

Andrés Cabezas Corcione [1]

Funciones no motoras del cerebelo y memoria implícita: una
revisión bibliográfica.

Non-motor functions of cerebellum and implicit memory: a
literature review.

Funções non-motor do cerebelo e memória implícita: uma revisão
de literatura.

[1] Universidad Autónoma de Chile, Sede Talca. Correspondencia remitir a: andrescabezas@acpp.cl.

Resumen

Esta monografía presenta una relación entre cerebelo y memoria implícita, planteando la posibilidad de que el cerebelo actúe como ejecutor de funciones no motoras, para lo cual, se revisarán las principales líneas de investigación que vinculan al cerebelo en sus funciones motoras y cognitivas, estudiadas por distintos autores, aclarando cómo se llegó a sostener la idea de que el cerebelo presenta una plasticidad estructural y funcional que posibilita ejecutar y algunas veces procesar funciones no motoras. Primero se analizará el estudio del cerebelo como ejecutor de funciones motoras, en sujetos y animales con ablación cerebelosa y lesiones focalizadas. Luego, se revisarán las posibles relaciones que puede tener el cerebelo en la ejecución de funciones cognitivas, las cuales se les denominará no motoras, aludiendo a esta nueva línea de investigación, sostenida por estudios de neuroimagen, los que no quedan exentos de críticas. Como tercer punto, se revisarán los modelos de memoria predominantes en la psicología cognitiva, los que permiten sostener una relación funcional del cerebelo en la memoria a largo plazo, específicamente, en la memoria implícita o no declarativa.

Palabras clave: Cerebelo; Funciones no motora; Memoria implícita; Memoria no declarativa; Ataxia cerebelosa; Síndrome cerebeloso

Abstract

This monograph presents a relationship between cerebellum and implicit memory, and raises the possibility that the cerebellum acts as executor of non-motor functions, for which, the main lines of research that link the cerebellum in motor and cognitive functions are reviewed. The study of different authors explains how they came to support the idea that the cerebellum has a structural and functional plasticity that enables execute and sometimes process non-motor functions. The first part analyzes the study of the cerebellum as executor of motor functions in patients and animals with specific cerebellar ablations and injuries. It is followed by a review of the possible relationships the cerebellum may have in the execution of cognitive functions, those defined as non-motor, and makes reference to this line of research, supported by neuroimaging studies, which are not exempt from criticism. The third point is an examination of the prevailing memory models in cognitive psychology, which allows sustaining a functional relationship of the cerebellum in long-term memory, specifically the non-declarative or implicit memory.

Key words: Cerebellum; Non-motor function; Implicit memory; Non-declarative memory; Cerebellar ataxia; Cerebellar syndrome

Resumo

A presente monografia estabelece uma relação entre o cerebelo e a memória implícita, propondo a possibilidade de que o mesmo atue como executor de funções não motoras, a partir de uma revisão das principais linhas de investigação que vinculam o cerebelo em suas funções motoras e cognitivas estudadas por distintos autores, logo clarificando como se chegou a sustentar a ideia de que o cerebelo apresente um tal nível de plasticidade estrutural e funcional, que possibilite executar - e algumas vezes processar - funções não motoras. Primeiramente, se analisará o estudo do cerebelo como executor de funções motoras, em indivíduos e animais com ablação cerebelosa e lesões localizadas. A seguir serão revistas as possíveis correlações que possa ter o cerebelo com a execução das funções cognitivas, às quais se denominará “não motoras”, aludindo a esta nova linha investigativa - sustentada por estudos de neuroimagem - aqueles pontos que não seriam isentos de críticas. Como terceiro ponto de estudo, serão revisados os modelos de memória predominantes na psicologia cognitiva, os quais permitem estabelecer uma relação funcional do cerebelo - na memória a longo prazo - e especificamente a memória implícita ou “não declarativa”.

Palavras chaves: Cerebelo; Funções não motoras; Memória implícita; Memória não declarativa; Ataxia cerebelosa; Síndrome cerebeloso.

El cerebelo o pequeño cerebro, palabra proveniente del griego *cerebellum*, ha sido objeto de estudio por más de 200 años por distintos campos; tales como la antigua frenología, anatomía, fisiología, histología, neurología, neurobiología, y desde hace tres décadas, por la neuropsicología y psicología cognitiva (García, 2008). Ya en el año 1892 Fusari era uno de los precursores de las líneas de investigación “exclusivas” sobre el cerebelo, en donde se le describía como una estructura relacionada estrictamente con el aprendizaje motor. Fusari estudió a un sujeto que padecía un deterioro significativo en las funciones inherentes al aprendizaje motor, las que se manifestaban en problemas de coordinación, equilibrio y hábitos -lo que actualmente es conocido como Ataxia Cerebelosa-.

El mencionado estudio de Fusari alentó a Schmahmann y Pandya, a realizar en el año 1989, estudios anatómicos con monos *Rhesus*, que tenían como propósito principal, relacionar el lóbulo parietal, punto basal y estructuras corticales, con el cerebelo. Estos investigadores utilizaron un proceso de aprendizaje de habilidades motoras para valorar la integración de estructuras cerebrales en el cumplimiento

de una tarea. Esta investigación evidenció una función de aprendizaje del cerebelo y no sólo de ejecución como se pensaba. Gall, por otra parte, planteó una tesis mucho más arriesgada y poco científica, afirmaba que el amor sexual se situaba anatómicamente en el cerebelo frente al lóbulo occipital, lugar donde supuestamente se encontraba el amor maternal, atribuyendo el carácter sexual y libidinoso con características estructurales. Gall concluía que el hombre, al poseer un cerebelo de mayor dimensión, presentaba mayor deseo que la mujer; tesis que fue refutada por muchos fisiólogos y patólogos, que demostraban la falsedad de tales afirmaciones, aclarando que la relación entre erección en las afecciones del cerebelo, son tan comunes como cualquier otra que se pueda observar en otras partes del encéfalo (Macklis, 1992).

Existe un acuerdo en la descripción anatómica y funcional del cerebelo, afirmando que este presentaría taxonómicamente tres grandes divisiones- comprendidas como una distinción filogenética que involucra más de una estructura-: el “arquicerebelo”, “paleocerebelo” y “neocerebelo”. Entendiendo que el arquicerebelo está compuesto por el lóbulo

floculonodular, vermis y núcleo vestigial; encargado del control del equilibrio. El paleocerebelo (lóbulo anterior, lóbulo simple, úvula, pirámides y lóbulos biventrals) está encargado del control postural y de la marcha, y como tercera estructura, el neocerebelo estaría compuesto por los hemisferios cerebelosos y el núcleo dentado, encargados del funcionamiento de los movimientos coordinados rápidos (Arriada et al., 1999), evidenciando nuevamente el imperioso lugar que ocupan las funciones motoras en estos estudios, relegando toda idea que guarde relación con funciones no motoras. De este modo tal arquitectura permite que, al referirse a lesiones cerebelosas, automáticamente se aluda a fallas en *coordinación, postura, tono, control de los movimientos oculares y movimientos finos*. Por lo tanto, esta parte del cerebro sería un regulador de la acción motora comandada por la corteza cerebral, por lo que su lesión no produce parálisis sino una grave alteración motora.

Uno de los estudios prominentes sobre cerebelo y funciones motoras, que generó un gran aporte científico al campo de las neurociencias, fue el que realizó Holmes en el siglo XX Este autor,

seleccionó a soldados heridos por heridas de bala o esquirlas durante la Primera Guerra Mundial, evitando la elección de personas con enfermedades genéticas o virales. Así, el único criterio de inclusión de Holmes fue: ablación cerebelosa. (McDonald, 2007).

Al estudiar detalladamente a estos pacientes, Holmes llegó a la conclusión de que todos mostraban patrones conductuales similares: Incoordinación motora, dificultad en la ejecución de secuencias motoras rítmicas y repetitivas, e incapacidad para calcular correctamente la distancia al blanco. Este cuadro actualmente se conoce como Ataxia (Nieto, Wollman & Barroso, 2004).

Cerebelo y funciones no motoras, críticas y aportes de la neuroimagen

Brodal (1978) realizó un estudio con monos Rhesus, utilizando técnicas de neuroimagen. Sometió a los monos a tareas cognitivas que no estuvieran relacionadas directamente con el aparato motor, evidenciando que sus respuestas no se alejaban de procesos cognitivos básicos.

En otro experimento se usó la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) en sujetos que realizaban una tarea de memoria episódica -omitiendo entradas y salidas que activaran funciones motoras- identificando la activación del cerebelo en tareas de recuperación de recuerdos relacionados con memoria episódica (Andreasen et al. 1999).

Los experimentos anteriormente señalados demostraban mediante el uso de técnicas de neuroimagen, cómo el cerebelo se veía implicado en tareas no motoras de aprendizaje y de fluidez verbal (Hubrich- Ungureanu, Kaemmerer, Henn y Brauss, 2002), llegando incluso a relacionarlo con el aprendizaje, pensamiento y emociones; mediante la activación de las zonas paralímbicas, arquicerebelo y vermis, planteando la hipótesis de una nueva topografía y arquitectura cerebelosa (Schmahmann, 1996).

El empleo de los métodos de neuroimagen y neurofisiología, para estudiar aspectos de fisiología y estructuras cerebrales relevantes para la cognición, han tenido un gran desarrollo los últimos veinte años por el incremento de técnicas, tales como: el registro de actividad neuronal, potenciales relacionados a eventos,

tomografía por emisión de positrones y resonancia magnética; que han sido un gran aporte y contribución para las neurociencias, no obstante, existen críticas por parte de Coltheart (1998), el cual postula la posibilidad de desarrollar teorías psicológicas sobre la cognición humana sin considerar procesos neurofisiológicos del cerebro y desechando la contribución de la investigación en neuroimagen funcional. Él argumenta, que las técnicas de neuromimagen que describen actividad en el cerebro en determinadas tareas, no pueden confirmar ni refutar la información sostenida en los modelos cognitivos. Otros autores, sostienen la visión de que la activación cerebelar en ciertas tareas, no tienen un rol fundamental y que las técnicas de neuroimagen, sólo arrojan datos de localizaciones, y con esto no se puede aseverar de la participación funcional (Glickstein 1993; Gómez-Beldarían y García-Mancó, 2000).

Aunque hayan pasado 40 años las técnicas de registro de actividad cerebral difieren, sin embargo las impresiones pueden seguir siendo fiables, como dice Shallice y Warrington -en el año 1970- la neuroimagen funcional, contribuye útilmente a la comprensión de los subsistemas cognitivos y las conexiones que están

implicadas en el desarrollo humano. Apoyando esta postura, Landis et al en el año 1974; evaluaron una serie de pacientes con síndrome olivopocerebelar, mediante la aplicación de cuestionarios sobre inteligencia verbal y no verbal, observando una relación directa entre la ataxia y los déficit cognitivos, los que aún no eran evidenciados por la neuroimagen, sino sólo de forma experimental: Esto orienta a afirmar que las técnicas de neuroimagen dan cuenta de activación frente a determinadas tareas que requieren el uso del cerebelo.

El estudio de Landis et al, permite comprender cómo el estudio del cerebelo en sus funciones no motoras recibe aportes y críticas desde distintas líneas de investigación, las cuales quedan al margen una vez que Schmahmann, profundiza en los estudios de la contribución del cerebelo en las funciones superiores (1991), llegando a proponer el síndrome cerebelar cognitivo afectivo. Esta sería una patología que va más allá de la ataxia y disartria tan conocida en los síndromes cerebelosos. Schmahmann genera uno de los más grandes aportes que ha recibido el estudio del cerebelo en los últimos veinte años; defendiendo y postulando

un cambio en la visión de la arquitectura funcional del cerebelo y aclarando que las funciones cognitivas superiores, -específicamente- aprendizaje y memoria; se ven determinados por la ejecución del cerebelo, el que debe ser estudiado, tanto por la psicología cognitiva como por las técnicas de neuroimagen.

Los planteamientos anteriormente señalados, permiten comprender el desacuerdo que existe en la literatura científica con respecto a un cerebelo moto o no motor.

Cerebelo y memoria, una relación posible desde la psicología cognitiva

Durante muchos años, la relación entre cerebelo y memoria ha sido articulada por distintos estudios -principalmente desde las neurociencias- utilizando como método principal la neuroimagen.

Innumerables autores (Desmond, Gabrieli, Wagner, Ginier y Glover, 1997; Grasby et al. 1994; Nyberg et al., 1996; Okuda et al., 2000; Paulesu, Frith y Frackowiak , 1993). se han detenido a investigar,

estudios relacionados con los siguientes elementos y funciones: retención de palabras en la memoria a largo plazo, correlaciones neuronales del componente verbal en la memoria de trabajo, el rol del cerebelo en la memoria episódica, activación cerebelosa y memoria de reconocimiento y aprendizaje motor y memoria procedimental, entre otros.

Existen modelos cognitivos de memoria y el rol del cerebelo en memoria sigue estos razonamiento y se han publicado estudios al respecto desde hace unos 40 años.

Desde los años 60', la psicología cognitiva se impone como paradigma de la psicología académica, incorporando la teoría del ordenador como modelo explicativo de los procesos psicológicos, en tanto describe sus funciones y estructuras desde una visión de mente como procesador de información independiente de su base física (Burín, 2002), lo cual responde a la definición de memoria como un proceso de *inputs* y *outputs*, vistos como retención, almacenamiento o codificación y recuperación. No obstante, el estudio de la memoria empieza a tomar fuerza con la integración

de teorías experimentales que buscaban describir y explicar a la memoria como varias memorias, dejando de existir la visión de memoria individual: Es así como Atkinson y Shiffrin (en 1968, en Spence 1968), describen tres estructuras: *la memoria sensorial*, *la memoria de corto plazo* (MCP en adelante) y *la memoria de largo plazo* (MLP en adelante), por las cuales transita información concebida como representaciones, las que están determinadas por una serie de procesos cognitivos y fisiológicos. A este modelo teórico se le denomina *Multicomponente* (Spence, 1968), el que es utilizado por algunos autores, al momento de proponer un cerebelo no motor implicado en la activación frente a tareas de recuperación en la MLP (Andreasen et al, 1995; Andreasen, 1999; Brodal, 1978; Okuda, et al. (2000).

Posterior a lo planteado por Spence en el 1968, Tulving y Thomson (1973) plantean que la memoria tiene un sustrato neuronal el cual es definido como *sistema de memoria no unitario* y lo subdivide en dos sistemas: *la memoria episódica* y *la memoria semántica*. La memoria episódica, se refiere

a aspectos autobiográficos, siendo un almacén de situaciones y eventos codificados en relación con el tiempo y el espacio; en tanto, la memoria semántica, es una memoria de información general, de hechos relacionada con nuestro lenguaje y conocimiento del entorno. Por otra parte este sistema de memoria, posee cualidades y características: duración, capacidad, tipos de representaciones y formas de codificación y recuperación -como lo plantean Sherry y Schacter en el año 1987- al afirmar que estos sistemas episódicos y semánticos, son producto directo de la interacción entre adquisición, retención y recuperación; siendo unos años después modificada en dos modalidades, la *memoria explícita* y *memoria implícita*.

La memoria explícita también denominada *declarativa* o *de reconocimiento*, se encuentra relacionada con la atención y estado de conciencia, posee como sustrato neurológico el hipocampo y la región del lóbulo temporal para la retención. La podemos dividir en *memoria episódica* o memoria para eventos y, en *memoria semántica* asociada a palabras, reglas y lenguaje (Schacter en Schacter &

Tulving 1995). A diferencia de la memoria explícita, la memoria implícita no se relaciona directamente con la atención y no depende del hipocampo, sino que de los sistemas motores y sensoriales; incluyendo los hábitos, habilidades, y los reflejos condicionados, siendo este el punto de convergencia entre cerebelo y memoria, como se puede apreciar en los estudios de sujetos con lesiones cerebelosas, los cuales tras presentar *ataxia* además de presentar trastornos del habla y de la lectoescritura, presentan problemas de recuperación en información de aprendizajes previos en la MLP (Klopper et al. 2011).

A lo anterior, se suman los estudios realizados por Baddeley y Hitsch (1974), los que fueron de suma importancia en cuanto a memoria de trabajo, redes neuronales y subsistemas implicados en la adquisición del lenguaje. Hoy en día estos autores son estudiados no sólo por neurólogos y psicólogos, sino que también por fonoaudiólogos, planteando como objeto de estudio a los escolares con trastorno específico del lenguaje (TEL), al presentar dificultades en la memoria de trabajo fonológica, manifestando problemas para procesar

palabras y logotomas, lo que también se puede apreciar en pacientes con síndrome cerebeloso, quienes son rehabilitados en su función del lenguaje y habla, por su dislalia y disartria (Martínez, Herrera, Valle y Vásquez, 2003).

El estudio experimental realizado por Andreasen et al (1995), tuvo como muestra un grupo de 33 sujetos obedeciendo a 2 condiciones: aprender 18 palabras, una semana antes del PET (para la condición de MLP), y otros tenían que memorizar 18 palabras 60 segundos antes del PET (para la condición de MCP). Para efectos experimentales, ambos grupos tenían que leer y memorizar otro grupo de palabras presentados en ese momento. Los resultados indicaron que se habían activado zonas prefrontales, biparietales, corticales y el lado derecho del cerebelo, planteando que el sustrato neurológico cerebeloso estaba implicado en la codificación, almacenamiento y recuperación de MCP y MLP. Por otra parte, Baddeley y Hirsch (1974), proponen el paradigma de la doble tarea, el cual consistía en que si un sujeto carga su memoria

al máximo, no podrá realizar otra tarea de forma eficiente, más allá de los límites que presenta este tipo de memoria. Esta memoria de trabajo, se compone de dos almacenes de MCP limitados: el de visualización espacial o visoespacial y el verbal. Es así como podemos comprender que los sujetos con síndromes cerebelosos, presentan problemas en la recuperación de información verbal y en la memoria de trabajo; no en su función ejecutiva, pero sí en su función fonológica (Schmahmann, 1996).

En el caso del aprendizaje y memoria en estos pacientes, se puede apreciar un gran deterioro en el funcionamiento de la *memoria implícita*, entendiéndose que es la información que nos permite regular habilidades motoras y preceptuales, "*priming*" semántico y perceptual y también nos permite habituarnos y aprender por condicionamiento clásico simple (Squire, 1992).

Cerebelo y Memoria implícita

James en el 1980 se refería a formas conscientes de organización cognitiva; utilizando el término memoria (primaria y secundaria) y en su libro *Principios de Psicología*, incluye la memoria y los hábitos, pero considerando al hábito, totalmente distinto a la memoria. Hoy, esta afirmación es totalmente errónea; debido a que la crítica en general, dispone a los hábitos directamente relacionados con la memoria y con el sustrato neuronal y funcional del cerebelo, lo cual en esa época era impensable.

La memoria implícita, no declarativa o procedimental, surge de la fragmentación entre la MCP y la MLP, dividiéndose en: memoria episódica y memoria semántica; memoria declarativa y memoria procedimental; y memoria explícita y memoria implícita (Ruiz-Vargas, 1994).

Es en los años '80, cuando surgen estos sistemas de clasificación de la MLP, Tulving (1983), la define como: *episódica, semántica y procedimental*;

Weiskrantz (1987) como *memoria de eventos, sistema de conocimientos y memoria asociativa*; Squire (1986) como *memoria declarativa y procedimental* por; Kinsbourne (1985), la define como *episódica y semántica*; Graff y Schacter (1985). Como *explícita e implícita*. Para estos autores, la memoria implícita es aquella que se revela cuando la ejecución de una tarea se ve facilitada en ausencia de recuerdo consciente, lo cual se ha visto demostrado en los experimentos de "priming" y en los estudios realizados sobre MLP, los que han sido relacionados con el cerebelo por Leiner, Leiner y Dow (1993), definiendo al cerebelo como un ordenador capaz de aportar en las habilidades motoras, sensoriales y cognitivas; estableciendo conexiones con regiones responsables de la ejecución y evocación del recuerdo implícito, basándose en principios neurales y sosteniendo que la información que llega a esta estructura desde el córtex cerebral, no sólo es ejecutada por el cerebelo sino también procesada por este.

Otra función del cerebelo en la memoria, es el aprendizaje asociativo de las palabras, aprendizaje de

laberintos táctiles y percepción de intervalos de tiempo entre estímulos; estudio que ha sido realizado por muchos autores (Galea et al. 2011; Carroza y Cornejo, 2003; Albright, Jesell, Kandel y Posner, 2000) con el fin de afirmar la relevancia del cerebelo en el aprendizaje por condicionamiento asociativo e instrumental en animales, en el que se sigue el mismo método y empleándose una misma tarea en dos grupos: uno que no presenta lesión y otro que sí, concluyendo en que el segundo grupo, debe realizar 25 veces más el mismo ejercicio para que se genere codificación en el aprendizaje (Albright, Jesell, Kandel y Posner, 2000).

Sin embargo, hace diez años existían autores que desconocían la participación del cerebelo en las funciones cognitivas, como podemos ver en el artículo *Cerebelo: más allá de la coordinación motora anatomía y conexiones del cerebelo*, publicado el año 2003 por Carrizosa y Cornejo, donde se afirma lo siguiente:

Se desconoce la función del cerebelo en la memoria a corto y largo plazo. Sin embargo, es una de las zonas que más se activan en las pruebas mnésicas:

lóbulo frontal derecho y algunas zonas biparietales (p.185).

Por el contrario Borden et al. (1994), afirma que los trabajos recientes indican que el cerebelo funciona directamente sobre la MLP, particularmente en la memoria implícita, siendo una de las estructuras que poseen mayor relación y rapidez al momento de asociar estímulos no conscientes en distintas tareas, razón por la cual este tipo de memoria se asocia al aprendizaje conductual de hábitos y habilidades motoras y entendiendo que el aprendizaje de cualquier tarea de carácter motor o que implique un almacenamiento y codificación no consciente, va a estar directamente relacionada con las estructuras que componen el cerebelo.

Cuando consideramos estas afirmaciones, es posible comprender el por qué los sujetos con lesiones y síndromes cerebelosos y extrapiramidales, suelen presentar problemas en la realización de ejercicios de evocación implícita, de asociación, o simplemente tardan mucho más en aprender una tarea

determinada (Wetmore, Mukamel & Schnitzer, 2008), lo cual no quiere decir, en ningún momento, que esos recuerdos implícitos se hayan suprimido o borrado. Por el contrario, están pero existe gran dificultad en recuperarlos. Esto genera muchas dudas sobre el funcionamiento de esta estructura primitiva como lo es el cerebelo, mientras a medida que pasa el tiempo y los estudios van profundizando el tema, pareciera que en vez de respondernos más interrogantes, planteara más de las que habían. Por ejemplo, un estudio más reciente realizado por Stoodley & Schmahmann (2010), demuestran que el cerebelo está implicado en dificultades de evocación y ejecución de tareas visoespaciales, en tanto sea ataxia, dismetría y disartria, generando problemas en el procesamiento cognitivo de las emociones. Timmann, Drepper y Frings (2009), demuestran que la región del hemisferio posterior lateral -específicamente el cerebelo lateral- está implicado en el condicionamiento del miedo, demostrado en un trabajo sobre memoria implícita.

Si recordamos la teoría postulada por Brewin y Daglaish (1976), sobre la *memoria accesible*

situacionalmente y la *memoria accesible verbalmente*, lo que actualmente satisface muchísimo a la explicación de la activación de la red de miedo en los pacientes que sufren trastorno de estrés post-traumático se entenderá que, al hablar de *cerebelo*, *memoria implícita* y *memoria accesible situacionalmente*, estamos refiriéndonos a formas cognitivas superiores de aprendizaje por asociación, que mediante los últimos veinte años de investigación, ha quedado en duda si el cerebelo siempre tuvo esa estructura y función, o si con el paso de los años, debido a la plasticidad neuronal y evolución filogenética, se fue generando un cambio estructural y funcional, involucrado en la asociación de estímulos en el aprendizaje y evocación implícita de habilidades y recuerdos de la MLP; o si no, ¿cómo podríamos explicar que una persona con lesión cerebelosa, sea incapaz de evocar recuerdos y aprendizajes que eran procesados y ejecutados de forma automática antes de sufrir tal lesión?

Conclusión

Hasta hace algunos años, los estudios experimentales que relacionan cerebelo con funciones no motoras, eran vistos como un objeto de estudio muy aislado por las neurociencias debido a que esta estructura siempre estuvo relacionada con funciones motoras. No obstante, los estudios experimentales acompañados de neuroimagen fueron consolidando los resultados y generando una nueva línea de investigación: la del cerebelo y sus funciones no motoras (cognitivas). La que utilizó como marco teórico y conceptual la metateoría predominante en la psicología académica -*la psicología cognitiva*- utilizada en esta monografía, para establecer los principales métodos de evaluación e interpretación del procesamiento cognitivo en pacientes con lesiones cerebelosas y aportando metodológicamente la articulación del cerebelo como ejecutor de funciones cognitivas.

Esta nueva rama, fue impulsando el interés de muchos autores en relacionar el cerebelo con atención, aprendizaje, lenguaje y los distintos tipos de memoria;

lo que permite afirmar mediante los estudios revisados, la relación directa entre el cerebelo y memoria implícita, sostenidos en este trabajo. Lo que aclara y responde directamente por qué pacientes con síndromes cerebelosos o con lesiones focalizadas presentan problemas de codificación, almacenamiento y evocación de información relacionada con este tipo de memoria, argumentándose que todos estos pacientes han presentado dificultades en la ejecución de evocación implícita que derivan en problemas de habilidades y aprendizaje previos, muchas veces relacionados con memoria de trabajo evidenciando la función ejecutiva del cerebelo sobre los procesos cognitivos relacionados a los distintos tipos de memoria. Esta idea plantea un quiebre en la descripción neurocognitiva de la lesión cerebelosa; dejando claro, que ataxia, disartria y dismetría; no son los únicos criterios que la definen, ya que estos se relacionan únicamente con funciones motoras. No obstante, esta nueva línea de investigación presenta ciertos límites, debido a que el principal método utilizado es la neuroimagen, que ha sido muy criticada, pues no ofrece respuestas concluyentes sobre

procesamiento o ejecución de tareas cognitivas, al ser considerada una técnica localizacionista y muchas veces relacionada a tokenism (práctica de inclusión limitada de miembros de un grupo minoritario), lo que de cierto modo puede generar polémica y un gran espacio abierto para las críticas. Esto puede implicar, que los estudios realizados con estos pacientes, no sean inclusivos desde la neurología y neuroimagen sino que también desde la neuropsicología, relevando al menos los aspectos funcionales y de rehabilitación de pacientes con lesiones cerebelosas a programas ocupacionales y de entrenamiento en memoria.

Received: 10/11/2014
Accepted: 13/04/2015

Referencias

- Albright, T. D., Kandel, E. R & Posner, M. I (2000). Neural Science: Review a Century of Progress and the Mysteries That Remain. *Neuron*. 25, 1-25
- Andreasen, N.C., Arndt, S., Alliger, R., Miller, D., & Flaum, M. (1995) Symptoms of schizophrenia: Methods, meanings, and mechanisms. *Archives of General Psychiatry*, 52, 341-351
- Andreasen, N. C., O'Leary, D. S., Paradiso, S., Cizadlo, T., Arndt, S., Watkins, G. L., et al. (1999). The cerebellum plays a role in conscious episodic memory retrieval. *Human Brain Mapping*, 8, 226–234.
- Arriada-Mendicoa N, Otero-Siliceo E, Corona T. (1999). Conceptos actuales sobre cerebelo y cognición. *Rev Neurol*, 29 (11):1075-1082
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Chapter: Human memory: A proposed system and its control processes. In Spence, K. W., & Spence, J. T. *The psychology of learning and motivation* (Volume 2). New York: Academic Press. pp. 89–195
- Baddeley, A.D. & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation*, Vol. 8 (pp. 47–89). New York: Academic Press
- Barrios, M y Guàrdia, J. (2001). Relación del cerebelo con las funciones cognitivas:
- Borden, L., Murali Dhar, T.G., Smith, K., Wieinshank, R., Brancheck, T., Gluchowski, C. (1994). Tiagabine, SK&F 89976-A, CI-966, and NNC-711 are selective for the cloned GABA transporter GAT-1. *European Journal of Pharmacology: Molecular Pharmacology*. 269 (2) 219-224
- Brewin, C. R. & Dalgleish, T. (1996). A dual representation of posttraumatic stress disorder. *Psychological Review*, 4, 670-686
- Brodal, P. (1978) The corticopontine projection in the rhesus monkey: origin and and Goodale. *The principles of organization. Brain* 101, 251–283
- Burín, D. I. (2002). Cognición y memoria: una visión neurocognitiva. *Subjetividad y procesos cognitivos*, 19-33
- Carrizosa, J.& Cornejo, W. (2003). ¿ Qué es la epilepsia refractaria? *Iatreia*, 16 (2), 63-67

- Carrizosa, J., Cornejo, W. (2003). Cerebelo: más allá de la coordinación motora Anatomía y conexiones del cerebelo. *Iatreia*, 16(2), 183-187
- Coltheart, M. (1999). Modularity and cognition. Citado En: Eynsenck, M.W., Keane, M. (2005). *Cognitive psychology*. New York: Psychology Press.
- Desmond, J., Gabrieli, J., Wagner, A., Ginier, B., Glover, G. (1997). Lobular patterns of cerebellar activation in verbal working-memory and finger-tapping tasks as revealed by functional MRI. *The Journal of Neuroscience*, 17(24), 9675-9685.
- Edinburgh: Maclachlan & Stewart
- Fusari. R. (1892). Caso di mancanza quasi totale de cerveletto. *Mem.RAccad. Sci Ins Bologna*, 2, 643, 58. Citado en: Arriada-Mendicoa N, Otero-Siliceo E, Corona T. (1999). Conceptos actuales sobre cerebelo y cognición. *Rev Neurol*, 29 (11):1075-1082
- Gall FJ, Vimont J, & Broussais JV. (1838) On the Functions of the Cerebellum.
- Glickstein, M. (1993). Motor skills but not cognitive tasks. *Trends in Nuerosciences*. 16(11), 450-451
- Gómez-Beldarian, M., García-Moncó, J.C. (2000). El cerebelo y las funciones cognitivas. *Revista de Neurología*, 30 (12), 1273-1276.
- Graf, P. & Schacter, D. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11(3), 501-518
- Grasby,P., Frith, C, D., Friston, K, J., Simpson, J., Fletcher, P, C., y Frackowiak, R, S, (1994). A graded task approach to the functional mapping of brain areas implicated in auditory—verbal memory. *Brain*, 117(6), 1271-1282
- Holmes, G. (1939). The cerebellum of man. *Brain* 62(1), 1-30. En Mc Donald (2007). Gordon Holmes lecture: Gordon Holmes and the neurological heritage, *Brain* 130(1), 288-298
- Hubrich- Ungureanu, P., Kaemmerer, N., Henn, F.A., & Brauss, D.F. (2002). Lateralized organization of the cerebellum in a silent verbal fluency task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience Letters*, 318, 91-94.

- Kinsbourne, M. (1985). Mechanisms of unilateral neglect. In: Jeannerod M, (Ed). Neurophysiological and neuropsychological aspects of spatial neglect. El Sevier (p. 69–86), Amsterdam.
- Klopper, F., Delatycki, M., Corben, L., Bradshaw, JL., Rance, G & Georgiou-Karistianis, N. (2011). The Test of Everyday Attention Reveals Significant Sustained Volitional Attention and Working Memory Deficits in Friedreich Ataxia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 196-200.
- Landis, DMD., Rosenberg, RN., Landis, SC., Shut, I., Nyhan, WL., (1974). Olivopontocerebellar degeneration. *Archives Neurology*.31, 295-307
- Leiner, H. C., Leiner, A. L. & Dow, R. S. (1993). Cognitive and language functions of the human cerebellum. *Trends Neuroscience*, 16, 444-495.
- Macklis, R.M. & Macklis, J.D. (1992). Historical y phrenologic reflections on the nonmotor functions of the Cerebellum: Love under the tent? *Neurology*, 42, 928-932
- Martínez, L., Herrera, C., Valle, J., Vásquez, M. (2003). Memoria de trabajo fonológica en preescolares con trastorno específico del lenguaje expresivo. *Psykhé*, 12 (2), 153-162
- Mediavilla, C., Molina, F., Puerto, A. (1996). Funciones no motoras del cerebelo. *Psicothema*, 8(3), 669-683
- Nieto, A., Wollman, T., Barroso, J. (2004). Cerebelo y procesos cognitivos. *Anales de Psicología*, 20(2), 205-221.
- Nyberg L, Tulving E, Habib R, Nilsson L-G, Kapur S. (1996). Functional brain maps of retrieval mode and recovery of episodic information. *NeuroReport* 7:249–52
- Okuda J, Fujii T, Yamadori A, Kawashima R, Tsukiura T, Fukatsu R, Suzuki K, Itoh M, Fukuda H. (2000). Participation of the prefrontal cortices in prospective memory: evidence from a PET study in humans. *Neuroscience Letter*. 253, 127–130
- Paulesu, E., Frith, C.D., Frackowiak, R.S. (1993) The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362- 3425.
- Ruiz-Vargas, J. M. (1994). *La memoria humana: Función y estructura*. Madrid: Alianza Editorial
- Schacter, D.L. (1995). Priming and multiple memory systems: perceptual mechanisms of implicit memory. En D.L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory Systems 1994* (p. 233-268). Massachusetts: MIT Press

- Schmahmann, J. D. (1996). From movement to thought: Anatomic substrates of the cerebellar contribution to cognitive processing. *Human Brain Mapping*, 4(3), 174–198.
- Schmahmann, J. D., Pandya, D. N. (1989). Anatomical investigations of projections of the basis pontis from posterior parietal association cortices in rhesus monkeys. *Journal of Comparative Neurology*, 289, 53-73
- Schmahmann, J.D. (1991). An emerging concept. The cerebellar contribution to higher function. *Arch. Neurol*, 48, 1178-1187.
- Shallice, T. & Warrington, E. (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22(2), 261-273.
- Sherry, D.F., & Schacter, D.L. (1987). The evolution of multiple memory systems. *Psychological Review*, 94(4), 439-454
- Squire LR. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99(3), 195–231
- Stoodley C.J. & Schmahmann J.D.. (2010). Evidence for topographic organization in the cerebellum of motor control versus cognitive and affective processing. *Cortex* 46 (7), 831-844.
- Timmann, D., Drepper, J., Frings, Maschke, M., Richter, S., Gerwig, F. P., et al. (2010). The human cerebellum contributes to motor, emotional and cognitive associative learning. *Cortex*, 46, 845-847.
- Tulving E. 1983. *Elements of Episodic Memory*. Oxford: Clarendon
- Tulving, E., y Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373
- Vargas, R. (1991). *Psicología de la memoria*. Madrid: Alianza.
- Weiskrantz, L. (1987). Neuroanatomy of memory and amnesia: A case for multiple memory systems. *Human Neurobiology*, 6(2) 93-105.
- Wetmore, D. Z., Mukamel, E. A. & Schnitzer, M. J. (2008). Lock-and-Key mechanism of cerebellar memory recall based on rebound currents. *Journal Neurophysiological*, 100, 2328-2347.