente en los últimos años, desarrollando diversas técnicas que han permitido el estudio y comprensión de los mecanismos neuronales relacionados con los procesos mentales. Entre ellas destacan las aproximaciones electrofisiológicas y las técnicas de imagenología: las primeras ofrecen la ventaja de poseer una gran resolución temporal, mientras que las segundas abordan principalmente los aspectos espaciales o anatómicos de estos procesos.

Con estas técnicas se han identificado algunas de las regiones cerebrales relacionadas con la atención selectiva y se ha propuesto que esta función depende de una red neuronal distribuida, con elementos densamente interconectados.

Debido a que el proceso de atención selectiva es complejo, quedan todavía por contestarse muchas preguntas. Si bien se conocen diversas estructuras que participan en la atención selectiva, falta conocer cuál es la relación entre estas regiones, es decir, ¿forman en realidad un circuito distribuido con conexiones recíprocas? ¿existe una sola red atencional para las diferentes modalidades sensoriales? o ¿hay circuitos específicos para cada modalidad? y, si este fuese el caso, ¿se comparten elementos o módulos entre los distintos circuitos?

Otro problema se relaciona con los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los nodos de la red, en otras palabras, poseemos información acerca de dónde está ocurriendo el proceso, pero sabemos muy poco de cuáles son las funciones (filtraje, clasificación, categorización, etc.) y los mecanismos que se llevan a cabo en cada uno de los nodos del circuito involucrado. Si los sub-procesos que forman la atención selectiva están ubicados en diversas regiones de un sistema distribuido, falta saber cómo se logra la integración de estos elementos y su relación con otros eventos cognoscitivos.

Sin duda, para poder lograr mejores resultados, la investigación de los procesos cognoscitivos debe ser de naturaleza interdisciplinaria, tanto en los métodos empleados (conductuales, electrofisiológicos y neuroquímicos), como en los aspectos teóricos y conceptuales. Respecto a este último, la contribución de la filosofía a las neurociencias resulta de gran importancia.

Agradecimientos

1. Este trabajo fue realizado con el apoyo de la DGAPA y del PADEP, de la UNAM.
2. Los autores expresan su agradecimiento al doctor Steven Hillyard, de la Universidad de California en San Diego, por sus valiosos comentarios a este trabajo.

REFERENCIAS

1. BAKAY-PRAGAY E, MIRSKY A, NAKAMURA R: Attention-related unit activity in the frontal association cortex during a Go/No-Go visual discrimination task. *Exp Neurol*, 96:481-500, 1987.
2. BRIX R: The influence of attention on the auditory brain stem evoked response. *Acta Otolaryngologica*, 98:89-92, 1984.
3. DYKMAN R, ACKERMAN P: Behavioral subtypes of attention deficit disorder. *Exceptional Children*, 60:132-141, 1993.
4. DONCHIN E, COLES M: Is the P300 component a manifestation of context updating?. *Behav Brain Sci*, 11:357-374, 1988.
5. DUNCAN C: Application of event-related brain potentials to the analysis of interictal attention in absence epilepsy. En: Myslobodsky M, Mirsky A (Eds.). *Elements of Petit Mal Epilepsy*. Lang P, Publisher, Nueva York, 341-364, 1988.
6. FUSTER J, BAUER R, JERVEY J: Cellular discharge in the dorsolateral prefrontal cortex of the monkey in cognitive tasks. *Exp Neurol*, 77:679-694, 1982.
7. GIARD M, COLLET L, BOUCHET P, PERNIER J: Auditory selective attention in the human cochlea. *Brain Res*, 633:353-356, 1994.
8. GOMEZ C, CLARK V, FAN S, LUCK S, HILLYARD S: Sources of attention-sensitive visual event-related potentials. *Brain Topography*, 7:41-51, 1994.
9. GREGORY S, HEATH J, ROSENBERG M: Does selective attention influence the brain-stem auditory evoked potential?. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 73:557-560, 1989.
10. HANSEN J, HILLYARD S: Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 49:277-290, 1980.
11. HEILMAN K, VOELLER K, NADEAU S: A possible pathophysiologic substrate of attention deficit hyperactivity disorder. *J Child Neurol*, 6S:76-81, 1991.
12. HEILMAN K, WATSON R, VALENSTEIN E, GOLDBERG M: Attention: Behavior and neural mechanisms. En: Mountcastle V (Ed.). *Handbook of Physiology. The Nervous System. Vol. V, Parte I*, Amer Physiol Soc Bethesda, 461-481, 1987.
13. HERNANDEZ-PEON R, SCHERRER H, JOUVET M: Modification of electric activity in cochlear nucleus during "attention" in unanaesthetized cats. *Science*, 123:331-332, 1956.
14. HILLYARD S: Electrophysiology of human selective attention. *Trends in Neurosc*, 400-405, 1985.
15. HILLYARD S, HINK R, SCHWENT V, PICTON T: Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182:177-180, 1973.
16. HILLYARD S, KUTAS M: Electrophysiology of cognitive processing. *Ann Rev of Psychol*, 34:33-61, 1983.
17. HILLYARD S, PICTON T, REGAN D: Sensation, perception, and attention: Analysis using ERP. En: Callaway E, Tueting P, Koslow S (Eds.). *Event-Related Brain Potentials in Man*, Academic Press, Nueva York, 223-321, 1978.
18. HORN G: Electrical activity of the cerebral cortex of unanaesthetized cats during attentive behaviour. *Brain*, 83:57-76, 1960.
19. KINSBOURNE M: A model for the mechanism of unilateral neglect of space. *Trans of the Am Neurol Assoc*, 95:143-146, 1970.
20. KNIGHT R: Electrophysiology in behavioral neurology. En: Moret-Mesulam M (Ed.). *Principles of Behavioral Neurology*, 327-346, 1985.
21. LEVINE D, WARACH J, BENOWITZ L, CALVANIO R: Left spatial neglect: Effects of lesion size and premorbid brain atrophy on severity and recovery following right cerebral infarction. *Neurol*, 36:362-366, 1986.
22. LORYS A, HYND G, LAHEY B: Do neurocognitive measures differentiate attention deficit disorder (ADD) with and without hyperactivity?. *Arch Clin Neuropsychol*, 5:119-135, 1990.
23. LUKAS J: Human attention: the olivo-cochlear bundle may function as a peripheral filter. *Psychophysiol*, 17:444-452, 1980.
24. LYNCH J, MOUNTCASTLE V, TALBOT W, YIN T: Parietal lobe mechanisms for directed visual attention. *J of Neurophysiol*, 40:362-389, 1977.
25. Mc KINNEY J, MONTAGUE M, HOCUTT A: Educacional assessment of students with attention deficit disorder. *Exceptional Children*, 60:125-131, 1993.
26. MERIC C, COLLET L: Comparative influence of repeated measurement and of attention on evoked otoacoustic emissions. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 113:471-477, 1993.
27. MESULAM M: A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Ann of Neurol*, 10:309-325, 1981.
28. MIRSKY A, VAN BUREN J: On the nature of the "absence" in centrencephalic epilepsy: A study of some behavioral, electroencephalographic and autonomic factors. *Electroenceph and Clin Neurophysiol*, 18:334-348, 1965.
29. MOTTER B, MOUNTCASTLE V: The functional properties of the light-sensitive neurons of the posterior parietal cortex studied in waking monkeys: foveal sparing and opponent vector organization. *J Neurosci*, 1:3-26, 1981.
30. MOUNTCASTLE V: Brain mechanisms of directed attention. *J R Soc Med*, 71:14-27, 1978b.
31. MOUNTCASTLE V, ANDERSEN R, MOTTER B: The influence of attentive fixation upon the excitability of the light-sensitive neurons of the posterior parietal cortex. *J of Neurosci*, 1:1218-1235, 1981.
32. MOUSHEGIAN G, RUPERT A, MARSCH J, GALAMBOS R: Evoked cortical potentials in absence of middle ear muscles. *Science*, 133:582-583, 1960.
33. NAATANEN R, GAILLARD A, MANTYSALO S: Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychol*, 42:313-329, 1978.
34. OATMAN L: Role of visual attention on auditory evoked potentials in unanesthetized cats. *Exp Neurol*, 32:341-356, 1971.
35. PICTON T, CAMPBELL K, BARIBEAU-BRAIN J, PROULX G: The neurophysiology of human attention: A tutorial review. En: Requin J (Ed.) *Attention and Performance VII*. Erlbaum, Hillsdale, 429-467, 1978.
36. PICTON T, HILLYARD S: Human auditory evoked potentials. II. Effects of attention. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 36:191-200, 1974.
37. PICTON T, HILLYARD S, GALAMBOS R, SCHIFF M: Human auditory attention: a central or peripheral process?. *Science*, 173:351-353, 1971.
38. PLOURDE G, SPERRY R: Left hemisphere involvement in left spatial neglect from right-sided lesions. *Brain*, 107:95-106, 1984.
39. POSNER M, PETERSEN S: The attention system of the human brain. *Ann Rev Neurosci*, 13:25-42, 1990.
40. POSNER M, WALKER J, FRIEDRICH F, RAFAL R: Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *J of Neurosci*, 4:1863-1874, 1984.
41. PUEL J, BONFILS P, PUJOL R: Selective attention modifies the active micromechanical properties of the cochlea. *Brain Res*, 447:380-383, 1988.
42. QUESNEY L, CONSTAIN M, RASMUSSEN T: Seizures from the dorsolateral frontal lobe. En: Chauvel P, Delgado-Escueta A, Halgren E, Bancaud J (Eds.). *Advances in Neurology Frontal Lobe Seizures and Epilepsies*, Vol. 5, Raven Press, Nueva York, 1992.
43. ROSENBERG P: Attention deficit. *Pediatric Neurol*, 7:397-405, 1991.
44. SCHEIBEL M, SCHEIBEL A: The organization of the nucleus reticularis thalami: A Golgi study. *Brain Res*, 1:43-62, 1966.
45. STERIADE M, PARENT A, PARE D, SMITH Y: Cholinergic and noncholinergic neurons of cat basal forebrain project to reticular and mediodorsal thalamic nuclei. *Brain Res Rev*, 408:372, 1987.
46. WOLDORFF M, GALLEN C, HAMPSON S, HILLYARD S, PANTEV C, SOBEL D, BLOOM F: Modulation of early sensory processing in human auditory cortex during audi-

- tory selective attention. *Proc Nat Acad Sci*, 90:8722-8726, 1993.
47. WOLDORFF M, HILLYARD S: Modulation of early auditory processing during selective listening to rapidly presented tones. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 79:170-191, 1991.
48. WOODS D, CLAYWORTH C: Scalp topographies dissociate N1 and N2 components during auditory selective attention. *Electroenceph and Clin Neurophysiol*, (suppl), 40:293-299, 1987.
49. YINGLING Ch, SKINNER J: Selective regulation of thalamic sensory relay nuclei by nucleus reticularis thalami. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 41:476-482, 1976.