

APORTACIONES Y HALLAZGOS DE LA RESONANCIA MAGNETICA
ESTRUCTURAL EN EL TRASTORNO POR DEFICIT DE ATENCION-
HIPERACTIVIDAD EN NIÑOS.

LUIS D. MONTAÑEZ DE LEON

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Resumen

El déficit de atención con hiperactividad (TDAH), es uno de los trastornos neuroconductuales con mayor incidencia en la niñez. El trastorno afecta principalmente al 3-5% de la población infantil, más a los niños que a las niñas. El TDAH presenta ciertas características como falta de atención, impulsividad, hiperactividad y déficits motores. El diagnóstico de este trastorno requiere varias etapas y hoy día no existe un examen único para diagnosticarlo, dado que ciertos factores como la ansiedad, la depresión y ciertos tipos de trastornos de aprendizaje pudieran presentar síntomas similares. El uso de la técnica de la Resonancia Magnética Estructural (RMe) en el TDAH data de mediados de los años noventa, siendo utilizada para observar la neuroanatomía de dicha patología. Las principales teorías neuropsicológicas del TDAH han identificado ciertas áreas cerebrales de interés para este trastorno como los lóbulos frontales y los núcleos caudado, que serían como los “loci” neuroanatómicos del TDAH. La disminución volumétrica del lóbulo prefrontal derecho, en contraste con la normalidad volumétrica del lóbulo frontal izquierdo y el volumen del núcleo caudado derecho y el volumen cerebral total (con disminución aparente), y las morfométricas del cuerpo calloso y del cerebelo son hallazgos que dan mayor peso a la validación de esta técnica RMe para el diagnóstico del trastorno TDAH. Este trabajo de revisión muestra cómo el uso de la técnica de RMe, es hoy día una buena herramienta de evaluación para el TDAH junto con otras técnicas de evaluación neuropsicológica, y que son realizadas por los equipo profesionales de Salud Mental. Las investigaciones utilizadas en esta revisión se han buscado en revistas electrónicas y también en bases de datos electrónicas, entre ellas la revista Neurology y la base de datos Medline. Se han revisado investigaciones y estudios publicados entre los años 1996 al 2009.

Introducción

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), es un síndrome de inicio infantil cuyas deficiencias son notables en las áreas de la atención, la impulsividad, la hiperactividad y déficit motores. Para poder diagnosticar a una persona con TDAH, los criterios a utilizarse se basan en el modelo por sus siglas en inglés DSM-IV- TR, este modelo las agrupa en dos categorías: la primera en síntomas de desatención y síntomas de impulsividad- hiperactividad, requiriendo al menos seis síntomas de uno de los grupos para dar un diagnóstico de TDAH y que estén presente antes de los siete años de edad con una duración mínima de seis meses.

Según el DSM-IV-TR permite tres tipos de TDAH: está el tipo desatento, tipo hiperactivo- impulsivo y el tipo combinado. Se considera que en el mundo entre 8-10% de la población infantil y adolescente sufren TDAH aunque luego ya pasada la adolescencia disminuye el porcentaje alrededor de un 4%, con una predominancia masculina. Estas manifestaciones se denominan de acuerdo con el Manual de diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, cuarta revisión, texto revisado (DSM -IV-TR).

La etiología del TDAH reconoce factores ambientales y factores genéticos. Muchas de las teorías neuropsicológicas parten del que TDAH es una disfunción cognitiva, que involucrarían crucialmente un déficit en las funciones ejecutivas (Soliva, Vilarroya, 2009). En la década de los noventa la teoría neuropsicológica que fluía son las que postulaban la disfunción cognitiva formulada por Barkley (Barkley, 1997) en la cual involucraban los circuitos fronto-subcorticales. En los comienzos de la década de los 90 se comienzan a realizar investigaciones de las bases neurobiológicas del TDAH con la técnica de

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

resonancia magnética estructural centrada mayormente en la regiones fronto-subcortical, pero con el pasar del tiempo y los nuevos avances en la investigación ya se ha pasado de las áreas fronto-subcortical a áreas como los ganglios basales, el cerebelo y áreas pre-frontales. También estos estudios mostraron una gran reducción asimétrica frontal en niños con TDAH, como también anomalías en la cabeza del núcleo caudado. En esta revisión se mostrara los distintos hallazgos encontrados en estudios de TDAH con la técnica de resonancia magnética estructural.

Objetivo

Demostrar como la utilización de la Resonancia Magnética Estructural (RMe) en el TDAH ha dado paso a nuevas investigaciones de las bases neurobiológicas de dicha patología, como también a la creación de nuevas teorías sobre el funcionamiento del TDAH en niños. La utilización de esta técnica de neuro-imagen ha encontrado en la anatomía del cerebro humano ciertas anomalías provocadas por dicho trastorno neuro-conductual, cabe señalar los hallazgos encontrados en las diferencias de las regiones lobulares frontales, la cabeza del núcleo caudado y la reducción del cerebelo con menor asimetría ventricular. Dando pie a la validación de dicha técnica en el diagnóstico de dicha patología.

De esta revisión se pretende demostrar mediante estudios empíricos que estos hallazgos encontrados en la anatomía de niños con TDAH pudieran estipular una nueva forma de ver este trastorno desde una visión más clínica que se acerque en medida a una forma de contribuir al conocimiento social de esta patología.

Método

Con el fin de revisar a gran escala artículos relacionados de investigaciones validadas, se realizó una búsqueda informática tanto en Medline, como en Pub Med Central, utilizando revistas electrónicas como Neuropsicología, Psiquiatría, Biology Psychiatric y la revista Neurology.

Todas estas búsquedas se realizaron bajo el nombre de resonancia magnética estructural o por sus siglas en inglés (RM, RMe) y TDAH, ADHD, MRI y neuroanatomía del TDAH. Se obtuvieron 26 artículos originales, siendo la mayoría de estos estudios con muestras de niños con TDAH con muestras superiores a los 5 individuos. Todos estos artículos están basados en información que van desde los años 1996 hasta el año 2009. Estos estudios van desde investigaciones de las asimetrías cerebrales, estudios morfométricos del cerebelo, desarrollo estructural del área de los ganglios basales y reducciones de la materia gris y blanca. Todo esto en comparación siempre con grupos control y las investigaciones centradas en regiones de interés (ROI).

Resultados

Asimetrías Cerebrales

Las asimetrías cerebrales encontradas en niños con TDAH reflejaron una reducción del volumen cerebral en comparación con los niños control con una reducción de un 3.2 % que los controles (Castellanos y Acosta, 2009) esto fue observable en 49 niños con TDAH como también se observó una pequeña reducción de 2.7% en el área del cerebelo. En otro estudio de asimetría cerebral participaron 11 adolescentes con TDAH y 19 controles, se encontró que en personas normales hay una predominancia mayor del lóbulo frontal

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

derecho que el izquierdo y en pacientes con TDAH lo contrario (Fig. 1) (Pueyo, Mañeru, et al., 2000). Estos autores sugieren que esta disminución se debe a un fallo de corticalización de las funciones del núcleo caudado derecho. Estos fallos encontrados en estas áreas aportan evidencia empírica que el funcionamiento de las personas con TDAH se puede relacionar con problemas en la maduración cerebral. En el siguiente estudio (McAlonan, Cheung et al., 2006), se utilizaron 59 niños entre las edades de 6 a 13 años, siendo 28 con TDAH. Se hallaron diferencias volumétricas en las áreas de los ganglios basales, lóbulos frontales y lóbulo parietal. Se atribuyó que esto sucedía debido a excesos y déficits de materia gris o blanca, ya que en las distintas áreas mencionadas estas sobran o hacían falta.

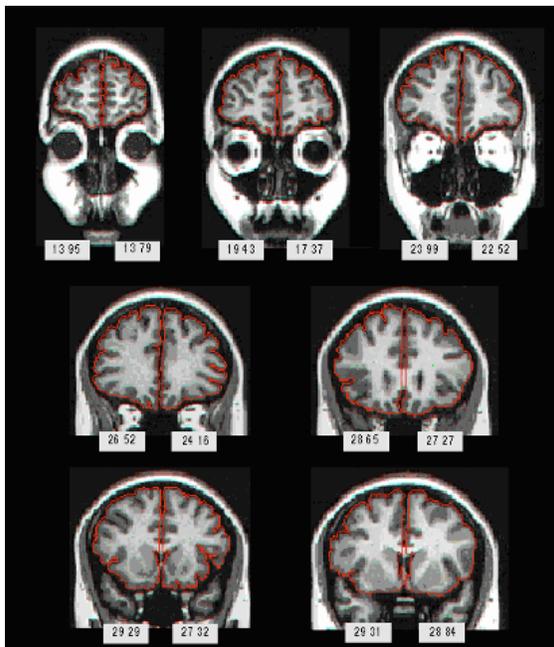


Figura 1. Imágenes de RMe, en las que presenta las áreas cerebrales derechas e izquierdas utilizadas para la medición del volumen cerebral de personas controladas.

Cerebelo

Tradicionalmente asociado con la coordinación motora de los movimientos, pero en reciente estudios realizados con la Resonancia Magnética Estructural se ha encontrado que también se encuentra implicado en acciones y funciones no motoras (Berquin, Giedd, et al., 1998). Estudios actuales han encontrado que en los volúmenes de los hemisferios cerebelosos hay una pequeña reducción (Fig. 2). A parte de esta reducción, los investigadores encontraron que los lóbulos postero-inferiores del vermis se encuentran también reducidos en niños diagnosticados con TDAH en comparación a un grupo control (Berquin, Giedd, et al., 1998). Para la confirmación del hallazgo del vermis, se hizo un estudio pequeño con 12 niños con TDAH en comparación con 19 niños controles para la confirmación de este. En el estudio de Berquin, Giedd, et al., (1998) se utilizaron 46 niños diagnosticados con TDAH entre las edades de 11 años 47 niños controles también de la misma edad. Los estudios mostraron que los niños con TDHA reflejaron una reducción de un 6.1% del volumen cerebral en comparación con el grupo control, un 3.8% de reducción del área cerebelosa y una gran reducción de un 11.5% de los lóbulos postero-inferiores todo esto siempre en contraste con el grupo control.

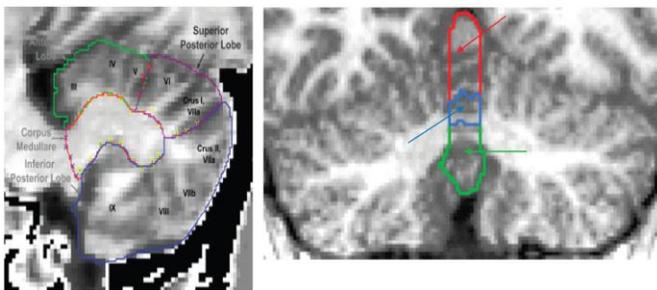


Figura 2. Imagen de RMe, en la cual se muestra el lóbulo del vermis cerebeloso con una reducción de volumen.

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

Ganglios Basales

Como parte de las investigaciones, también los ganglios basales se han visto afectados por la patología del TDAH en específico el núcleo de putámen y el núcleo caudado. En el estudio de Sylk, Vance, et al., (2009) utilizaron 15 jóvenes entre las edades de 8 a 18 años de edad con TDAH y 15 jóvenes control. El ROI de esta investigación lo fue la cabeza del núcleo caudado, el putámen y el tálamo en ambos hemisferios. En dicha investigación no se llegó a una conclusión concreta sobre si hay cambios o diferencias en las áreas de los ganglios basales debido a que los resultados obtenidos no demuestran una diferenciación notable en ambos grupos, la única diferencia encontrada lo fue en el núcleo caudado que se observó una trayectoria distinta de desarrollo de información en comparación con el grupo control. Castellanos (2002) comenta también que no se ha encontrado diferencias significativas en los ganglios basales, pero dice que en estudios de resonancia magnética funcional si se ha podido observar reducciones del flujo sanguíneo en el área del Putámen en niños con TDAH, pero como han sido muestras tan pequeñas no se ha podido darle veracidad a los hallazgos. En donde únicamente se ha podido observar una reducción del Putámen derecho ha sido en niños con traumatismo craneales cerrados (Castellanos y Acosta, 1999).

Sustancia Gris y Blanca

En distintos estudios se ha observado que también ocurren cambios en la sustancia gris y blanca del cerebro, en el estudio de McAlonan y Cheung, et al., (2006), estos utilizaron 56 niños entre las edades de 6 a 13 años, 28 diagnosticados con TDAH y 31 grupo control. Se encontró que había grandes déficits de sustancia gris en el hemisferio derecho, específicamente en el lóbulo pre frontal, el núcleo globo pálido y en el parieto

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

medial (Fig. 4^a). También se encontró menor sustancia gris en el interior del lóbulo parietal izquierdo, en la circunvolución superior occipital y en el vermis cerebeloso. En adición a estos hallazgos se toparon con que la sustancia blanca en estos niños con TDAH era menor en ambas áreas frontales como también en los lóbulos parietales, temporales y en el cuerpo calloso (Fig. 4b).

a

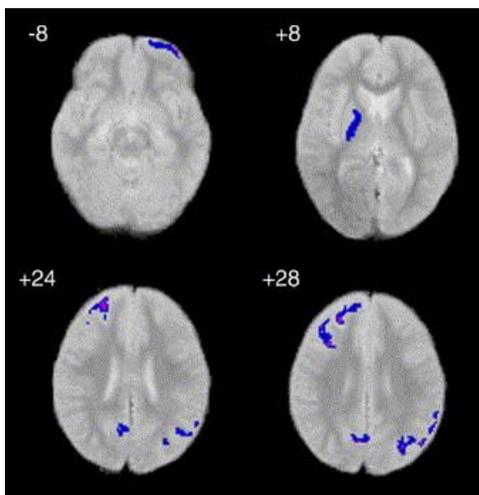


Figura 4. Imagen de RM voxel, en ella se muestra el déficit (azul) de sustancia gris en el hemisferio derecho, específicamente en el área de lóbulo pre-frontal, núcleo globo pálido y en zonas media del córtex parietal. La figura se encuentra a la inversa, el lado izquierdo de la imagen, representa el hemisferio derecho del cerebro.

b

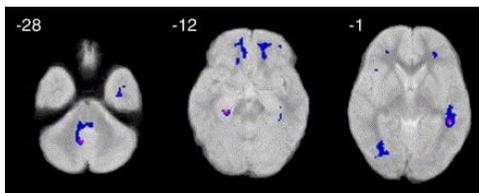


Figura 4b. Imagen de RM voxel, en ella se muestra el déficit (azul) de sustancia blanca de forma bilateral en la zona frontal, temporal y parietal del cerebro. La figura se encuentra a la inversa, el lado izquierdo de la imagen, representa el hemisferio derecho del cerebro.

Discusión

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) constituye una categoría diagnóstica que describe y agrupa niños, jóvenes y adultos con problemas persistentes para controlar la atención, impulsos y la actividad motora apropiada. Este trastorno, el cual afecta entre un 5% y un 10% de la población infantil en edad escolar, predomina en el sexo masculino a razón de 9:1 según los estudios. No parece estar vinculado a una función estricta y bien determinada, las evidencias clínicas, neuropatológicas así como los estudios neuropsicológicos, sugieren que un sistema complejo y múltiple tanto en lo neurobiológico como en lo cognitivo, afectivo y comportamental constituyen la base encefálica y psicológica de este trastorno. Tiene una evolución que mejora o remite parcialmente durante el trayecto del desarrollo o maduración de las personas. Los estudios utilizados en esta revisión sugieren que el origen del TDAH, podría deberse a anomalías en determinadas áreas del cerebro. El origen neurológico del TDAH sigue sin conocerse. Los datos estudiados hacen referencia a que los síntomas de esta enfermedad podrían ser secundarios a anormalidades o déficits en los circuitos de determinadas áreas cerebrales. Los estudios comprobaron que el volumen total del cerebro de estos niños es un 5.4% más pequeño en comparación con los niños controles, confirmado en los datos anteriores. Los estudios han detectado que el volumen total del cerebro y el cerebelo en estos niños es más pequeño que los grupo control, y que existen anomalías en el córtex frontal (área implicada en la atención, planificación y ejecución de tareas) y en los núcleos caudados base de la sustancia gris en el centro del cerebro, están relacionados con los procesos de atención, así como en el cuerpo calloso (fibras que conectan los dos hemisferios del cerebro). La sustancia gris era un 5.2% menor en los niños hiperactivos, directamente en las áreas del lóbulo frontal, el córtex cingulado

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

izquierdo, en el lóbulo parietal y en el cerebelo. Estas áreas están relacionadas con las áreas de atención, planificación y coordinación, funciones que ya se sabe que se encuentran alteradas en los niños con TDAH. Según Castellanos (2004), las hipótesis del origen anatómico del TDAH se ha centrado en el papel que desempeña la corteza pre-frontal en esta enfermedad, por los estudios de neuro-imagen se sabe que la corteza pre-frontal derecha es más grande que la izquierda, pero en niños con TDAH se observa la disminución de esta en donde los investigadores han correlacionado esta reducción a problemas en la inhibición de respuestas. También hay que tener en cuenta que no siempre en los niños con TDAH siempre tendrán la tendencia de que el córtex pre-frontal derecho es más pequeño que el izquierdo, ya que se encontró en un estudio, que en un paciente tenía el lóbulo pre-frontal derecho reducido pero se notaba que el pre-frontal izquierdo había tenido un aumento en su asimetría. En el área del cerebelo se encontró una reducción de su vermis cerebeloso como también en sus lóbulos postero-inferiores. El cerebelo está a cargo de las funciones de control de la coordinación motora y otras funciones no motoras. En niños con TDAH se ven alteradas estas funciones y como muestran las investigaciones, las alteraciones del cerebelo da paso a que haya problemas en las funciones cognitivas como la atención y el procesamiento del lenguaje. Estos niños presentaron déficit en la producción del habla, como déficits en el recuerdo visual, alteraciones ejecutiva y dificultades en la comprensión de situaciones sociales. También los estudios demuestran déficit en tareas motoras, de percepción, en la orientación de la atención espacial como también en la memoria de trabajo verbal (Berquin *et al.*, 1998). En el área de los ganglios basales las investigaciones dieron a conocer que algunos investigadores han notado diferencias volumétricas en la mayoría de los estudio, estos informan sobre de disminuciones del volumen y la pérdida de la asimetría, pero no se sabe a ciencia abierta si el núcleo caudado

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

es normalmente asimétrico y de ser esto cierto su asimetría favorecería al lado derecho o al izquierdo.

Se observo en las investigaciones que los niños con déficits en este núcleo, presentaron problemas en el control de la atención, en la memoria de trabajo como también en las funciones ejecutivas. El núcleo de putámen es una región de los ganglios basales que está asociado con las áreas motoras primarias y suplementarias, ya que se piensa que estas pueden contribuir a los síntomas motores del TDAH. Los estudios de volumen del putámen han mostrado resultados abiertos. En los estudios utilizados los investigadores no han encontrado diferencias importantes. Sin embargo un estudio reciente se encontró una disminución del flujo cerebral en el putámen en niños con TDAH, comparado con los niños controles. Varios investigadores de los estudios comentan que lesiones del núcleo de putámen, se asocia a padecer de TDAH. Estas anormalidades de los ganglios basales se pueden relacionar con la disminución de los síntomas motores del TDAH. Como también se observa ciertas reducciones y aumentos en la sustancia gris y blanca en el cerebro de estos niños con TDAH. La neurobiología del TDAH aun no ha sido muy clarificada, pero en los estudios realizados se observan anomalías en el sistema de atención mayormente en las regiones posterior temporales derechas, esto debido a que se observa disminuciones de la sustancia gris y blanca del cerebro en estos niños con TDAH. La sustancia gris y blanca en los niños con TDAH muestra reducciones en áreas como los ganglios basales, en la circunvolución superior frontal y en el cíngulo posterior (McAlonan *et al.*, 2007). Otros estudios han revelado una disminución de la sustancia gris en el giro frontal derecho y en el giro del cíngulo posterior derecho, así como en la sustancia blanca central izquierda. Trabajos anteriores ya habían encontrado una disminución de la sustancia blanca anterior derecha en los niños con TDAH. En los estudios analizados se observo que la sustancia gris

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

era más extensa en las áreas del hemisferio derecho, como también en el globo y en el córtex parietal medio y disminución de esta en las zonas del interior del parietal en el lado izquierdo y en el giro occipital superior. La sustancia blanca se vio reducida en las zonas frontales y temporales. Estos déficits no tienen relación alguna con la reducción del volumen cerebral en estos pacientes. Los niños estudiados presentaron problemas en las regiones implicadas con la atención, impulso- control y en la memoria de trabajo. Esto debido a las reducciones de las sustancias gris y blanca en el cerebro. Es por eso que estos niños presentan problemas en la atención sostenida, ya que para ello se activa el área prefrontal derecho en relación con el lóbulo parietal y el lóbulo occipital, y es en esas áreas en donde mayormente se observa reducciones de la sustancia gris en comparación con los otros niños normales. Pero no se puede llegar a una conclusión concreta sobre estos hallazgos ya que se carecen de muestras numerosas y no siempre estos hallazgos se presenta en los niños y si sucede hay veces que las disminuciones o elevaciones de sustancias no son muy distintas a los estándares. Un dato interesante dentro de las investigaciones revisadas es que mediante la utilización de la resonancia magnética, aparte de poder observar a nivel anatómico los déficits presentados en distintas áreas cerebrales, también se puede diferenciar los subtipos del TDAH (tipo desatento, tipo hiperactivo-impulsivo y el tipo combinado, según el DSM- IV-TR). Ya que mediante el proveer de pruebas neuropsicológicas y la técnica de resonancia magnética se observa las áreas de activación del cerebro. Dependiendo del tipo de prueba que se le esté pasando al paciente, se observa la región activada, dando paso a que se pueda diferenciar entre cada subtipo de TDAH por medio de la tarea realizada. En la persona con el subtipo de TDAH desatento se puede diferenciar las zonas implicadas ya que cuando estas personas se le ha pedido que realicen tareas en la resonancia magnética se ha visto la activación de zonas como el córtex

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

pre-frontal y dorsolateral, como también áreas del cerebelo. En el subtipo impulsivo-hiperactivo, se activan las áreas posteriores del cuerpo calloso como también áreas premotoras de la corteza pre frontal, áreas del lóbulo frontal, el córtex cingulado izquierdo, lóbulo parietal y el cerebelo. Estas áreas están relacionadas con las tareas de atención, planificación y coordinación. En el subtipo mixto se diferencia por las activaciones simultáneas de las áreas mencionadas anteriormente en tareas que requieran concentración o función motora. Estas diferencias y activaciones se pueden ver, cuando al paciente se le pasa una prueba neuropsicológica como el Stroop, Figura Compleja de Rey o el Wisconsin Card Sort Test, ya que la resonancia magnética mide la activación cerebral de las áreas empleadas en una tarea. Es importante recalcar, que a los pacientes con TDAH también se le suministran test de mayor complejidad y de componentes ejecutivos ya que estas áreas del córtex frontal se encuentran afectadas. Para ello se le suministran las pruebas de la Torre de Hanoi y el laberinto de Porteus. En el artículo de Dansilio (2004) se habla sobre el pobre rendimiento en estas pruebas, en un estudio realizado con 118 casos de pacientes con TDAH, se encontró que los pacientes que realizaron el Test de Stroop, tienden a tener mayor comisión de errores a tiempo normal. Los que realizan la Figura Compleja de Rey se observó alteraciones en la ejecución y en la copia de la figura. Los procesos de ejecución en personas con TDAH se encuentra en disfunción, al igual que presentan problemas de memoria de trabajo, problemas en la capacidad de auto regulación de las emociones y afectos y en el análisis de cómo planificar una tarea. El desarrollo de este proceso se produce a partir de los 2 años hasta los 4 años. El control atencional y las capacidades de auto-regulación son la base para el desarrollo adecuado del resto de los procesos ejecutivos. Los trastornos de esta área, resultan en una incapacidad para inhibir respuestas inapropiadas, también para completar tareas y ayudan en la producción de múltiples

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

errores. Estas habilidades están mediadas por las regiones pre-frontales derechas. Estos hallazgos son coherentes con la hipótesis aún no refutada de que el hemisferio derecho se desarrolla de una manera más precoz que el izquierdo, tanto en un sentido ontogenético como filogenético según Dansilio (2004). No se puede pasar por alto la investigación genética, la cual ha demostrado una disociación entre los genes vinculados a la inatención y aquellos asociados a la hiperactividad-impulsividad. En el artículo de Dansilio (2004), este hace mención sobre el estudio realizado por Waldman et al., en el cual proporcionan información acerca del alelo repetido-10 del gen transportador de dopamina (vinculado a los circuitos fronto-estriados), con el cual se asocia a la hiperactividad-impulsividad y con el sistema de atención como se pensaba (Waldman et al., 1998). Estos hallazgos generan una fuerte hipótesis de que el componente de impulsividad, se encuentra vinculado a la disfunción ejecutiva y a los lóbulos frontales. Daños en la corteza frontal suele estar asociada al origen de la impulsividad (subtipo de TDAH). La evaluación neuropsicológica es sumamente útil para determinación de los procesos comprometidos en el TDAH y, de forma secundaria para informar acerca de un modelo teórico sobre la afección. Sin embargo, no es el mejor instrumento (ya que carece de sensibilidad y especificidad) para realizar el diagnóstico clínico del TDAH, en todo caso se debe tomar en consideración los datos clínicos y otras formas de evaluación. A nivel neurobiológico las investigaciones tienden a demostrar de manera consistente fallos en lo estructural y funcional de las redes pre-frontales, sin olvidar que también están involucrados el núcleo caudado, la corteza temporal y el cerebelo, agregando el hecho de la reducción global del volumen encefálico.

Conclusión

La presente revisión muestra cómo el uso de la Resonancia Magnética Estructural ha servido de ayuda en el conocimiento de la neuroanatomía TDAH. Los estudios de Resonancia Magnética Estructural en su mayoría han sido de análisis volumétricos, dirigidos a las áreas de los ganglios basales, sustancia gris y blanca, cerebelo y volumen cerebral. Los hallazgos observados en los estudios utilizados muestran las diferencias neuro-anatómicas de los pacientes con TDAH en comparación con los pacientes controles. Las muestras utilizadas de niños no constituyen una muestra representativa de la población en general. Los hallazgos encontrados en los estudios muestran que existen diferencias volumétricas de los lóbulos frontales, núcleo caudado, aunque para este último siguen existiendo discrepancias entre los investigadores sobre el volumen real anatómico. También se habla de los déficits de la sustancia gris y blanca en la zona del cerebelo y de las implicaciones de estas en el TDAH. Los déficit de sustancias gris y blanca, han promovido expertos del tema realicen investigaciones sobre el tema, pero los resultados obtenidos en dichas investigaciones aun son discordantes en comparación a estudios previos. Por ende se necesitara mayor investigación y el uso de técnicas con tecnología más sofisticada para poder esclarecer la discordancia existente entre los resultados obtenidos con la resonancia magnética estructural.

El Cerebelo, sin embargo, ha sido una de las áreas que se ha tomando en consideración a la hora de realizar los estudios, ya que está relacionada con el TDAH, por ser el área anatómica que ha demostrado mayores variaciones volumétricas en relación con las otras áreas estudiadas. Cabe señalar los hallazgos observados en el vermis cerebral y en

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

los lóbulos postero-inferiores. Estos hallazgos son interesantes ya que este tiene que ver con los desarrollos de respuestas motoras y cognitivas en el cerebro humano.

Las anomalías mostradas en algunos estudios como el Cuerpo Caloso necesitan aun mayor investigación ya que están en la misma situación que las sustancias gris y blanca. Sin embargo, todos estos hallazgos no pueden utilizarse de forma concreta, ya que tienen el problema de que las muestras utilizadas no son representativas y no permiten la generalización de los resultados obtenidos. Frente a esta situación la gran mayoría de los autores hacen la recomendación de hacer estudios con muestras representativas de niños afectados con TDAH.

Otro problema que tienen estas investigaciones es el actual sobrediagnóstico de TDAH, que ha creado una sobrepoblación de niños diagnosticados y medicados en dicha patología. Esto se debe, en parte, a la mala utilización de las Clasificaciones de Trastornos Mentales DSM-III, DSM-IV y DSM-IV-TR, las cuales establecen ciertas diferencias a la hora del diagnóstico promoviendo que haya niños que estén diagnosticados con TDAH cuando en realidad no padecen de este trastorno.

A pesar de estos inconvenientes y la variabilidad de los resultados, las nuevas investigaciones siguen revelando información sobre la importancia de las estructuras neuroanatomías del TDAH, lo cual promueve que se sigan realizando nuevas investigaciones y que se desarrollen nuevas técnicas de neuro- imagen para el estudio de este trastorno, por ejemplo el PET-TC.

Referencias Bibliográficas

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

Artigas, Pallares, J. (2009). Modelos cognitivos en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Revista Neurología* 49, 587-593.

Berquin, P. C., Giedd, J. N., Jacobsen, L. K., Hamburger, S. D., Krain, A. L., Rapoport, J. L., Castellanos, F. X. (1998). Cerebellum in attention-deficit hyperactivity disorder: A morphometric MRI study. *Neurology* 58, 1087-1093.

Capilla, González, A., Fernández, González, S., Campo, P., Maestú, F., Fernández, Lucas, A., Mulas, F., Ortiz, T. (2004). La magneto encefalografía en los trastornos cognitivos del lóbulo frontal. *Revista Neurología* 39, 183-188.

Castellanos, F.X., Acosta, M.T. (2002). El síndrome de déficit de atención con hiperactividad como expresión de un trastorno funcional orgánico. *Revista Neurología* 35, 1-11.

Castellanos, F.X., Acosta, M.T. (2004). Neuroanatomía del trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Revista Neurología* 38, 131-136.

Cutting, L.E., Cooper, K.L., Koth, C.W., Mostofsky S.H., Kates, W.R., Denckla M.B., Kaufmann, W.E. (2002). Megalencephaly in NF1 Predominantly White matter contribution and mitigation by ADHD. *Neurology* 59, 1388-1394.

Dansilio, Sergio. (2004). Procesos Ejecutivos, Lobulos Frontales y el Espectro TDAH. *TDAH Journal* 23,1-28.

Durston, Sarah., Casey, B. J. (2006). What we have learned about cognitive development from neuroimaging? *Neuropsychologia* 44, 2149-2157.

- Durston, Sarah., Mulder, Martijn, Casey, B.J., Ziermans, Tim., Van, Engeland, Herman. (2006). Activation in Ventral Prefrontal Cortex is Sensitive to Genetic Vulnerability for Attention-Hyperactivity Disorder. *Biology Psychiatry* 60, 1062-1070.
- González, Garrido, A. A., Barrios, F. A., De la Serna, Tuya, J. M., Cocula, León, H., Gómez. Velázquez, F. R. (2009). Metilfenidato y memoria a corto plazo en mujeres jóvenes con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. Estudio de resonancia magnética funcional. *Revista Neurología* 48, 509-514.
- Hill, Dina. E., Yeo, Ronald. A., Vigil, Janet., Brooks, William. (2003). Magnetic Resonance Imaging Correlates of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children. *Neuropsychology* 17, 496-503.
- Jourdan, Moser, Sonya., Cutini, Simone., Weber, Peter., Schroeter, Matthias. L. (2009). Right prefrontal brain activation due the Stroop interference is altered in attention-deficit hyperactivity disorder – A functional near – infrared spectroscopy study. *Psychiatric Research: Neuroimaging* 173, 190-195.
- Konrad, Kerstin., Neufang, Susanne., Hanisch, Charlotte., Fink, Gereon. R., Herpetz, Dahlmann, Beate. (2005). Dysfunctional Attention Networks in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence from an Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Biology Psychiatry* 59, 643-651.
- McAlonan, Graine. M., Cheung, Vinci., Cheung, Charlton., Chua, Siew. E., Murphy, G.M., Suckling, John., Shing, Tai, Tai., Yip, Lawrence, K.C., Leung, Patrick, Pong, Ho, Ting. (2007). Mapping brain structure in attention deficit-hyperactivity disorder: A

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

- voxel-based, MRI study of regional grey and white matter volume. *Psychiatric Research: Neuroimaging* 154, 171-180.
- Miranda, A., Jarque, S., Soriano, M. (1999). Trastorno de hiperactividad con déficit de atención: polémicas actuales acerca de su definición, epidemiología, bases etiológicas y aproximaciones a la intervención. *Revista Neurología* 28, 182-188.
- Pueyo, R., Mañeru, C., Vendrell, P., Mataró, M., Estévez, González, A., García, Sánchez, C., Junqué, C. (2000). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad. Asimetrías cerebrales observadas en resonancia magnética. *Revista Neurología*. 30, 920-925.
- Silk, Tymohty, J., Vance, Alasdir., Rinehart, Nicole., Bradshawn, John. L., Cunnington, Ross. (2009). Structural development of the basal ganglia in attention deficit hyperactivity disorder: A difussion tensor imaging study. *Psychiatric Research: Neuroimaging*. 172, 220-225.
- Soliva, Vila, J. C., Vilarroya, Oliver, O. (2009). Aportaciones de la resonancia magnética estructural al esclarecimiento de la neurobiología del trastorno por déficit de atención/hiperactividad: hacia la identificación de un fenotipo neuroanatómico. *Revista Neurología* 48, 592-598.
- Van,t, Ent, D., Van, Beijsterveldt, C.E.M., Derks, E. M., Hudziak, D. I., Veltman, D. J., Todd, R. D., Boomsa, R. D., De Geus, E. J. C. (2009). Neuroimaging of response interference in twins concordant or discordant for inattention and hyperactivity symptoms. *Neuroscience* 164, 16-29.

Aportaciones de la Resonancia Magnética en el TDAH

Waldman .ID., Rowe, DC., Abramowitz A.(1998). Association and linkage of the dopamine transporter gene and attention-deficit hyperactivity disorder in children: heterogeneity owing to diagnostic subtype and severity. *American Journal Human of Genetic* 63, 1767-1776.

Yeo RA, Hill DE, Campbel RA (2003). Proton Magnetic Resonance spectroscopy investigationof the right frontal lobe in children with attention hyperactivity disorder. *Journal American Academy and Child & Adolescent Psychiatry* 42, 303-310.