



ISSN: 0124-1265

Vol.16 N°1

Enero-Junio 2016

REVISTA

NEURO

Psicología,
Neuropsiquiatría
y Neurociencias

Rehabilitación Integral del Paciente con Daño Cerebral

Juan Carlos Arango-Lasprilla & Laiene Olabarrieta-Landa, editores
Número monográfico

Órgano oficial de:

Asociación Latinoamericana de Neuropsicología -ALAN-

Grupo de Neurociencias de Antioquia

Hispanic Neuropsychological Society

M

Modelos de Funcionamiento Ejecutivo y sus Implicaciones para la Rehabilitación: De lo Conceptual a la Clínica

Javier Tirapu Ustárroz

Neuropsicólogo clínico. Director técnico y científico de Fundación Argibide

Pilar Luna Lario & Pilar Hernández Goñi

Servicio de Rehabilitación Neurológica, Complejo Hospitalario de Navarra y Fundación Argibide. Navarra, España.

Beatriz María Ruiz García

Servicio de Psiquiatría. H.G.U. Morales Meseguer. Murcia, España.

Correspondencia: Javier Tirapu. Servicio Neuropsicología, Clínica Ubarmin. 31486 Elcano, Navarra, España. Correo electrónico: javitirapu@ono.com

Resumen

Introducción: En términos genéricos, las Funciones Ejecutivas (EF) hacen referencia a una constelación de capacidades cognitivas implicadas en la resolución de situaciones novedosas, imprevistas o cambiantes. Es decir, las funciones ejecutivas desde una perspectiva adaptativa y evolucionista son aquellos procesos mentales que nos permiten adaptarnos de manera flexible a entornos cambiantes. Anatómicamente, las EF se han vinculado al funcionamiento de los lóbulos frontales, más concretamente al córtex prefrontal. Nuestro objetivo tratar de estrechar la diferencia entre la investigación científica básica en el área de las funciones ejecutivas y la práctica clínica.

Desarrollo: Se revisan los principales modelos teóricos que han tratado de explicar las funciones ejecutivas como los modelos de constructo unitario, modelos de secuenciación temporal, la teoría integradora del córtex prefrontal, los modelos jerárquicos-funcionales y los modelos integradores razón-emoción.

Discusión: En este trabajo hemos intentado relacionar los diferentes modelos de funcionamiento ejecutivo con las implicaciones que estos modelos tienen para el diseño de programas de intervención y la implementación de programas de rehabilitación. Esto significa que incluso si ponemos nuestra confianza en la investigación en ciencias básicas y en los modelos de EF para lograr que el sujeto mejore (es decir, para producir la reparación estructural del cerebro dañado) debemos además que entender los principios subyacentes que permiten al cerebro ser cada vez más funcional. Es casi seguro que no hay ningún método de rehabilitación que por sí sólo sea adecuado

para todas las situaciones que se deben afrontar en el mundo real. De esta manera, es vital que la investigación en rehabilitación práctica y clínica continúe, y que los clínicos y teóricos compartan sus conocimientos, modelos e ideas entre ellos para continuar avanzando en este siempre complejo camino de la rehabilitación neurosicológica de las funciones ejecutivas.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, modelos constructo unitario, modelos secuenciación temporal, filtro dinámico, teoría integradora, modelos jerárquicos funcionales, modelos cognición-emoción, implicaciones rehabilitación.

Models of Executive Functions and their Implications in Rehabilitation: From a Conceptual Level to Clinical Practice

Summary

Introduction: In generic words, executive functions, refer to a group of cognitive abilities involved in the resolution of new (original), unexpected or changing situations. That is, executive functions, as an adaptative or evolutionary perspective, are all those mental processes that allow us to adapt in a flexible way to a changeable environment. From an anatomically perspective, executive functions, have been linked to the frontal lobes functioning, more specifically to the prefrontal cortex.

Development: A review of the most important theoretical models that try to explain the executive functions are made. They are the unitary construct models, temporary sequential models, and the integrative theory of the prefrontal cortex function, the hierarchical-functional models and the integrative cognition-emotion models. *Discussion:* We have tried to relate (connect) different models of the executive functioning with the implications that those

models have to the design of intervention programs and the introduction of those programs in the treatment. Nevertheless, our objective is getting to minimize the difference between the basic scientific research in the executive function subject and the clinical practice. In other words, even if we put our confidence in the basic science research to achieve the persons improvement (get better) (i.e., to produce the structural repair of the damage brain), he still has to understand underlying principles that allow the brain to be more and more functional. It is almost certain (true) there is not any rehabilitation method that it only be appropriate for all situations we have confront in the real life. Of that way, it is very important the research in practical and clinical rehabilitation to continue, and doctors and theorist share their knowledge, models and ideas with other people to improve in this always complex way.

Keywords: Executive functions, unitary construct models, dynamic filter, integrative theory, hierarchical functional models, cool models: cognition and emotion, implications for rehabilitation.

Introducción

Dentro de las funciones cognitivas de alto nivel –o funciones corticales superiores en la terminología de Luria (1974) –una de las que más profusión de artículos e investigación ha generado son las denominadas funciones ejecutivas (EF). Las funciones ejecutivas (EF) se han definido como los procesos que asocian ideas, movimientos y acciones simples y los orientan a la resolución de conductas complejas (Shallice, 1988). Lezak (1982)

define las EF como las capacidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y aceptada socialmente. A su vez, Sholberg y Mateer (1989) consideran que las EF abarcan una serie de procesos cognitivos entre los que destacan la anticipación, la elección de objetivos, la planificación, la selección de la conducta, la autorregulación, el autocontrol y uso de retroalimentación (feedback). El término EF es utilizado, pues, para hacer referencia a un amplio conjunto de habilidades cognitivas que permiten la anticipación y establecimiento de metas, la formación de planes, el inicio de las actividades, su autorregulación y la habilidad de llevarlas a cabo eficientemente. De forma sintética podemos concebir las EF como un conjunto de procesos cognitivos que actúan en aras a la resolución de situaciones novedosas para las que no tenemos un plan previo de ejecución.

Anatómicamente, las EF se han vinculado al funcionamiento de los lóbulos frontales, más concretamente al córtex prefrontal (Stuss & Knight, 2002). El córtex prefrontal realiza un control supramodular, a través de las EF, sobre las funciones mentales básicas localizadas en estructuras basales o retrorrolándicas (Cummings, 1993; Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes, & Pelegrín, 2002). No obstante, las EF no están únicamente relacionadas con el córtex prefrontal. Los avances en el campo de las técnicas de neuroimagen nos han ofrecido la posibilidad de “observar directamente” las bases neuronales de los procesos ejecutivos, mostrando que estos procesos son asumidos por circuitos o redes neuronales distribuidas más que por estructuras cerebrales discretas. Asimismo, los estudios de neuroimagen han permitido vincular diferentes componentes de las

FFEE con distintas áreas cerebrales, incluso dentro del córtex prefrontal, por lo que la equivalencia entre FFEE y córtex prefrontal precisa una revisión detallada. Stuss (2011) y Stuss y Alexander (2007) han planteado la diferenciación anatómica y funcional de los procesos que denomina energización, task setting y monitorización (a las que posteriormente ha añadido el control y regulación emocional y la metacognición).

En el contexto de la rehabilitación, la intervención sobre las funciones ejecutivas implica la mejora de la capacidad para organizar las secuencias de la conducta y orientarla hacia la consecución de los objetivos deseados (Sholberg & Mateer, 1989). Con este propósito pueden utilizarse una variedad de actividades, entre las que se incluyen aquellas cuya finalidad es la restauración de la función y otras cuyo fin sería la compensación de las mismas. El tipo de intervención vendrá dado por diferentes variables tales como el periodo de evolución en el que se encuentre el paciente. En este sentido, hay que señalar que en el periodo de rehabilitación post-agudo, o en aquellas personas que presentan graves alteraciones en las funciones ejecutivas, es aconsejable la introducción de técnicas compensatorias, iniciando la intervención con el entrenamiento en tareas específicas rutinarias (por ejemplo, enseñar al paciente un repertorio de conductas que le permiten ser más autónomo en su vida cotidiana), mientras que en la fase aguda se debe comenzar por técnicas de restauración intentando que el paciente pueda mejorar en los diferentes procesos implicados en un adecuado funcionamiento ejecutivo. Hay que considerar también que estos pacientes con alteraciones en funciones ejecutivas presentan serios déficits para guiar su

conducta en diferentes situaciones por una dificultad para responder adecuadamente a los estímulos, alteraciones en la atención, en la memoria o una limitada capacidad de autoconciencia. Parece razonable entrenar al paciente en el aprendizaje de secuencias de conducta altamente regulares como pueden ser aquellas que se precisan para asearse, vestirse, prepararse el desayuno u otras actividades básicas de la vida diaria. Otra aproximación a estas técnicas de compensación se basa en la reestructuración o modificación del ambiente para evitar distractores o situaciones potencialmente peligrosas. Entre los sistemas de ayuda pueden utilizarse relojes con alarma para el manejo del tiempo y las dificultades de memoria prospectiva o agendas para planificar las actividades diarias. En este sentido en la actualidad contamos con estándares de buena práctica que han recibido soporte y evidencia de su efectividad (Cicerone et al., 2000, 2005; De Noreña et al., 2010; Wilson, 2005; Wilson, Gracey, Evans, & Bateman, 2009).

La rehabilitación de las EF es un reto particularmente complejo. La alteración de estas funciones afecta a la capacidad del individuo para gobernar su vida y atender a las necesidades de los de su entorno (Muñoz-Céspedes & Tirapu-Ustárrroz, 2001). Por ello, no debe extrañarnos que los déficits ejecutivos constituyan un objetivo esencial de cualquier programa de rehabilitación neuropsicológica.

Sin embargo, aunque existen múltiples programas para la rehabilitación de EF (Cicerone & Giacino, 1992; Levine et al., 2001; Ponsford, 2004; Sholberg & Mateer, 1989; Von Cramon, Mates-Von Cramon, & Mai, 1991) dichos programas no siempre especifican los modelos sobre los cuales

basan sus intervenciones. En consecuencia, parece ser fundamental establecer las implicaciones que tienen los diferentes modelos teóricos de funcionamiento ejecutivo en el diseño de programas de rehabilitación. Es precisamente esto lo que trata de delimitar este artículo.

1) Modelos de constructo unitario

Las teorías de constructo único son aquellas que proponen un constructo cognitivo como “memoria de trabajo” o “inteligencia fluida” o “factor g” para explicar la función clave de los lóbulos frontales.

1.1. Teoría de la información contextual

En su *teoría de la información contextual* Cohen y Servan-Schreiber (1992) y Cohen, Braver y O'Reilly (1996) plantean que el papel fundamental del córtex prefrontal es representar internamente, mantener o actualizar la información del contexto. Así, en tareas de respuesta demorada, o en condiciones de interferencia, el mantenimiento de información relevante en la memoria de trabajo inhibe respuestas dominantes y favorece respuestas contextualmente relevantes.

Desde esta teoría, la rehabilitación de EF parece tener como meta mejorar la interpretación del contexto (cognitivo y social) en el que se desarrolla la conducta, mantener la representación mientras dura la demanda y cambiarla rápidamente para guiar la conducta. En consecuencia, este modelo parece enfatizar la rehabilitación de componentes ejecutivos como la memoria de trabajo, inhibición y flexibilidad cognitiva los cuales reflejan un único mecanismo operando en condiciones diferentes. Las intervenciones generadas por este modelo pivotarán sobre tareas de complejidad creciente de mantenimiento *on line* de la

información, control de distractores y paradigmas de cambio de criterio cognitivo.

1.2. Modelos de Memoria de Trabajo

Existen diversos modelos de memoria de trabajo, siendo el más conocido y aceptado el propuesto por Baddeley y Hitch (Baddeley 2000; Baddeley & Hitch 1974, 1994). Otros modelos a destacar son los planteados por Goldman-Rakic (Goldman-Rakic, 1984, 1988, 1998) y Petrides (Petrides 1994, 1998; Petrides & Milner, 1982;)

Frente al debate no resuelto en la actualidad de si la memoria de trabajo (MT) es equivalente a la memoria a corto plazo (MCP) o bien MT y MCP son memorias diferenciadas, autores como los reseñados en el epígrafe anterior plantean que la MT es un sistema limitado de mantenimiento y manipulación de información.

Las personas con una limitada memoria de trabajo pueden presentar déficit en otras funciones como la comprensión oral y escrita, el cálculo, el razonamiento y la solución de problemas (Baddeley, 1997). Sería conveniente dilucidar en la exploración neuropsicológica la alteración de la memoria de trabajo y la naturaleza de la misma. En la actualidad no contamos con instrumentos de evaluación de los componentes del sistema atencional supervisor de la memoria de trabajo que diferencien la afectación de sus diversos componentes. Así por ejemplo, Shallice y Burgess (1996), ha desarrollado importantes distinciones entre atención sostenida, cambio atencional y orientación, o Stuss (2011) ha diferenciado entre energización, control ejecutivo, regulación emocional y metacognición, o Ríos-Lago y Muñoz-Céspedes (2004) entre inhibición, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva, lo que sin duda ayudaría a adaptar las

estrategias de rehabilitación a cada paciente. Sin embargo, la mayoría de los programas de rehabilitación incluyen tareas de estimulación de la memoria de trabajo basadas en la repetición de elementos y su manipulación, siendo cuestionable la validez ecológica de las mismas.

En nuestra opinión y, desde una perspectiva más ecológica, la rehabilitación debería iniciarse analizando los fallos en la vida cotidiana del paciente debidos a déficit en la memoria de trabajo, continuar ensayando las técnicas seleccionadas en la consulta y en último lugar desarrollar las estrategias en el contexto natural. Así, la intervención en EF debe entenderse de forma dinámica y longitudinal planteando y priorizando en las primeras etapas, técnicas basadas en la restauración para ir pasando de forma paulatina a técnicas basadas en la sustitución y compensación, teniendo en cuenta siempre la etapa en la que se encuentre el paciente y las variables de pronóstico de la intervención. Algunas técnicas que se sugieren desde estos modelos de memoria de trabajo son la utilización del repaso subvocal para mantener la información en la mente, con intervalos de demora de la respuesta y número de distractores crecientes; la estimulación de la codificación elaborada y significativa de la información; el empleo de estrategias de organización de los datos; y el entrenamiento en estrategias de búsqueda de la información en la memoria a largo plazo.

Son varios los motivos por los que pensamos que los programas de rehabilitación deben necesariamente incluir desde el inicio y de forma intensa la rehabilitación de la memoria de trabajo cuando está alterada. En primer lugar y como se ha comentado, las limitaciones en

este tipo de memoria pueden comprometer otras funciones cognitivas, por lo que es necesario determinar su contribución para planificar la rehabilitación. Por ejemplo, las técnicas de solución de problemas pueden resultar ineficaces en un paciente que sea capaz de identificar el problema y generar alternativas, pero con una memoria de trabajo insuficiente para comparar las opciones y elegir la más adecuada, o para monitorizar los resultados de la puesta en marcha de la alternativa elegida. En segundo lugar, en la clínica se hace evidente que aquellas personas con un deterioro de la memoria de trabajo y una conservación de la consolidación de la información (déficit en las estrategias con conservación de los almacenes de memoria) presentan mayor discapacidad, mayor grado de dependencia y un peor pronóstico, que aquellas que no presentan una capacidad de almacenamiento esperable para su grupo de referencia pero conservan el uso de estrategias de codificación y recuperación de los datos en la memoria de trabajo. Por otra parte, los pacientes con el primer perfil parecen ser más conscientes del deterioro mnésico y presentan en consecuencia una mayor afectación emocional que puede entorpecer el proceso de rehabilitación. Además, diferentes estudios demuestran una estrecha vinculación entre la memoria de trabajo, la inteligencia fluida y la adaptación al entorno.

Según el modelo de codificación adaptativa (*adaptive coding model*) de Duncan (2001), el papel fundamental del córtex prefrontal es la representación temporal de la información relevante, por lo que la rehabilitación debe hacer hincapié en el desarrollo de la focalización selectiva en la información relevante para la tarea, inhibiendo otros contenidos cognitivos

distractores. Posteriormente, algunos autores como Goldberg (Goldberg, 2002; Tranel, Manzen, & Anderson, 2008) sostienen que el córtex prefrontal es la región cerebral que sostiene la inteligencia fluida, es decir, aquellas habilidades necesarias para adaptarse satisfactoriamente a estímulos desconocidos o bien situaciones cambiantes.

Desde el modelo de Goldberg (2002), la rehabilitación debe encaminarse a desarrollar la capacidad de “reconocimiento de patrones”, es decir de reconocer en un problema nuevo elementos familiares de forma que podamos resolverlo recurriendo a la experiencia previa. De este modo, se trata de estimular la capacidad de predecir cómo deberían ser las cosas para y, en base a ello, imaginar soluciones que lleven a una satisfactoria adaptación a los deseos y necesidades que se planteen. Así, la rehabilitación pivotará sobre el afrontamiento de problemas novedosos ante los que hallar soluciones llevando a cabo predicciones de las consecuencias a las que nos puede llevar cada una de las soluciones imaginadas.

2) Modelos de secuenciación temporal

2.1. Acontecimientos complejos estructurados

El modelo de Grafman (1995, 2002) no se centra en las operaciones que lleva a cabo el córtex prefrontal con la información procesada por regiones posteriores y subcorticales, sino en la naturaleza de las representaciones a la base de estas operaciones. Así, en su teoría representacional, plantea que el córtex prefrontal almacena acontecimientos estructurados en una secuencia particular de actividad que, por lo general, se orienta hacia un objetivo (acontecimiento complejo estructurado, SEC). Los SEC contienen la

información necesaria para solucionar un problema o lograr un objetivo y pueden ser específicos de una situación o más abstractos.

Los sujetos disecutivos normalmente no tienen problemas para reconocer y aplicar SEC rutinarios, es decir aquellos SEC que se encuentran en la memoria episódica (conductas localizadas en un tiempo y espacio concretos) o dependientes del contexto. Desde este modelo, su dificultad para hacer frente a situaciones novedosas se explica por la incapacidad de aplicar SEC independientes de contexto o abstractos (secuencias de eventos con un inicio, objetivos, acciones y final que no representan ninguna actividad específica).

Podríamos plantear que, desde este modelo, los objetivos de la rehabilitación para el síndrome disecutivo incluirían el reconocimiento de situaciones en las que aplicar SEC episódicos y dependientes de contexto (iniciar la conducta especificada por el entorno, persistir en la misma e interrumpirla según las necesidades), así como identificar situaciones nuevas en las que recurrir a SEC episódicos familiares o bien aplicar SEC más flexibles, independientes de contexto o abstractos con los que llegar a la solución de la situación. Ylvisaker y Feeney (2002), por ejemplo, realizan una revisión de las implicaciones de los modelos de funciones ejecutivas y su implicación en la rehabilitación de niños con daño cerebral y afectación de funciones ejecutivas concluyendo que: (a) a pesar de que una lesión cerebral puede afectar directamente a procesos ejecutivos de autorregulación, aspectos del medio ambiente y de la presencia o ausencia de comportamientos de apoyo de los demás puede reducir o ampliar el deterioro neurológico (b) las

intervenciones deben ser sensibles al contexto, (c) las rutinas diarias basadas en instrucciones y la interacción entre padres e hijos son el marco ideal para facilitar la mejoría de las EF, y (d) una función primordial de los especialistas en rehabilitación es ayudar a las personas modulando y organizando su apoyo su apoyo y su interacción diaria con los niños con discapacidad.

Grafman (1995, 2002) sugiere que las alteraciones del comportamiento en situaciones particulares pueden tener diferentes causas subyacentes (dependiendo de la localización de la lesión), y por lo tanto una rehabilitación "genérica" predice un resultado más restringido, por lo que cada situación-problema o conducta-problema, debe tratarse por separado. Así, su modelo fomenta una cuidadosa consideración de las exigencias precisas de las situaciones en las que los pacientes demuestren su deterioro y sugiere que podría ser difícil de predecir los avances que se van a producir en cada caso. En términos prácticos, las intervenciones derivadas del modelo de Grafman pueden ser fácilmente comprendidas por los miembros de la familia. Este autor sugiere que la rehabilitación de una actividad (deteriorada) tiene un *"rango medio de frecuencias dentro la experiencia del paciente. Esto le da al paciente una cierta familiaridad con la actividad, pero la actividad no es tan simple."* Sugiere capacitación con métodos de modificación de conducta, trabajando en actividades específicas de la vida diaria del paciente. El refuerzo positivo, la extinción y el coste de respuesta son técnicas conductuales que se han demostrado eficaces para disminuir la frecuencia y la duración de las alteraciones conductuales tras un daño cerebral adquirido (DCA). La

economía de fichas es una técnica que se ha utilizado satisfactoriamente en sujetos con DCA y severas alteraciones de conducta. Una modificación de la misma consiste en dar al sujeto un número de fichas que podrá cambiar un tiempo después por los reforzadores previamente establecidos y que perderá si aparecen conductas inapropiadas; durante el intervalo de tiempo hasta que las fichas puedan cambiarse (período de tiempo que podemos ir incrementando), el profesional (o el familiar entrenado) avisa al sujeto de la aparición de las conductas problema y le recuerda que va a perder el refuerzo si no muestra un comportamiento adecuado. Con esta modificación se pretende: 1) facilitar que el sujeto dirija la atención hacia aspectos de su comportamiento que no está monitorizando, 2) dar un feedback explícito, 3) no sobrecargar la memoria de trabajo, 4) favorecer el aprendizaje procedimental y 5) incrementar la autoconciencia.

Los sujetos con lesiones prefrontales cometerían errores de orden en la ejecución de un SEC, si bien podrían llevar a cabo fragmentos de la secuencia a partir de la recuperación de eventos almacenados independientemente. Por ello, las metas de la rehabilitación incluirían el reconocimiento de situaciones en las que recuperar SEC almacenados previamente, su persistencia e interrupción, todo ello en un determinado orden temporal, lo que implicaría el trabajo sobre cuatro procesos básicos: el control de los distractores (inhibición), el mantenimiento en mente de la meta (memoria de trabajo), la preparación del organismo para la acción (set preparatorio) y la monitorización del proceso de cara a realizar los ajustes oportunos en función de la consecución del objetivo (mecanismo de supervisión).

En un intento de facilitar el entrenamiento de estos procesos, planteamos que éstos sean trabajados en rehabilitación de forma independiente y luego proceder a su integración. De esta forma, empezáramos por entrenar la detección de las situaciones en las que implementar la conducta o SEC, posteriormente el mantenimiento en mente del objetivo, después la detección de errores respecto al plan propuesto y, en último lugar, el ajuste de los mismos. Conviene también jerarquizar la complejidad de diferentes elementos, como el número de demandas, de distractores o de ajustes requeridos, así como también proveer al sujeto de un feedback constante sobre su ejecución para espaciarlo conforme avance en la adecuación de la conducta.

2.2. Organización temporal de la conducta [Fuster]

Otro modelo de EF que considera como central la organización temporal de la conducta es el de Fuster (1989). Según este modelo, el papel fundamental de la corteza prefrontal es la organización temporal mediante la coordinación de tres funciones subordinadas: (1) memoria retrospectiva a corto plazo provisional; (2) memoria prospectiva de planificación de la conducta y (3) control y supresión de las influencias internas y externas capaces de interferir en la formación de patrones. En una formulación posterior el propio Fuster ha postulado la existencia de una representación jerárquica en la mediación del lóbulo frontal en la ejecución de las acciones, en el que la corteza prefrontal actuaría a través de la distribución de redes de neuronas cuya actividad puede verse 'limitada' por la coincidencia temporal de la actividad y el input a través de tres funciones cognitivas básicas: la memoria de trabajo para una acción prospectiva, la selección y preparación de una conducta o

acto motor particular y el control inhibitorio para suprimir interferencias. Según su formulación, la organización temporal de la conducta se basaría en cuatro procesos: control inhibitorio, memoria operativa, set preparatorio y un mecanismo de supervisión.

Siguiendo la argumentación expuesta en el modelo anterior, consideramos que la rehabilitación de la capacidad de estructurar temporalmente la conducta debe realizarse atendiendo en un primer momento a cada componente por separado y, posteriormente, ir ensamblándolos sin perder de vista que el aprendizaje se verá beneficiado si comenzamos por demandas sencillas.

3) Teoría de filtro dinámico

Shimamura (2000) propone que la corteza prefrontal es la responsable de controlar y monitorizar la información, procesándola a través de un proceso de filtrado. Según este autor, cuatro aspectos del control ejecutivo caracterizan el proceso de filtrado de la información: selección (focalización de la atención en las características perceptuales o representaciones de la memoria que se activan), mantenimiento (mantener activa la información seleccionada), actualización (modulación y reordenación de la información en la memoria de trabajo) y redirección (alternancia de filtros)

Baldo y Shimamura (2002), están especialmente interesados en cómo el déficit en el control que la corteza prefrontal lleva a cabo a través de la activación e inhibición de pautas de actividad, afecta a dominios cognitivos como la memoria: metamemoria, memoria de trabajo, memoria del contexto, memoria prospectiva y estrategias aprendizaje (codificación, monitorización y recuperación)

Los pacientes con problemas más relacionados con la regulación de la cognición (lesión en corteza prefrontal dorsolateral, CPFDL) o de las emociones (lesión en corteza orbito frontal, COF), habitualmente tienen la sensación de estar abrumados por contenidos mentales, desorganizados, puesto que la CPF no puede imponer un control sobre información que le sirven las regiones posteriores del cerebro.

El entrenamiento en procesos de selección y aplicación de filtros adecuados a través de la inhibición de la interferencia, el mantenimiento o la persistencia de la acción ignorando distractores, la manipulación de los datos en la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva a través de la alternancia entre filtros, son los subcomponentes de las funciones ejecutivas sobre los que pivotaría la rehabilitación de las funciones ejecutivas desde este modelo teórico. Este modelo tiene importantes implicaciones para la rehabilitación de pacientes con problemas de memoria de tipo "frontal". En estos pacientes trataremos de restablecer o compensar el control que el córtex prefrontal ejerce sobre el almacenamiento mnésico, a cargo del sistema temporal-medial.

En el año 1986, Norman y Shallice presentaron un modelo teórico de la atención en el contexto de la acción, donde el comportamiento humano se mediatiza por ciertos esquemas mentales que especifican la interpretación de las entradas o inputs externos y la subsiguiente acción o respuesta. Para ello, proponen un sistema estructurado en torno a un conjunto de esquemas organizados en función de secuencias de acción que se hallan preparadas a la espera de que se den las

circunstancias necesarias para actuar. Distinguen además entre procesamiento automático y controlado.

Los pacientes que padecen un síndrome disejecutivo no tienen problemas para desarrollar una conducta automática, involuntaria, producto del aprendizaje o elicitada por estímulos externos. También pueden llevar a cabo conductas rutinarias complejas que pueden resolverse a través de varios cursos de acción (varios esquemas activados simultáneamente), puesto que en estas circunstancias el dirimidor de conflictos actúa de forma inconsciente seleccionando la mejor opción e inhibiendo otras respuestas menos adecuadas. Sin embargo, sí tienen dificultades para resolver demandas en las que recurrir a los esquemas no es suficiente, son nuevas, o no están elicitadas por estímulos ambientales, que requieren poner los recursos atencionales al servicio de la acción, conscientes o deliberadas, para las que es necesario la participación del sistema atencional supervisor (SAS, conceptualmente análogo al sistema ejecutivo central), como son: planear y tomar decisiones, situaciones nuevas o complejas, secuencias de acción mal aprendidas o en las que aparecen elementos nuevos o situaciones que precisan superar un hábito sobreaprendido. Los autores han indicado más recientemente (Shallice & Burgess, 1996) que el SAS no es una entidad única, sino que participa en varios procesos: memoria operativa, monitorización, rechazo de esquemas inapropiados, generación espontánea de esquemas, adopción de modos de procesamiento alternativos, establecimiento de metas, recuperación de información de la memoria episódica y como marcador para la realización de intenciones demoradas.

Desde este modelo, pueden plantearse como objetivos de la rehabilitación: el control estimular o lograr que las de situaciones se hallen especificadas por el ambiente (rutinas), la creación de mecanismos de retroalimentación sobre la adecuación de los esquemas seleccionados a la demanda de la tarea y el entrenamiento en solución de problemas. Más detalladamente, las implicaciones de este modelo para la estimulación y rehabilitación de las funciones ejecutivas son:

- a) Para cada etapa del proceso de solución de problemas se requieren procesos cognitivos básicos coordinados como los siguientes: habilidades atencionales para "percibir" que un problema existe, memoria episódica y semántica para acceder al almacén de referencia de acciones potenciales, memoria de trabajo para mantener y manipular "on line" la información y evaluar soluciones alternativas.
- b) Deben tenerse en cuenta los factores motivacionales y emocionales.
- c) En la rehabilitación estarían implicados los cuatro procesos siguientes: supervisión en línea o conciencia de la existencia de un problema, supervisión/evaluación de la puesta en práctica del plan, desarrollo de un plan de acción, iniciación y puesta en práctica de la acción o traducción de la intención en acción.
- d) El sujeto puede presentar incapacidad para utilizar habilidades cognitivas básicas con pérdida de control sobre la conducta y el pensamiento.
- e) La conducta está bajo el control del primer impulso que viene a la mente o de esquemas que ya han sido activados.

- f) Puede existir una carencia de monitorización por fallo del SAS y el output de un sistema activado no puede ser inhibido por lo que el sujeto emitirá respuestas perseverativas y estereotipadas.
- g) Incapacidad para anticipar las consecuencias a través de ensayos mentales generados internamente que operan como simuladores de las posibles acciones. .
- h) Debemos asegurar que el paciente no se implique en situaciones en las que esquemas inapropiados puedan ser activados ya que su conducta será inapropiada al contexto y errática.
- i) Al principio debemos retirarle de circunstancias en las que debe poner en marcha el SAS para que opere con el dirimidor de conflictos fomentando situaciones muy bien delimitadas por estímulos externos.
- j) Uno de los objetivos de la estimulación es incrementar la efectividad del SAS o lograr que las situaciones se resuelvan con el dirimidor de conflictos. Esto se concreta en aumentar las rutinas conductuales en ambientes de baja incertidumbre (predecibles, implícitos y aprendidos) y en los que no haya que generar lenguaje interno.

4) Teoría integradora de la corteza prefrontal

Para Miller y Cohen (2001), a través de las conexiones recíprocas que mantiene la corteza prefrontal con áreas sensoriales, regiones motoras y estructuras subcorticales, ésta desempeña un papel destacado en el mantenimiento de pautas de actividad que representan objetivos y los medios para conseguirlos

Los sujetos con lesiones en la corteza prefrontal no tienen problemas en manifestar comportamientos simples o automáticos, generalmente innatos o desarrollados gradualmente por la experiencia, en gran parte rígidos, inflexibles; pero sí cuando la conducta está guiada por estados internos o intenciones, es decir, en aquellas situaciones en las que los mapas entre estímulo-respuesta son débiles, variados o cambian con rapidez, en las que es necesario recurrir a representaciones de metas y medios para alcanzarlas.

En primer lugar, gracias a sus conexiones con estructuras corticales y subcorticales, en la corteza prefrontal converge la información del resto del cerebro a través de circuitos relativamente locales. En segundo lugar, el cerebro posee la plasticidad necesaria para establecer nuevas asociaciones y conexiones sinápticas que posibilitan el aprendizaje y la flexibilidad del comportamiento. Además, se ha demostrado cómo el *feedback* de la corteza prefrontal proyecta los objetivos generales por todo el cerebro (Arnsten, Paspalas, Gamo, Yang, & Wang, 2010). Finalmente, esta región mantiene en el tiempo el patrón de actividad neuronal que sustenta el objetivo inhibiendo la interferencia y favoreciendo la anticipación así como la planificación de la conducta.

Desde la aproximación propuesta por Miller y Cohen (2001) en la rehabilitación del paciente disejecutivo debemos crear rutinas, es decir, situaciones en las que las asociaciones estímulo-respuesta sean habituales y fuertes, además de adecuadas, puesto que la corteza prefrontal se encarga de favorecerlas a través de la representación neuronal de metas y reglas que configuran el procesamiento en otras

partes del cerebro. La importancia de las rutinas como conductas que se traducen en secuencias motoras es importante porque el componente motor del aprendizaje produce fuertes ensamblajes celulares y perdurables si se utilizan con frecuencia. Además, en situaciones no familiares, en las que cada opción de respuesta genera un modelo de actividad en la corteza prefrontal, debemos procurar a través de estrategias como el aprendizaje sin error (Wilson, Emslie, & Evans, 2001), el modelado o el aprendizaje de elecciones de la opción más correcta en función de la representación interna del objetivo que el sujeto aprenda una serie de conductas que le permitirán actuar de forma eficaz en situaciones similares en el futuro. Señalar la importancia del aprendizaje sin error en la adquisición de nuevos repertorios conductuales ya que la comisión de errores actúa como interferencias que contaminan y que enlentecen los procesos de adquisición de las habilidades, al actuar como intrusiones en el aprendizaje de la conducta diana. La estimulación de procesos cognitivos como la inhibición, la actualización de objetivos, la monitorización y ajustes del control cognitivo que requiere la demanda o tarea, la ejecución dual y la planificación de la conducta, serían objetivos de la rehabilitación de la disfunción ejecutiva desde este modelo teórico, tanto si la disfunción se da a nivel social o emocional por daño en la región orbitofrontal, como si se da a nivel cognitivo por lesión en el área dorsolateral de la corteza prefrontal.

5) Modelos jerárquico-funcionales del córtex prefrontal

5.1 Hipótesis sobre el eje rostrocaudal del córtex prefrontal

Christoff, Ream, Geddes y Gabrieli (2003) plantean que el córtex prefrontal se estructura funcionalmente de forma jerárquica partiendo de la premisa de que los procesos de razonamiento se basan en la manipulación de información en diferentes niveles de complejidad. Para estos autores es posible diferenciar procesos y componentes del razonamiento y relacionarlo con subregiones diferenciadas del córtex prefrontal. En un estudio con RMf, en el cual utilizan pruebas basadas en las matrices progresivas de Raven, concluyen que el incremento de dificultad en las pruebas se relaciona con una mayor activación en el córtex prefrontal rostralateral. Este resultado sugiere que los procesos de integración de múltiples relaciones complejas se asocian con la manipulación “abstracta”, lo que precisa de la generación interna de información.

En un metaanálisis basado en la literatura existente sobre neuroimagen y razonamiento, Christoff et al. (2003) hallan diferencias entre dos subregiones frontales (frontal dorsolateral y rostralateral) en cuanto a su contribución a los procesos cognitivos complejos. El córtex prefrontal dorsolateral se activa cuando la información externa está siendo evaluada, mientras que el córtex prefrontal rostralateral se activa cuando la información generada internamente es evaluada (Burgess, 2011; Burgess, Gonen-Yaacovi, & Volle, 2011). Trabajos posteriores confirman que el córtex prefrontal rostralateral está implicado en la evaluación de la información generada internamente (información que no se percibe en el entorno y que generamos para resolver una situación). El modelo de Christoff guarda una estrecha relación con la hipótesis de la entrada (en inglés, *gateway hypothesis*) de Burgess, Gilbert y Dumontheil (2007). La propuesta de

Burgess y colaboradores parte de cuatro asunciones básicas e interconectadas: a) algunas formas de cognición son provocadas por experiencias perceptivas (i.e., el *input* a través de sistemas sensoriales básicos), mientras que otras formas de cognición ocurren en la ausencia de *input* sensorial; b) algunas representaciones centrales son activadas por ambas (cuando percibe un estímulo externo o cuando simplemente lo imagina); c) es probable que exista un sistema cerebral que puede determinar cuál es la fuente de activación (externa o interna) de cada representación central que denominan la entrada atencional supervisora (SAG, del inglés "*supervisory attentional gateway*") y d) el córtex prefrontal rostral juega un importante papel en este mecanismo. Asimismo, este modelo asume las premisas del modelo de Norman y Shallice referido anteriormente.

Burgess et al. (2007) utilizan el término "orientado por el estímulo" para referirse a cualquier cognición que es provocada o se orienta hacia estímulos externos al cuerpo. Esta forma contrasta con el pensamiento independiente de estímulo, que es cualquier cognición que no ha sido provocada, o no es dirigida hacia un estímulo externo. Un ejemplo obvio sería cuando "soñamos despiertos" pero existen otros como la introspección, o el pensamiento creativo. Estos autores sostienen que las regiones laterales y mediales del córtex prefrontal rostral (CPFR) son diferencialmente sensibles a los cambios en las demandas a estos dos tipos de respuestas. En concreto, el CPFR medial se relacionaría con la atención orientada a estímulos y el CPFR lateral apoya los procesos relacionados con la atención independiente de estímulos. Los modelos de Christoff y Burgess plantean un aspecto fundamental y nuclear en el

funcionamiento ejecutivo en la vida cotidiana como es la importancia del manejo de la información internamente a la hora de generar y guiar secuencialmente una conducta. En la práctica clínica es muy frecuente ver a pacientes (Roca, Torralva, Gleichgerricht, Woolgar, Thompson, & Duncan, 2011) que son capaces de guiar su conducta si esta es orientada por guías externas o por instrucciones dadas desde un agente externo pero no generan conductas auto iniciadas lo que podría guardar relación con esta incapacidad para generar guías internas de actuación, o bien, pacientes impulsivos que no pueden controlar su conducta bajo comandos internos de instrucciones.

En este sentido, algunos programas han enfatizado la importancia del entrenamiento en autoinstrucciones o instrucciones internas para llevar a cabo una adecuada rehabilitación de las funciones ejecutivas:

› Estrategias metacognitivas y entrenamiento en autoinstrucciones. El objetivo estaría centrado en la reducción de la impulsividad, disminuir el déficit en la planificación y mejorar la capacidad para la flexibilidad conductual. En este sentido, estas estrategias metacognitivas pretenderían dotar al sujeto de un repertorio de procesos a seguir cuando la situación no se encuentra bien delimitada por estímulos externos por lo que deberá generar planes de acción "internos". Para la rehabilitación de las EF desde este modelo, serían importantes los siguientes aspectos:

- a. Estrategias metacognitivas (Identificar, Seleccionar, Aplicar y Comprobar).
- b. Automonitorización y utilización de retroalimentación externa. Recientemente, Manly, Hawkins, Evans, Woldt y Robertson (2002) han propuesto un sistema de alertas

auditivas periódicas como sistema de aviso para facilitar el proceso de comprobación del nivel de cumplimiento de los objetivos.

- c. Mediación verbal:autoinstrucciones.
- d. Procesos de resolución de problemas.
- e. Procesos de cumplimentación de tareas: entrenamiento en manejo de objetivos: parar, definir, lista de pasos, aprender pasos, ejecutar tarea y comprobar. Una versión actualizada de este tipo de intervenciones puede consultarse en Levine et al. (2000).

Otra técnica ampliamente utilizada en la rehabilitación de las EF es el entrenamiento en autoinstrucciones; técnica que toma como marco teórico las hipótesis de Luria (1980) sobre la función reguladora del lenguaje. Según este autor, la capacidad del lenguaje para modular la conducta se adquiere a través de tres estadios. Inicialmente las palabras del adulto dirigen al niño actuando como estímulos condicionados, sirviendo de control externo para iniciar o detener una acción. En una siguiente etapa el niño desarrolla el habla autodirigida, dentro de un sistema analítico de conexiones significativas, que le permite controlar su propia conducta. Finalmente el lenguaje dirigido a sí mismo se convierte en autoinstrucciones subvocales encubiertas que permiten al niño autorregular su conducta (el lenguaje encubierto o interno asume un papel de autogobierno).

Partiendo de los supuestos de Luria, Meichenbaum y Goodman (1971) diseñan un programa de entrenamiento en autoinstrucciones que comprende cinco pasos:1) modelado cognitivo, 2) guía externa, 3) autoguía manifiesta, 4) auto-guía manifiesta atenuada y 5) autoinstrucciones encubiertas. Tanto el entrenamiento en autoinstrucciones como

los programas de resolución de problemas tienen como finalidad fomentar el autocontrol de conducta y la capacidad reflexiva (pensar antes de actuar) del sujeto con déficit ejecutivo. Junto a las dos técnicas descritas en los apartados anteriores, el entrenamiento en la utilización de ayudas externas, para compensar los problemas del paciente para guiarse por instrucciones internas, también ha mostrado ser útil en el tratamiento de los déficit ejecutivos (Burke, Zencius, Wesolowski, & Doubleday, 1991; Delazer, Bodner, & Benke, 1998; Manly et al., 2002; Sohlberg, Sprunk, & Metzelaar, 1988). En este contexto es adecuado emplear las ayudas externas utilizadas en la rehabilitación de la memoria (previa modificación de la finalidad para la cual son empleadas). Mientras en la rehabilitación de la memoria tales ayudas buscan compensar los déficit mnésicos, en el tratamiento de los déficit ejecutivos el objetivo principal es ayudar al sujeto a organizar sus actividades cotidianas y guiarle en la ejecución de las mismas (componente de ensayo mental relacionado con la memoria prospectiva). La elaboración de listas en las cuales se recogen los pasos necesarios para realizar con éxito una actividad (i.e., aseo personal, cocinar) facilita la monitorización de la misma (es aconsejable que una vez realizado cada uno de los pasos éste sea tachado de la lista). Los soportes externos tipo agenda o calendario posibilitan la planificación de actividades de forma racional y ordenada; ayudan a priorizar tareas, identificando las actividades más importantes. Asimismo, es una forma eficaz de gestionar el tiempo: con demasiada frecuencia las personas con déficit ejecutivos sobreestiman o subestiman el tiempo que van a necesitar para realizar determinadas actividades.

La utilización de ayudas externas para compensar las limitaciones funcionales causadas por los déficits ejecutivos incrementa la sensación de autonomía y favorece la autoestima del individuo. Si bien en un primer momento éste puede ser reticente a utilizar ayudas externas, es importante transmitir la idea de que gracias a ellas su capacidad de organización y ejecución de tareas mejorará sustancialmente, lo cual revertirá directamente en su vida cotidiana.

Evans (2001) ha publicado su modelo de rehabilitación en la resolución de problemas que toma como base el formato propuesto por Von Cramon et al. (1991) en un marco de intervención grupal reuniéndose dos veces por semana durante 8-10 semanas donde se sigue un marco de planificación y resolución de problemas. En concreto se sigue un proceso que implica la toma de conciencia del problema, monitorización, evaluación, desarrollo de un plan e iniciación de la acción dirigida a su resolución.

5.2 Modelo funcional en cascada del córtex prefrontal

Koechlin, Ody y Kouneiher (2003), replantean un modelo que explica la manera en que el córtex prefrontal sustenta las funciones complejas de manera diferenciada. Así, el córtex prefrontal se diferencia funcionalmente de manera que las funciones cognitivas menos complejas dependen de zonas posteriores, y conforme van aumentando en complejidad dependen de áreas anteriores (arquitectura en cascada del control ejecutivo). Koechlin tras realizar estudios con RMf, concluyen que dicho nivel de complejidad se relaciona selectivamente con la activación de la región polar del córtex prefrontal. Cuando los sujetos tienen en mente un objetivo

principal (al tiempo que ejecutan los sub-objetivos necesarios para alcanzarlo) las regiones del córtex prefrontal polar se activan bilateralmente. Ningún sujeto puede activar estas regiones manteniendo en mente un objetivo a lo largo del tiempo (memoria de trabajo) o asignando los recursos atencionales sucesivamente entre objetivos alternantes (tarea dual). El córtex prefrontal polar mediaría la capacidad de mantener en mente objetivos a la vez que se exploran y procesan sub-objetivos secundarios. En dicho estudio se corroboraron anteriores hallazgos según los cuales la ejecución de tareas duales implica selectiva y bilateralmente al córtex prefrontal dorsolateral posterior, al giro frontal medio y al córtex parietal lateral. La activación fronto-polar no se relacionó con variaciones en cada uno de los esfuerzos mentales aislados.

El modelo distingue cuatro niveles de control de la acción: a) sensorial: en la base de esta cascada se encuentra el control sensorial, asociado al córtex premotor e implicado en la selección de acciones motoras en respuestas a estímulos; b) contextual: las regiones caudales del CPFL están implicadas en el control contextual, es decir, en la activación de representaciones premotoras, las asociaciones estímulo-respuestas, en función de las señales contextuales perceptivas que acompañan la aparición del estímulo; c) episódico: las regiones rostrales del CPFL están implicadas en el control episódico, es decir en la activación de las representaciones antes mencionadas (las tareas o conjunto coherente de asociaciones estímulo-respuestas evocadas en un mismo contexto), en función del transcurso temporal en el cual los estímulos aparecen, es decir, en función de los eventos que se produjeron previamente, y d) *branching*: las

regiones más anteriores del CPFL, llamadas también polares o polo rostral (área 10 de Brodmann), estarían implicadas en el *branching*, es decir en la activación de las representaciones prefrontales rostrales (episodios de comportamientos o planes de acción) en función de los planes de acciones que se están desarrollando

concomitantemente. El *branching* es concebido como un proceso que integra memoria operativa con recursos atencionales para la consecución de actividades de mayor complejidad que las tareas duales o la función de respuesta demorada.

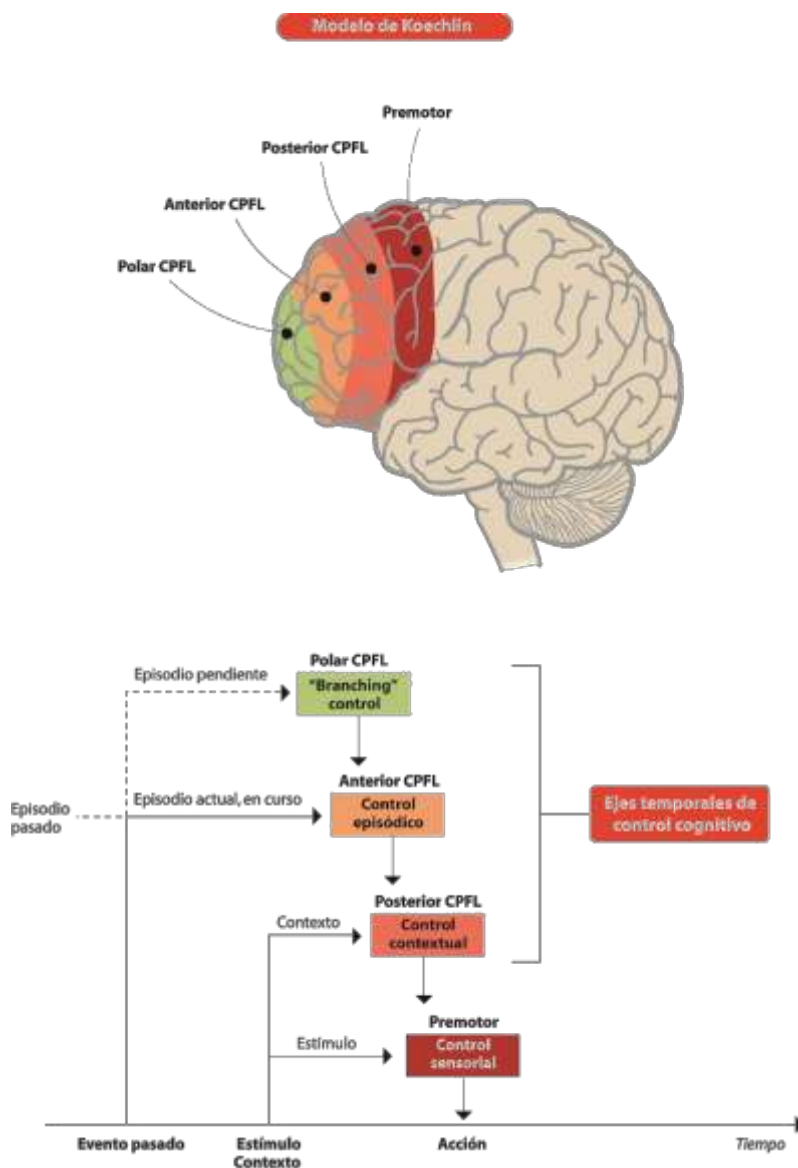


Figura 1. Modelo en cascada de Koechlin.

Mesulam (1986) articula una observación que se había examinado clínicamente durante muchos años, pero nunca se había investigado formalmente. Esta fue que algunos pacientes con afectación del lóbulo frontal puede mostrar problemas marcados con un mayor nivel de funciones cognitivas como la planificación y organización de la vida cotidiana, pero parecen normales o casi normales en pruebas de laboratorio formal. Los años transcurridos desde la observación de Mesulam han visto un interés considerable en estos casos, en parte porque han presentado un problema para la rehabilitación y evaluación médico-legal de la discapacidad, y en parte porque son buena prueba del fraccionamiento potencial del sistema ejecutivo. Como consecuencia de ello, ahora sabemos bastante sobre el perfil neuropsicológico de estos casos (para una revisión, ver Burgess, 2000). Los problemas que se observan en la vida cotidiana de los cuidadores y familiares se expresa en: impuntualidad y la desorganización general, falta de fiabilidad, la distracción (con lo que normalmente aparecen fallos potenciales de memoria) y los fracasos para completar las tareas, incluso bastante básicas, como ir de compras o preparar una comida. Típicamente, las tareas se inician pero nunca se llevan a término, los pacientes a menudo interrumpen una tarea central para iniciar otra, pero nunca regresar a la primera. A pesar de estas dificultades obvias en la vida cotidiana, pueden no producirse errores en ninguna de las pruebas tradicionales de la función ejecutiva (por ejemplo, WCST, estimaciones de la fluidez y de la cognición, Torre de Londres, Stroop, Trail-Making-Test), ni muestran ningún problema en pruebas formales de inteligencia como el WAIS, lenguaje, memoria, control motor o

percepción visuoespacial. Por lo tanto, un grupo de pacientes con disfunción ejecutiva llevaría a cabo adecuadamente las pruebas de "laboratorio" pero en su vida cotidiana se observarían alteraciones conductuales evidentes, lo que cuestionaría la validez ecológica de los test neuropsicológicos clásicos de funciones ejecutivas (García-Molina, Tirapu-Ustárrroz, & Roig, 2007).

Para Shallice y Burgess (1991) las pruebas tradicionales ejecutivas no miden muchas de las habilidades que hacen que una persona sea eficaz en el mundo real. La situación cardinal que hace aprovechar estas características, sin embargo, puede ser llamada paradigma "multitarea". Burgess (2000) describe ocho características de la situación, las cinco primeras son axiomáticas, más otras tres que suelen ser el verdadero problema de la vida cotidiana en la que se implica la multitarea:

1. Varias tareas diferentes: una serie de tareas concretas y diferentes tienen que ser completadas.
2. Requiere intercalado: el rendimiento en estas tareas precisa de intercalar unas con otras con el fin de ser eficaz en el tiempo.
3. Una tarea a la vez: debido a las limitaciones ya sea cognitivas o físicas, sólo una tarea puede ser realizada en cualquier momento dado.
4. Intenciones retardadas: los tiempos de retorno a tareas no son señalados directamente por la situación.
5. Sin una respuesta inmediata: no hay retroalimentación sobre el desempeño momento a momento como ocurre con los participantes en los experimentos de laboratorio habituales. Típicamente, los fallos no se señalizan en el momento en que se produzcan.

6. Las interrupciones y los resultados inesperados: las interrupciones imprevistas, a veces de alta prioridad, se producen de vez en cuando, y las cosas no siempre salen según lo planeado.
7. Las diferentes características de las tareas: las tareas suelen diferir en términos de prioridad, dificultad y cantidad de tiempo que van a ocupar.
8. Objetivos auto-determinados y autoregulados: las personas deciden por sí mismos lo que constituye un rendimiento adecuado.

Los resultados sugieren que hay tres construcciones principales que soportan la multitarea: la memoria retrospectiva, la memoria prospectiva y la planificación. Burgess, Gilbert y Dumontheil (2007) sugirieron tentativamente que el cíngulo anterior y posterior podían desempeñar algún papel en las demandas de memoria retrospectiva, mientras que la memoria prospectiva y componentes de planificación hacen demandas sobre los procesos apoyados por el PFC rostral y el DLPFC. Parece probable que la principal contribución de la PFC a la multitarea se encuentra en el apoyo a la planificación y especialmente el comportamiento prospectivo que se requiere. El deterioro del valor de este componente prospectivo típicamente se manifiesta de dos maneras en tareas tales como la prueba de los Seis Elementos (SET). En primer lugar, los sujetos pueden no cambiar de tarea cuando deben hacerlo. En segundo lugar, pueden romper las reglas de la tarea (en el caso de la SET, esto significa hacer dos incisos del mismo tipo consecutivamente). Curiosamente, un estudio realizado por Alderman, Burgess, Knight y Henman (2003) sugiere que estos dos tipos de fallos

pueden no estar relacionados. A cincuenta pacientes neurológicos de etiología mixta se les dio una versión simplificada de la prueba Errands Multiple (MET) de Shallice y Burgess (1991). El MET es una prueba de compra en el mundo real, llevada a cabo en un centro comercial. Los participantes tienen que comprar varios artículos y llevar a cabo diligencias, mientras tienen que seguir una serie de reglas bastante arbitrarias. Alderman et al (2003) encontraron que el grupo de pacientes se puede dividir en aquellos que tienden a olvidarse de llevar a cabo las tareas, pero no se rompen las reglas, o los que rompieron las reglas, pero completan las tareas. Esto sugiere que se deben utilizar diferentes métodos de rehabilitación para los dos grupos.

6) Modelos integradores cognición-emoción “modelos cálidos”: Hipótesis del marcador somático

La hipótesis del marcador somático postulada por A. R. Damasio (Damasio, 1994) trata de explicar la implicación de algunas regiones del córtex prefrontal en el proceso de razonamiento y toma de decisiones. Esta hipótesis se desarrolló buscando dar respuesta a una serie de observaciones clínicas en pacientes neurológicos afectados de daño frontal focal. Este grupo particular de pacientes no pueden ser explicados en términos de defectos en el razonamiento, toma de decisiones, capacidad intelectual, lenguaje, memoria de trabajo o atención básica. Sin embargo sus dificultades son obvias en el funcionamiento cotidiano presentando severas dificultades en el dominio personal y social (Damasio, Tranel, & Damasio, 1990).

El planteamiento del marcador somático parte de algunas asunciones básicas que

deben aceptarse para dotar de cierta verosimilitud a esta hipótesis tan sugerente: a) el razonamiento humano y la toma de decisiones dependen de múltiples niveles de operaciones neurobiológicas algunas de las cuales ocurren en la mente y otras no, las operaciones mentales dependen de imágenes sensoriales las cuales se sustentan en la actividad coordinada de áreas corticales primarias; b) todas las operaciones mentales dependen de algunos procesos básicos como la atención y la memoria de trabajo; c) el razonamiento y toma de decisiones depende de una disponibilidad de conocimiento acerca de las situaciones y opciones para la acción, este conocimiento está almacenado en forma de disposiciones en el córtex cerebral y en núcleos subcorticales y d) el conocimiento se puede clasificar como conocimiento innato y adquirido (estados corporales y procesos biorreguladores incluidas las emociones), conocimiento acerca de hechos, eventos y acciones (que se hacen explícitas como imágenes mentales), la unión entre conocimiento innato y conocimiento “acerca de” refleja la experiencia individual y la categorización de este conocimiento nos otorga nuestra capacidad de razonamiento.

Si pretendemos buscar relación entre los diferentes modelos e hipótesis sobre el funcionamiento ejecutivo es importante que nos detengamos en la asunción básica “b”. Para Damasio la categorización contribuye a la toma de decisiones al clasificar tipos de opciones, posibles resultados y conexiones entre opciones y resultados (Damasio, 1994).

Cuando hablamos de funciones ejecutivas o de toma de decisiones damos por sentado que quien decide posee conocimientos sobre la situación que requiere una

decisión, sobre las distintas opciones de acción y sobre las consecuencias inmediatas y futuras de cada una de estas opciones. El marcador somático, en este sentido forzaría la atención hacia las consecuencias a las que puede conducir una acción determinada y funciona como una señal de alarma automática ante lo inadecuado de algunas decisiones. Esta señal, que es básicamente emocional, puede llevarnos a rechazar inmediatamente, el curso de acción, con lo que nos guiará hacia otras alternativas. Los marcadores somáticos se cruzan con las funciones ejecutivas en el campo de la deliberación ya que resultan fundamentales a la hora de tomar decisiones resaltando unas opciones sobre otras. Si las emociones se relacionan con el cuerpo (¿dónde sino sentimos las emociones?) y estas emociones señalan caminos a las decisiones de ahí el término de marcador somático.

Desde la perspectiva de Damasio podemos plantear algunas reflexiones de indudable interés para un acercamiento más adecuado a la intervención en las funciones ejecutivas: algunas lesiones que afectan al córtex prefrontal se hallan asociadas de manera consistente con alteraciones en el razonamiento-toma de decisiones y con la emoción sentimiento; cuando el deterioro en razonamiento-toma de decisiones y en la emoción-sentimiento destacan sobre un perfil neuropsicológico conservado, el dominio personal y social es el más afectado; existe una relación íntima entre razonamiento (cerebro) y emoción (cuerpo) ya que el organismo constituido por la asociación cerebro-cuerpo interactúa con el ambiente como un todo; es probable que los diferentes campos de conocimiento se representen en sectores prefrontales diferenciados, así, el dominio biorregulador

y social parece tener afinidad por los sistemas del sector ventromediano.

En términos neuroanatómicos se sugiere que los marcadores somáticos, que operan en el ámbito biorregulador y social alineado con el sector ventromediano del córtex prefrontal, influyen sobre las operaciones de atención y memoria operativa dentro del sector dorsolateral, sector del que dependen operaciones en otros ámbitos del conocimiento (Damasio, 1998). Esto deja abierta la posibilidad de que los marcadores somáticos, que surgen a partir de una contingencia determinada expandan la atención y la memoria por todo el sistema cognitivo.

La hipótesis del marcador somático debe ser entendida como una teoría que trata de explicar el papel de las emociones en el razonamiento y toma de decisiones. Las observaciones de este autor señalan que pacientes con daño adquirido en la corteza prefrontal ventromedial realizaban adecuadamente los tests neuropsicológicos de laboratorio, pero tenían comprometida su habilidad para expresar emociones. Si, ante un perfil cognitivo conservado, el sujeto presenta dificultades en la toma de decisiones, ha de deducirse que el problema no sólo compete al procesamiento de la información, sino que deben existir otros aspectos o factores que están incidiendo en el problema.

Cuando nos referimos a toma de decisiones, se presupone que quien decide posee conocimientos sobre la situación que requiere la decisión, sobre las distintas opciones de acción y sobre las consecuencias inmediatas y futuras de cada una de las opciones. En este sentido, el marcador somático forzaría la atención hacia las consecuencias de una acción determinada, funcionando como una señal

de alarma automática ante lo inadecuado de algunas decisiones. Esta señal, básicamente emocional, puede llevar a rechazar inmediatamente el curso de acción, guiando hacia otras alternativas. Los marcadores somáticos se cruzan con las funciones ejecutivas en el campo de la deliberación, ya que resultan fundamentales para tomar decisiones, resaltando unas opciones sobre otras.

Desde la perspectiva de Damasio pueden plantearse algunas reflexiones para un acercamiento más adecuado al estudio de la voluntad y la motivación: algunas lesiones que afectan a la corteza prefrontal se hallan asociadas de manera consistente con alteraciones en el razonamiento-toma de decisiones y con la emoción-sentimiento; cuando el deterioro en razonamiento-toma de decisiones y en la emoción-sentimiento destacan sobre un perfil neuro-psicológico conservado, el dominio personal y social es el más afectado. Existe una relación íntima entre razonamiento (cerebro) y emoción (cuerpo) ya que el organismo constituido por la asociación cerebro-cuerpo interactúa con el ambiente como un todo. Es probable que los diferentes campos de conocimiento se representen en sectores prefrontales diferenciados; así, el dominio biorregulador y social parece tener mayor vinculación con los sistemas de la zona ventromedial. El sistema neural crítico, pues, para la adquisición de señales de marcadores somáticos se halla en la corteza prefrontal (Damasio, 1994).

En resumen y desde este modelo, las implicaciones para la intervención serían las siguientes:

- Se debería realizar un entrenamiento en toma de decisiones. La toma de decisiones puede entenderse como el último proceso implicado en las

funciones ejecutivas ya que los procesos cognitivos deben culminar en la toma de una decisión encaminada a conseguir el logro pretendido. Como ya hemos reseñado este proceso no participaría exclusivamente de procesos racionales “fríos” sino que la decisión se tomaría yuxtaponiendo procesos cognitivos con procesos emocionales que nos indicarían lo adecuado de tal decisión.

- Es necesaria la distinción entre procesos fríos (puramente cognitivos) y calientes (dependientes de razonamiento y emociones).
- Importancia de la Integración emoción-cognición.
- ¿Se puede intervenir en procesos donde existe una yuxtaposición de factores cognitivos y emociones? En caso afirmativo, ¿cómo se llevaría a cabo?
- Un aspecto a reflexionar relacionado con la rehabilitación de los procesos que implican la integración de aspectos racionales y emocionales como la toma de decisiones sería la implementación de técnicas que potencien la percepción y la conciencia sobre los patrones de reactividad emocional para ayudar a conseguir metas (ej.: técnicas de entrenamiento en “atención plena” dirigida al escaneo interoceptivo) o el uso de ayudas externas como el neurofeedback que registren continuamente el feedback corporal para informar al sujeto sobre los estados emocionales y como mejorarlos para su desarrollo

Discusión

En este trabajo hemos intentado relacionar los diferentes modelos de funcionamiento ejecutivo con las implicaciones que dichos

modelos tienen para el diseño de programas de intervención y la implementación de dichos programas. Nuestro objetivo es sin embargo tratar de estrechar la diferencia entre la investigación científica básica en el área de las funciones ejecutivas y la práctica clínica. Esta diferencia aparece a menudo muy grande, tal vez insuperable. Sin embargo, es nuestra opinión que este es un espejismo creado en parte por las diferencias en la terminología entre las dos áreas y en parte por las distintas demandas, preocupaciones y prioridades de los investigadores y los clínicos.

En primer lugar, son varios los motivos por los que pensamos que los programas de rehabilitación deben necesariamente incluir desde el inicio y de forma intensa la rehabilitación de la memoria de trabajo cuando esta se ve alterada. Además, diferentes estudios demuestran una estrecha vinculación entre la memoria de trabajo, la inteligencia fluida y la adaptación al entorno. En segundo lugar, debemos tener en cuenta que en la vida diaria encontramos que los sujetos con disfunción ejecutiva tienen dificultades cuando se les exige que mantengan sus metas en condiciones de interferencia y que flexibilicen sus criterios de respuesta en función de la retroalimentación negativa que reciben del entorno. Por ello, desde esta premisa la rehabilitación debe ir encaminada a mejorar la interpretación del contexto (tanto cognitivo como social) en el que se desarrolla la conducta, mantener la representación mientras dura la demanda y cambiarla rápidamente para guiar la conducta. La memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad mental son los componentes ejecutivos claves a rehabilitar, pues reflejan un único mecanismo operando en condiciones diferentes, y la

rehabilitación pivotará sobre tareas de complejidad creciente de mantenimiento *on line* de la información, control de distractores y paradigmas de cambio de set cognitivo.

En tercer lugar, los sujetos con lesiones prefrontales cometerían errores de orden en la ejecución de un acontecimiento complejo estructurado o si se quiere, secuenciado (SEC), si bien podrían llevar a cabo fragmentos de la secuencia a partir de la recuperación de eventos almacenados independientemente. Por ello, las metas de la rehabilitación incluirían el reconocimiento de situaciones en las que recuperar SEC almacenados previamente, su persistencia e interrupción, todo ello en un determinado orden temporal, lo que implicaría el trabajo sobre los cuatro procesos de base: el control de los distractores (inhibición), el mantenimiento de la meta (memoria de trabajo), la preparación del organismo para la acción (set preparatorio) y la monitorización del proceso de cara a realizar los ajustes oportunos en función de la consecución del objetivo (mecanismo de supervisión). En cuarto lugar, los pacientes con problemas en la regulación de la cognición (lesión en CPFDL) o de las emociones (lesión en COF), habitualmente tienen la sensación de hallarse “sobrepasados” por contenidos mentales, desorganizados, puesto que la CPF no puede imponer un control sobre información que le sirven las regiones posteriores del cerebro. El entrenamiento en procesos de selección y aplicación de filtros adecuados a través de la inhibición de la interferencia, el mantenimiento o la persistencia de la acción ignorando distractores, la manipulación de los datos en la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva a través de la alternancia entre filtros, son los subcomponentes de las funciones

ejecutivas sobre los que pivotaría la rehabilitación de las funciones ejecutivas desde el modelo del filtro dinámico. Este modelo tiene importantes implicaciones para la rehabilitación de pacientes con problemas de memoria de tipo “frontal”, en los que se trata de restablecer o compensar el control que el córtex prefrontal ejerce sobre el almacenamiento mnésico a cargo del sistema temporal-medial.

En quinto lugar, y teniendo en cuenta los modelos de Shallice (1988) y Miller y Cohen (2001) en la rehabilitación del paciente disejecutivo debemos crear rutinas, es decir, situaciones en las que las asociaciones estímulo-respuesta sean habituales y fuertes, además de adecuadas, puesto que la corteza prefrontal se encarga de favorecerlas a través de la representación neuronal de metas y reglas que configuran el procesamiento en otras partes del cerebro. Dicho de otro modo la carga se desplazaría del Sistema Atencional Supervisor al Dirimidor de Conflictos. La importancia de las rutinas como conductas que se traducen en secuencias motoras es importante porque el componente motor del aprendizaje produce fuertes ensamblajes celulares y perdurables si se utilizan con frecuencia. Además, en situaciones no familiares, en las que cada opción de respuesta genera un modelo de actividad en la corteza prefrontal, debemos procurar a través de estrategias como el aprendizaje sin error o el modelado, el aprendizaje de elecciones de la opción más correcta en función de la representación interna del objetivo, puesto que al resultar exitosas se refuerzan las conexiones entre la representación de la situación y el modelo de actividad de la corteza prefrontal que sustenta la acción correcta, de forma que ésta estará más marcada en el futuro para situaciones

similares. Señalar la importancia del aprendizaje sin error en la adquisición de nuevos repertorios conductuales ya que la comisión de errores actúa como interferencias que contaminan y que enlentecen los procesos de adquisición de las habilidades, al actuar como intrusiones en el aprendizaje de la conducta diana. En sexto lugar, los modelos de integración cognición-emoción plantean que se debería realizar un entrenamiento en toma de decisiones, para lo cual es necesaria la distinción entre procesos fríos (puramente cognitivos) y calientes (dependientes de

razonamiento y emociones), destacan la importancia de la integración emoción-cognición y señalan que un programa de rehabilitación integral debe contemplar técnicas que potencien la percepción y la conciencia sobre los patrones de reactividad emocional para ayudar a conseguir metas (ej.: técnicas de entrenamiento en “atención plena” dirigida al escaneo interoceptivo) o el uso de ayudas externas que registren continuamente el feedback corporal. En la Tabla 1 se muestra el resumen de los modelos implicados.

Tabla 1.

Principales modelos de funciones ejecutivas y sus implicaciones para la rehabilitación

MODELO	CARACTERÍSTICAS	IMPLICACIONES
1) Modelos constructo unitario		
1.1. Teoría información contextual	Mantenimiento, actualización y representación interna del contexto.	Memoria de trabajo, inhibición y flexibilidad cognitiva.
1.2. Memoria de trabajo	Dilucidar afectación de memoria de trabajo y sus componentes.	Trabajar aspectos relacionados con bucle, agenda, buffer episódico y SEC (registro, mantenimiento y manipulación de la información “on-line”).
1.3. Codificación adaptativa	Representación temporal de la información relevante.	Ensayos mentales para predicción de solución más adecuada.
2) Modelos secuenciación temporal		
2.1. Teoría representacional	Acontecimientos estructurados en una secuencia orientada a un objetivo.	Identificar situaciones nuevas para generar una respuesta compleja estructurada flexible e independiente del contexto estimular.
2.2 Organización temporal de la conducta	Memoria prospectiva, preparación conducta, control inhibitorio.	Control interferencias, secuenciación temporal de la conducta, set preparatorio para la acción y supervisión interna.
3) Teorías de filtro		
3.1. Modelo del filtro dinámico	Filtro de información a través de selección, mantenimiento,	Inhibición de interferencia, persistencia en la acción,

	actualización y redirección.	manipulación de los datos, flexibilidad para cambiar filtros según demanda de la tarea.
3.2. Modelo del Sistema Atencional Supervisor	Tareas rutinarias actúa dirimidor de conflictos en tareas novedosas el sistema atencional supervisor.	Las situaciones deben hallarse mejor especificadas por el ambiente externo, acceso al almacén mnésico, memoria de trabajo, inhibición de perseveraciones, aumentar repertorio de conductas rutinarias para ser resueltas por el dirimidor de conflictos.
4) Modelos integradores		
4.1. Teoría integradora cortex prefrontal	La corteza prefrontal representa objetivos y medios para lograrlos.	Crear rutinas que generen que generen reglas para ser activadas pro otras regiones cerebrales. Aprendizaje sin error.
5) Modelos jerárquicos-funcionales		
5.1. Hipótesis eje rostrocaudal	CPDL evalúa información externa y rostrocaudal información interna.	Instruir al sujeto en el manejo de guías internas para lograr un objetivo, conducta autoiniciada.
5.2. Cognición orientada al objetivo	Fuente de activación externa o interna, rostrocaudal actúa entre los procesos mentales internos y su interacción con el medio ambiente.	Estrategias metacognitivas, automonitorización y entrenamiento en autoinstrucciones.
5.3 Modelo en cascada	Polo rostral mantiene planes de acción que se están desarrollando concomitantemente.	Rehabilitación en paradigmas multitarea si es posible en entornos ecológicos
6) Modelos integradores cognición-emoción		
6.1 Hipótesis marcador somático	Explica proceso específico de toma de decisiones por yuxtaposición de procesos emocionales y cognitivos.	Toma de decisiones como proceso específico a intervenir, importancia de integración aspectos emocionales, toma de conciencia de estímulos interoceptivos, relevancia cognición social.

Es bastante común afirmar que es difícil de entender cómo funciona el sistema ejecutivo del cerebro, pero, sin embargo, es así. El sistema ejecutivo puede ser considerado como la interfaz de alto nivel entre el sujeto y el medio ambiente. Es la

forma en que las personas deciden lo que quieren lograr, decidir qué pasos van a seguir para lograrlo, y luego evaluar el nivel de su propio éxito. De esta manera el resultado del comportamiento en cualquier etapa está influenciada por la experiencia

pasada de la persona y su percepción de su situación actual, así como sus habilidades ejecutivas y habilidades en otras áreas. No es de extrañar, pues, que los pacientes muestren tal variedad de síntomas, y la variabilidad en los efectos del daño cerebral en una misma región. Sin embargo, esto no debe significar que no hay principios básicos que nos orientan, y el profesional se encuentra en una buena posición para descubrirlos. En cuanto a la importancia del desarrollo de las terapias conductuales y cognitivas para la rehabilitación de la disfunción ejecutiva, está claro que esto debe ser una prioridad. Algunos teóricos han argumentado que el mayor avance en la rehabilitación de esta área todavía nos espera: tal vez alguna aplicación práctica de la investigación con células madre, por ejemplo, que permitirá a la zona afectada del cerebro "repararse" a sí mismo físicamente. Sin embargo lo que muchas veces se pierde de perspectiva en esta especulación es que incluso si la reparación estructural fuera perfectamente alcanzable, esto por sí solo no dará lugar a la reparación funcional. Los procesos y las representaciones en el cerebro han evolucionado con el desarrollo de una persona desde su nacimiento, y es inverosímil que la reparación estructural por sí solo pueda replicar los efectos de este complejo proceso. En su lugar, parece probable que la analogía sería con la fisioterapia, por ejemplo, después de la cirugía con éxito para reparar una lesión grave del miembro. A pesar de que el miembro ahora puede tener el potencial de ser funcional, aún necesita en la mayoría de circunstancias de la rehabilitación, guiados por los principios extraídos de nuestra comprensión de cómo el miembro, y otras estructuras pertinentes, funcionan. Esto significa que incluso si ponemos nuestra

confianza en la investigación en ciencias básicas para lograr que el sujeto mejore (es decir, para producir la reparación estructural del cerebro dañado), todavía tendrá que entender los principios subyacentes que permiten al cerebro ser cada vez más funcional. Es casi seguro que no hay ningún método de rehabilitación que por sí sólo sea adecuado para todas las situaciones que se deben afrontar en el mundo real. De esta manera, es vital que la investigación en rehabilitación práctica y clínica continúe, y que los clínicos y teóricos compartan sus conocimientos, modelos e ideas con los demás para continuar avanzando en este siempre complejo camino.

Referencias

- Alderman, N., Burgess, P.W., Knight, C., & Henman, C. (2003). Ecological validity of a simplified version of the multiple errands shopping test. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9(1), 31-44. DOI: 10.1017/S1355617703910046
- Arnsten, A. F., Paspalas, C. D., Gamo, N. J., Yang, Y., & Wang, M. (2010). Dynamic Network Connectivity: A new form of neuroplasticity. *Trends in Cognitive Science*, 14(8), 365-375. doi: 10.1016/j.tics.2010.05.003
- Baddeley, A. D. (1997). *Memoria Humana. Teoría y práctica*. Madrid. Mc Graw Hill.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-23. Recuperado de https://loomen.carnet.hr/pluginfile.php/263404/mod_resource/content/1/ep_buffer.pdf

- Baddeley, A.D., y Hitch, G.J. (1974). Working memory. En G.A. Brower. (Ed). The psychology of learning and cognition (pp. 647-667). New York, USA: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. A. (1994). Developments in the concepts of working memory. *Neuropsychology*, 8, 484-93. doi: 10.1037/0894-4105.8.4.485
- Baldo, J., & Shimamura, A. P. (2002). Frontal lobes and memory. En A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.), *The Handbook of Memory Disorders* (pp. 363-380). USA: John Wiley & Sons, Ltd.
- Burgess, P. W. (2000). Real-world multitasking from a cognitive neuroscience perspective. En: S. Monsell, & J. Driver (Eds.), *Control of Cognitive Processes: Attention and Performance XVIII* (pp. 465-472). Cambridge, MA: MIT Press.
- Burgess, P. W. (2011). Frontopolar cortex: Constraints for theorizing. *Trends Cognitive Science*, 15(6), 242. doi: 10.1016/j.tics.2011.04.006
- Burgess, P. W, Gilbert, S. J., & Dumontheil, I. (2007). Function and localization within rostral prefrontal cortex (area 10). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 29, 362(1481), 887-899. doi: 10.1098/rstb.2007.2095
- Burgess, P. W., Gonen-Yaacovi, G., & Volle, E. (2011). Rostral prefrontal cortex: What neuroimaging can learn from human neuropsychology? En B. Levine, & F. Craik (Eds.), *Mind and the Frontal Lobes* (1a. ed., pp. 47-92). New York, USA: Oxford University Press.
- Burgess, P.W., Gilbert, S.J., y Dumontheil, I. (2007). The gateway hypothesis of rostral PFC (area 10) function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 290-298. doi: 10.1016/j.tics.2007.05.004
- Burke, W. H., Zencius, A. H., Wesolowski, M. D., & Doubleday, F. (1991). Improving executive function disorders in brain-injured clients. *Brain Injury*, 5, 241-252. doi: 10.3109/02699059109008095
- Christoff, K., Ream, J. M., & Gabrieli, D. (2004). Neural basis of spontaneous thought processes. *Cortex*, 40(4-5), 623-630. doi:10.1016/S0010-9452(08)70158-8
- Christoff, K., Ream, J. M., Geddes, L. P., & Gabrieli, J. D. (2003). Evaluating self-generated information: Anterior prefrontal contributions to human cognition. *Behavioral Neurosciences*, 117, 1161-1168. doi: 10.1037/0735-7044.117.6.1161
- Cicerone, K., Dahlberg, C, Kalmar, K., Langenbahn, D., Malec, J., Bergquist, T., et al. (2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: Recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(12), 1596–1615. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2000.19240>
- Cicerone, K., Dahlberg, C., Malec, J. F., Langenbahn, D. M., Thomas, F., Kneipp, S.,...& Catanese, J. (2005). Evidence-based cognitive rehabilitation: Updated review of the literature from 1998 through 2002. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 1681–1692. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2005.03.024>

- Cicerone, K. D., & Giacino, J. T. (1992). Remediation of executive function deficits after traumatic brain injury. *NeuroRehabilitation*, 2, 12-22.
- Cohen, J. D., Braver, T. S., & O'Reilly, R. C. (1996). A computational approach to prefrontal cortex, cognitive control and schizophrenia: Recent developments and current challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 351(1346), 1515-1527. doi: 10.1098/rstb.1996.0138
- Cohen, J. D., & Servan-Schreiber, D. (1992). Context, cortex, and dopamine: A connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia. *Psychological Review*, 99, 45-77. doi: 10.1037/0033-295X.99.1.45
- Cummings, J. L. (1993). Frontal subcortical circuits and human behaviour. *Archives of Neurology*, 50, 873-880. doi:10.1001/archneur.1993.00540080076020
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error. Emotion, reason and the human brain*. New York: Putnam's Sons.
- Damasio, A. R. (1998). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. En A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The Frontal Cortex: Executive and Cognitive Functions* (pp. 36-50). New York: Oxford University Press.
- Damasio, A. R., Tranel, D., & Damasio, H. (1990). Individuals with sociopathic behaviour caused by frontal damage fail to respond autonomically to social stimuli. *Behavioral Brain Research*, 41, 81-94. doi:10.1016/0166-4328(90)90144-4
- De Noreña, D., Sánchez-Cubillo, I., García-Molina, A., Tirapu-Ustárrroz, J., Bombí González, I., & Ríos-Lago, M. (2010). Efectividad de la rehabilitación neuropsicológica en el daño cerebral adquirido (II): Funciones ejecutivas, modificación de conducta y psicoterapia, y uso de nuevas tecnologías. *Revista de Neurología*, 51, 733-44. Recuperado de <http://www.neurologia.com/pdf/Web/5112/be120733.pdf>
- Delazer, M., Bodner, T., & Benke, T. (1998). Rehabilitation of arithmetical text problem solving. *Neuropsychological Rehabilitation*, 8, 401-412. doi:10.1080/713755584
- Duncan, J. (2001). An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2, 820-829. doi: 10.1038/35097575
- Evans, J. (2001). Rehabilitation of the dysexecutive syndrome. En R. L. L. Wood, & T. M. McMillan (Eds.), *Neurobehavioral Disability and Social Handicap Following Traumatic Brain Injury* (pp. 209-227). London: Psychology Press.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex: anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobe* (2 ed.). New York: Raven Press.
- García-Molina, A., Tirapu-Ustárrroz, J., & Roig, T. (2007). Validez ecológica en la exploración de funciones ejecutivas. *Anales de Psicología*, 23(2), 289-299. Recuperado de http://www.infocop.es/view_article.asp?id=1716

Goldberg, E. (2002). *El cerebro ejecutivo*. Barcelona: Crítica Drakontos.

Goldman-Rakic, P. S. (1984). The frontal lobes: uncharted provinces of the brain. *Trends in Neurosciences*, 7, 425-429.

Goldman-Rakic, P. S. (1988). Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Review of Neurosciences*, 11, 137-56. doi: 10.1146/annurev.ne.11.030188.001033

Goldman-Rakic, P.S. (1998). The prefrontal landscape: implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. En A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The Prefrontal Cortex: Executive and Cognitive Functions* (pp. 87-102). Oxford: Oxford University Press.

Grafman, J. (1995). Similarities and distinctions among current models of prefrontal cortical functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 15(769), 337-368. doi: 10.1111/j.1749-6632.1995.tb38149.x

Grafman, J. (2002). The structured event complex and the human prefrontal cortex. En D. T. Stuss, & R. T. Knight (Eds.), *Principles of Frontal Lobe Function* (pp. 292-310). New York: Oxford University Press.

Koechlin, E., Ody, C., & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 14(302), 1181-1185. doi: 10.1126/science.1088545

Levine, B., Robertson, I.H., Clare, L., Carter, G., Hong, J., Wilson B.A...Stuss, D.

T. (2000). Rehabilitation of executive functioning: An experimental-clinical validation of goal management training. *Journal of International Neuropsychological Society*, 6, 299-312.

Lezak, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-97. doi: 10.1080/00207598208247445

Luria, A. R. (1974). *El cerebro en acción*. Barcelona: Fontanella.

Luria, A.R. (1980). *Lenguaje y comportamiento*. Barcelona: Fontanella.

Manly, T., Hawkins, K., Evans, J., Woldt, K., & Robertson, I.H. (2002). Rehabilitation of executive function: Facilitation of effective goal management on complex tasks using periodic auditory alerts. *Neuropsychologia*, 40, 271-281. doi:10.1016/S0028-3932(01)00094-X

Meichenbaum, D. H., & Goodman, J. (1971). Training impulsive children to talk to themselves: A means of developing self-control. *Journal of Abnormal Psychology*, 77, 115-126.

Mesulam, M. M. (1986). Frontal cortex and behavior. *Annals of Neurology*, 19,320-325. doi: 10.1002/ana.410190403

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of frontal lobe function. *Annual of Review Neurosciences*, 2, 167-202. doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.167

Muñoz-Céspedes, J. M., & Tirapu, J. (2001). *Rehabilitación neuropsicológica*. Madrid: Ed. Síntesis. CHECAR APELLIDOS EN P. 4

- Norman, D.A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. En R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self-regulation* (pp. 1-18). New York, USA: Plenum Press.
- Petrides, M. (1994). Frontal lobes and working memory: Evidence from investigations of the effects of cortical excisions in nonhuman primates. En F. Boller, & J. Grafman (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (vol. 9, pp. 59-82). Amsterdam, Holanda: Elsevier.
- Petrides, M. (1998). Specialized systems for the processing of mnemonic information within the primate frontal cortex. En A. C. Roberts, T. W. Robbins, & L. Weiskrantz (Eds.), *The Prefrontal Cortex: Executive and Cognitive Functions* (pp. 103-116). Oxford: Oxford University Press.
- Petrides, M., & Milner, B. (1982). Deficits on subject-ordered tasks after frontal- and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 20(3), 249-262. doi:10.1016/0028-3932(82)90100-2
- Ponsford, J. (2004). *Cognitive and behavioral rehabilitation*. New York. Guilford Press.
- Ríos-Lago, M., & Muñoz-Céspedes, J. M. (2004). *La atención y el control ejecutivo después de un TCE*. Madrid: Fundación Mapfre Medicina.
- Roca, M., Torralva, T., Gleichgerrcht, E., Woolgar, A., Thompson, R., Duncan, J., & Manes, F. (2011). The role of Area 10 (BA10) in human multitasking and in social cognition: a lesion study. *Neuropsychologia*, 49(13), 3525-3531. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.003
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T., & Burgess, P.W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741. doi: http://dx.doi.org/10.1093/brain/114.2.727
- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1996). The domain of supervisory processes and the temporal organization of behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 351, 1405-1412. doi: 10.1098/rstb.1996.0124
- Shimamura, A. P. (2000). The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering. *Psychobiology*, 28, 207-228. Recuperado de http://artshim.com/2000_Shimamura_DynFilter.pdf
- Sholberg, M. M., & Mateer, C.A. (1989). Remediation of executive functions impairments. En M. M. Sholberg, & C. A. Mateer (Eds.), *Introduction to Cognitive Rehabilitation* (pp. 232-263). New York, USA: The Guilford Press.
- Sohlberg, M. M., Sprunk, H., & Metzelaar, K. (1988). Efficacy of an external cuing system in an individual with severe frontal lobe damage. *Cognitive Rehabilitation*, 6, 36-41.
- Stuss, D. T. (2011). Functions of the frontal lobes: Relation to executive functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 1-7.

Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2007). Is there a dysexecutive syndrome? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 362(1481), 901–915. doi: 10.1098/rstb.2007.2096

Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2002). *Principles of frontal lobe functions*. Londres: Oxford University Press.

Tirapu-Ustárrroz, J., Muñoz-Céspedes, J. M., & Pelegrín, C. (2002). Funciones ejecutivas: Necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34, 673-685.

Tranel, D., Manzen, K., & Anderson, S. W. (2008). Is the prefrontal cortex important for fluid intelligence? A neuropsychological study using matrix reasoning. *Clinical Neuropsychology*, 22(2), 249-261. doi: 10.1080/13854040701218410

von Cramon, D. Y., Matthes-Von Cramon, G., & Mai, N. (1991). Problem-solving deficits in brain-injured patients. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1(1), 45-64. doi: 10.1080/09602019108401379

Wilson, B. (2005). *Neuropsychological rehabilitation. Theory and practice*. Lisse, The Netherlands: Swets and Zeitlinger Publishers.

Wilson, B. A., Emslie, H. C., & Evans J. J. (2001). Reducing everyday memory and planning problems by means of a paging system: A randomised control crossover study. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 70, 477-482. doi:10.1136/jnnp.70.4.477

Wilson, B., Gracey, F., Evans, J., & Bateman, A. (2009). *Neuropsychological rehabilitation: Theory, therapy and outcome*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Ylvisaker, M., & Feeney, T. (2002). Executive functions, self-regulation, and learned optimism in paediatric rehabilitation: A review and implications for intervention. *Developmental Rehabilitation*, 5(2), 51-70. DOI: 10.1080/1363849021000041891