

FUNCIÓN EJECUTIVA Por Emilio Gómez Milán

CONJUNTO DE PROCESOS QUE
SUBYACEN A LA CONDUCTA
DIRIGIDA A META Y FLEXIBLE.

Cognición compleja

¿QUÉ SON LAS FUNCIONES EJECUTIVAS?

- EL ACUERDO LLEGA A FIRMAR QUE SE ASOCIAN CON LA ACTIVACIÓN DEL CORTEX PREFRONTAL (condición suficiente pero no necesaria).

Pero tareas de demanda cognitiva muy diversa, no todas consideradas de función ejecutiva (conflicto de respuesta, tareas nuevas, tareas de capacidad de memoria de trabajo, de dificultad perceptiva con estímulos degradados, de memoria episódica o de resolución de problemas) activan la misma red frontal: Dorsolateral, ventrolateral y cíngulo anterior dorsal- Duncan y Owen, 2000-.

¿Cuántos componentes tiene la función ejecutiva?

■ Lezak 1995 -

- Volition-Voluntad
- Planning-Planificación
- Purposeful behaviour-Conducta intencional
- Effective performance-Ejecución efectiva

■ Stuss 1987 – Habilidades para la conducta a meta

- Para cambiar de un concepto a otro.
- Para modificar la conducta a la luz de nueva información
- Para sintetizar e integrar detalles aislados en un todo coherente
- Para manejar múltiples fuentes de información
- Para hacer uso del conocimiento relevante adquirido

Anderson et al. (2001)
proponen 3 componentes:

- 1.) Control atencional: atención selectiva y sostenida
- 2.) Flexibilidad cognitiva: MT, cambio atencional, auto-monitorización y transferencia conceptual.
- 3.) Establecimiento de metas: Iniciar, planificar y organizar, generar e implementar estrategias de resolución de problemas y conducta estratégica.

TAREAS DE FUNCIÓN EJECUTIVA: innumerables

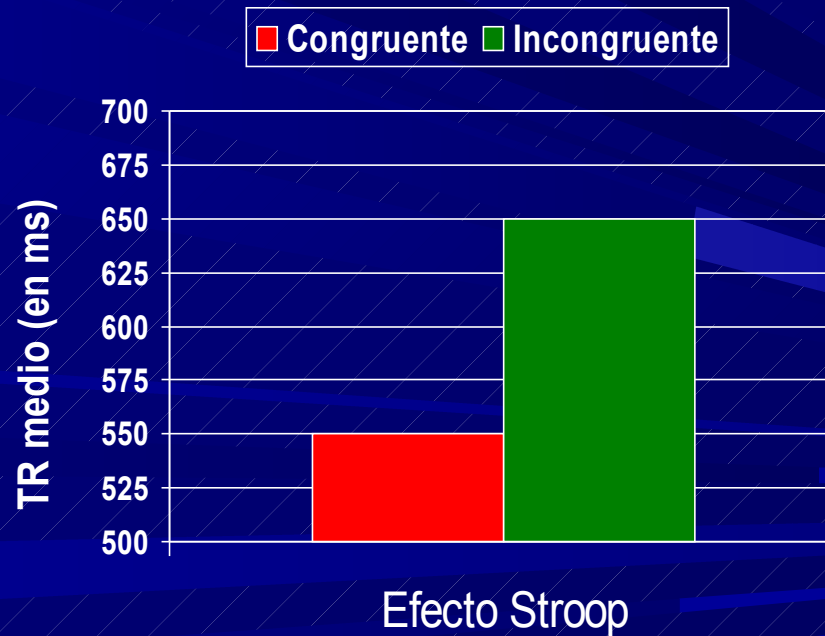
- *WCST, MCST, STROOP Y VARIANTES (NUMÉRICO, ESPACIAL, CARDINAL, DE COLOR, EMOCIONAL), SEÑAL DE STOP O TAREA GO-NO GO, TAREA ANTISACADICA, GENERACIÓN ALEATORIA DE NÚMEROS, TORRE DE HANOI, PASAT, TMT A Y B, TAREAS DE FLUIDEZ VERBAL Y NO VERBAL (COWAT), DE MONITORIZACIÓN EN MEMORIA DE TRABAJO (N-BACK, KEEP-TRACK TASK, LETTER MEMORY TASK, TONE MONITORING TASK), DE CAMBIO DE LA DISPOSICIÓN MENTAL (DE SUMAS-RESTAS, DE LETRAS-NÚMEROS, LOCAL-GLOBAL), TAREA DE OPERACIÓN-CAPACIDAD, CAT (TEST CATEGORIAL), WAIS-R, VSAT, RSVP, ESCUCHA DICÓTICA, TAREAS DUALES, PERIODO PSICOLÓGICO REFRACTARIO, TAREA DE ERIKSEN, BÚSQUEDA VISUAL, BADS, FIGURA DEL REY, BSAT, HSCT, TOL, TOH, APRENDIZAJE INVERTIDO, BRIEFS, CANTAB, D-KEFS, FRsBE, BDS (Behavioral Dyscontrol Scale), EXIT25 (Entrevista Ejecutiva), CLOX (Clock Drawing Task), FAB(Frontal Assesment baterry), NPI(Neuropsychiatry Inventory), FLOPS(Frontal Lobe Personality Scale)...*

Tarea STROOP

Ensayo congruente



Ensayo Incongruente



PROBLEMAS CON LAS TAREAS

- Daños extrafrontales, subcorticales y posteriores (no sólo frontales) afectan a ejecución en estas tareas (circuito distribuido, daño funcional mas que estructural).
- Las tareas deben ser nuevas (el paso de proceso controlado a automático es un continuo): el problema de la práctica. Problemas de fiabilidad.
- Impureza de las tareas: implican muchos procesos no ejecutivos que contribuyen al rendimiento. Ir de tiendas en la vida real. Hacer mal la tarea no implica necesariamente daño ejecutivo. Una tarea no ejecutiva puede activar el cortex prefrontal.


Problemas con las tareas 2

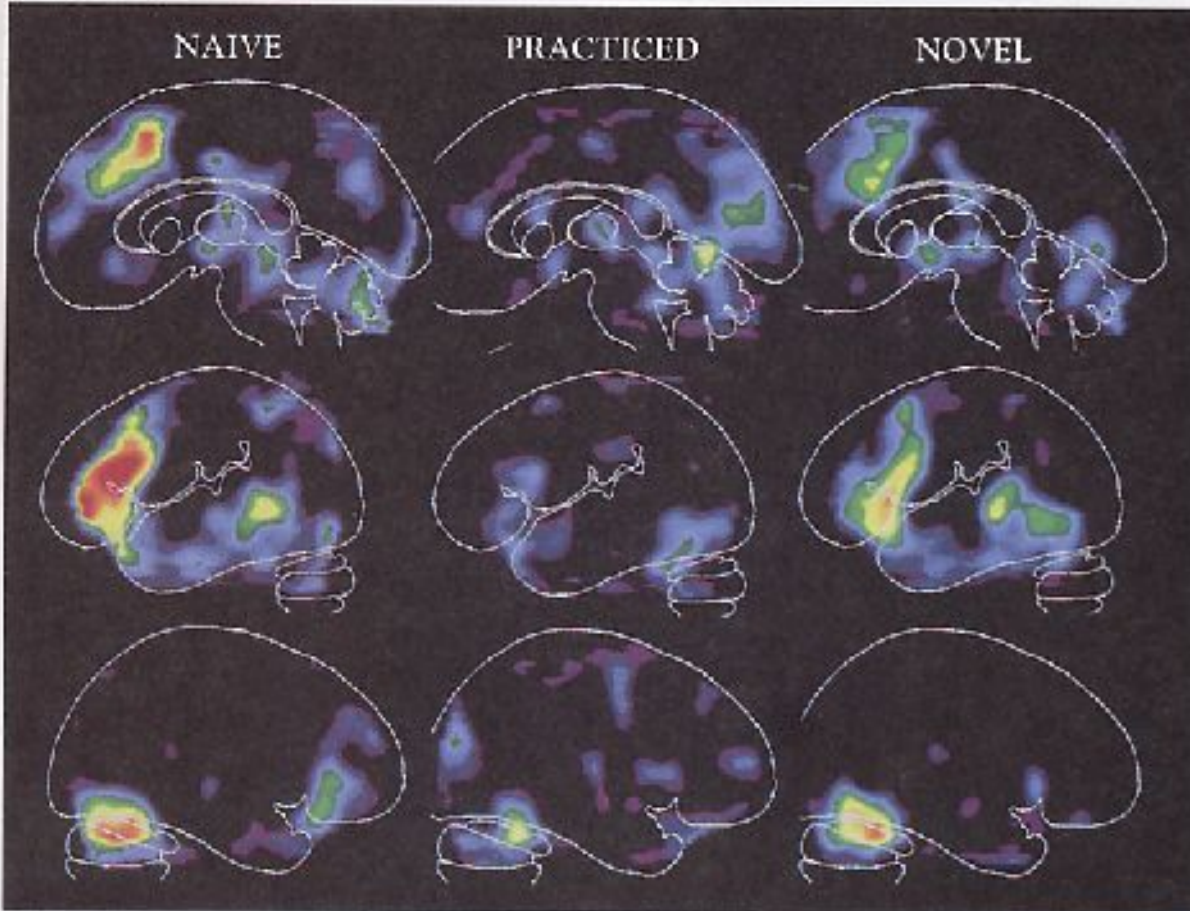
- Baja correspondencia entre proceso y función. El sistema de reconocimiento de caras se activa ante fotos y no ante palabras, pero la función ejecutiva se activa ante toda situación. Un daño ejecutivo produce diversas manifestaciones en conducta y viceversa. La conducta de utilización puede venir de daño orbitofrontal, caudado, talámico...
- El experimentador se convierte en el ejecutivo central con sus instrucciones, no deja libertad para toma de decisiones o el juicio. Las tareas señaladas no son buen índice ejecutivo. Diferenciar control de proceso. Puede hacer la tarea pero no de manera espontánea y sí con ayudas (instrucciones o claves)
- Problema de validez ecológica.

Repetir vs. Generar en función de la Práctica

Datos de PET: Raichle et al. (1994)

 = Áreas Activadas

Martillo:  "Martillo"
"Clavar"



PET scans of three vertical slices through the brain reveal the areas of activation during an experiment to test the hypothesis that there are different pathways for automatic and nonautomatic responses: in the unpracticed or naive subject (left column), the anterior cingulate (top row), temporal and frontal lobes (middle row), and right cerebellum (bottom row) are active, but the practiced subject performs the task with no activation of these areas (middle column). Introduction of a new list of words reverses these practice-induced changes (right column).

VALIDEZ DE CONSTRUCTO

- **EL ANALISIS FACTORIAL INDICA MÚLTIPLES FACTORES ENTRE TAREAS**
- CAT Y WCST versus PASAT, VSAT Y TMT.
- WCST versus Torre de Hanoi, doble disociación en daño cerebral

E INTRATAREA

WCST: PERSEVERACIÓN, FALLO EN MANTENER SET Y CRITERIO DE ORDENACIÓN IDIOSINCRÁTICO.

Problemas de validez de constructo:

Una tarea implica mas de una función ejecutiva. No se sabe cual dañada.

Varias tareas implican diferentes funciones ejecutivas en diferente grado.

Analisis factorial de tareas ejecutivas (Royall y otros, 2002)

- Stroop, WCST y TMT cargan en tres factores distintos. En otros estudios Stroop y TMT en un mismo factor.
- TMTB y WAIS R en un factor y WCST en otro
- MT verbal y espacial, dos factores
- CT con WCST en un factor
- CPT y DS en un factor, WCST en otro factor
- DS en un factor, WCST en un factor, STROOP Y TMT tercer factor
- WCST Y FLUIDEZ en un factor, TOL y CVLT segundo y tercer factor
- WF, TMT, DSS, DS, WCST, Stroop: tres factores, procesamiento verbal/memoria, flexibilidad/atención y velocidad psicomotora
- 23 MT tareas: espacial separada de verbal y capacidad de Control.
- ETC.

- El WCST suele ser un factor aislado (tal vez se asocia a fluidez).
- Se disocia de Torre, TMT, Stroop, WAIS-R.
- TMT-STROOP y WAIS R suelen coincidir en un mismo factor
- Se diferencia MT verbal de espacial
- Se diferencia capacidad de control

- **LA CORRELACIÓN ENTRE TAREAS ES SIGNIFICATIVA PERO MODERADA (VALIDEZ CONVERGENTE: 0.40),**
- **LA VALIDEZ DISCRIMINANTE (ausencia de correlación con respecto a otros procesos psicológicos) es compleja.**

TAREAS y DIMENSIONES EJECUTIVAS tras análisis lógico(Royall y otros, 2002)

- California Card Sorting Test: generación de conceptos, planificación e inhibición
- Laberinto Porteus: Planificación y memoria de trabajo espacial
- Matrices progresivas de Raven: Memoria de trabajo espacial y generación de conceptos
- Stroop: Inhibición de respuesta, Memoria de trabajo visual
- Torre de Hanoi: Memoria de trabajo espacial, planificación, inhibición de respuesta
- WCST: Generación de conceptos, planificación e inhibición
- TMT: memoria de trabajo e Inhibición
- Go/no Go: Memoria de trabajo visual e inhibición
- *Dimensiones: planificación, inhibición, memoria de trabajo visual o espacial, generación de conceptos.*

¿CUÁNTAS FUNCIONES EJECUTIVAS HAY?. Jurado y Roselli, 2007.

■ Inhibición de respuesta, cambio mental y monitorización (DIMENSIONES EJECUTIVAS BÁSICAS)- Miyake y otros, 2000-

■ PLAN, ACCIÓN Y RETROALIMENTACIÓN

■ FORMACIÓN DE METAS, PLANIFICAR, LLEVAR A CABO PLANES DIRIGIDOS A META (iniciarlo, monitorizarlo, perseverar) Y EJECUCIÓN EFECTIVA (detección de errores, confirmar logro de meta).

■ En solución de problemas: Representación del problema, planificar, ejecutar y evaluar éxito

■ Atención, habilidades estratégicas, auto-monitorización y habilidad para usar la retroalimentación.

■ Juicio, formación de conceptos, resolución de problemas y toma de decisiones

■ Descubrimiento de reglas, memoria de trabajo, control

■ Sentido del humor, ética, inteligencia, creatividad, razonamiento...

LA FUNCIÓN EJECUTIVA NO ES UNITARIA

- Si analizamos las tareas que se utilizan como marcadores de función frontal en términos de procesos cognitivos encontramos diferentes niveles de organización (Miyake y otros, 2000):
 - tareas (planificar),
 - Funciones ejecutivas básicas (Flex.cog.)
 - y operaciones cognitivas elementales de las funciones ejecutivas básicas (inhibición).

- 1) Tareas clásicas: WCST, Torre de Hanoi, Generación aleatoria de números, medidas de capacidad y tareas duales,
- 2) Funciones ejecutivas: cambio de disposición mental (task switching), monitorización (n-back) e inhibición de respuesta dominante (Stroop o stop signal, tarea antisacádica or go-no go task)
- 3) Operaciones elementales:
 - Inhibición
 - CAMBIO=desenganche, cambio y enganche, MONITORIZACIÓN= ignorar información irrelevante nueva y suprimir información ya no relevante.

ANALISIS FACTORIAL CONFIRMATORIO

- Las tres funciones Ejecutivas básicas correlacionan moderadamente entre ellas (0.40)
- Miyake y otros usan varias tareas de cambio (más-menos, numero-letra y local-global), varias de actualización (memoria de letras o monitorizar tono) y varias de inhibición (antisacadica, stroop).
- Las tareas clásicas tiene peso diferencial en las funciones ejecutivas:
 - WCST en cambio mental,
 - Torre de Hanoi en inhibición de respuesta (mov. óptimo es llevar el disco lejos de la meta:conflicto submeta-meta)
 - Generación Aleatoria de Números en inhibición (suprimir secuencias estereotipadas) y monitorización (de respuestas recientes).
- Las tareas duales no incluyen ninguna de estas tres funciones básicas.
- Las tareas de capacidad muestran un peso mayor de monitorización.
- La inteligencia fluida se asocia a la actualización pero no a la inhibición ni al cambio mental.

Según Miyake(Harvey y otros, 2004) en Journal of Psychiatric Research

	cambio set	actualizar	inhibir
■ TMTB	+++		+
■ WCST	+++		+
■ Stroop	+		+++
■ Nback	+	+++	+
■ Fluidez	++	+	+
■ Pero WCST=TMT y distinto a Stroop (análisis factorial no confirma esto)			

Síndrome disejecutivo

- Rasgos conductuales: pobre autocontrol, impulsividad, problemas para inhibir respuestas, pobre iniciativa (al iniciar acciones), inflexibilidad o perseveración (problemas para terminar acciones), conducta de imitación de gestos o utilización descontextualizada de objetos, al priorizar o establecer metas y submetas (secuenciar), para el pensamiento abstracto, para valorar las metas y motivos de otros (teoría de la mente), para afrontar la novedad (adaptabilidad), usar la retroalimentación, detectar errores, auto-monitorizar el progreso...
- Rasgos cognitivos: Fallo en tareas que requieren la función ejecutiva. Bajo control del procesamiento automático.
- Daño prefrontal

PHINEAS CAGE



Caso Phineas cage: Hombre familiar tranquilo. Tras lesión, sin problemas de memoria, lenguaje y función motriz, pero cambio completo de personalidad.

Rasgos comportamentales: pobre autocontrol, impulsividad, respuestas erráticas, inflexibilidad y pobre iniciación del discurso
(Lezak, 1995)

PROBLEMAS COGNITIVOS

- Juicio y razonamiento
- planificación
- Lentitud (velocidad perceptiva)
- Distracción (atención)
- No aprenden experiencia
- Menor fluidez (problemas lenguaje y discurso)
- Problemas memoria (MT, falsos recuerdos)
- Toma decisiones

Problemas de personalidad

- Inadaptación social
- Impulsividad
- Conductas de riesgo
- Apatía
- Intolerancia a frustración
- Desinhibición
- Sociopatía adquirida

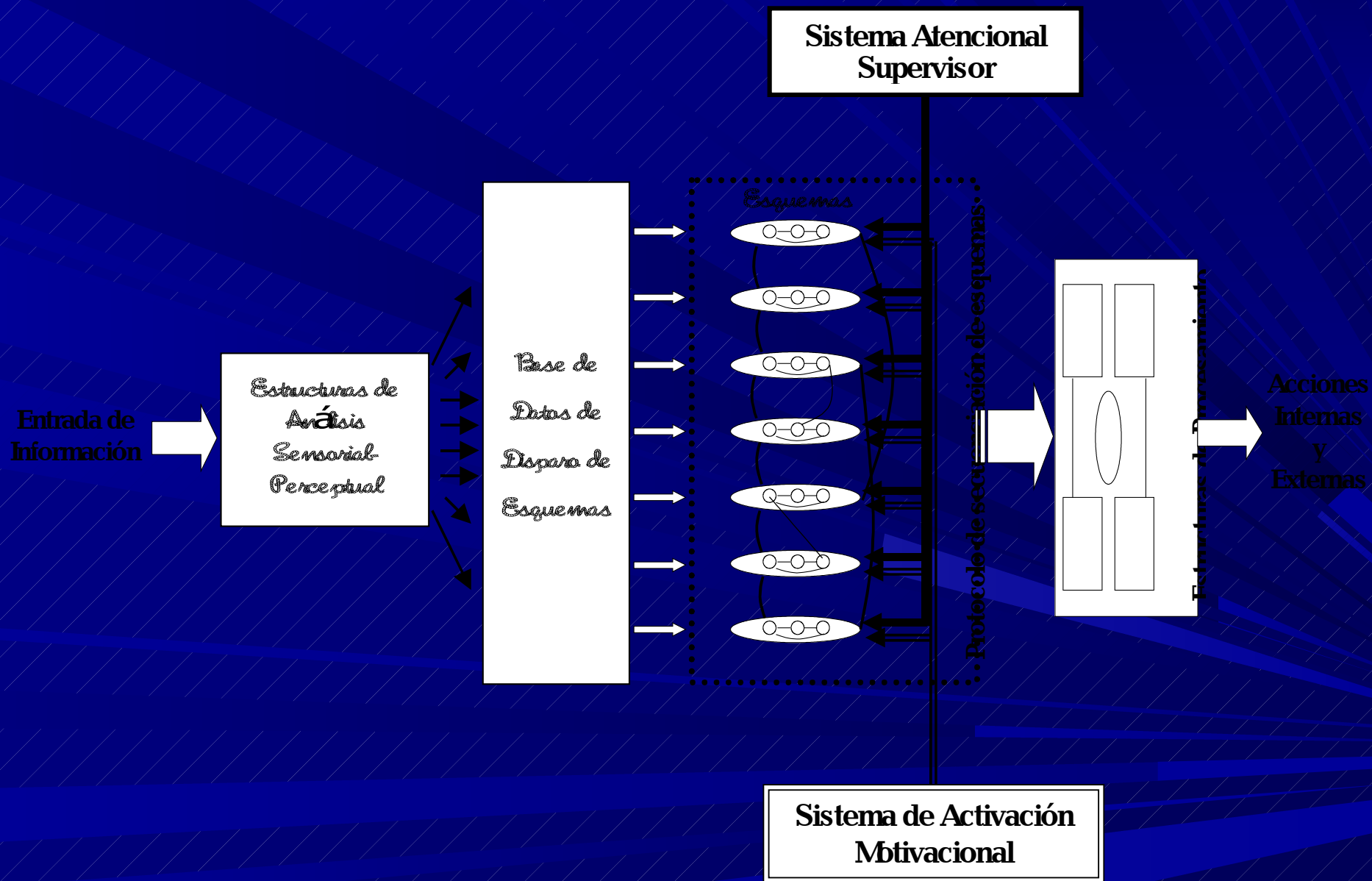
Problemas de conducta

- Hiperactividad global
- Hipoactividad global
- Perseveración
- Dependencia contexto (conducta de utilización y ecopraxia)

INTERPRETACIONES TEÓRICAS

- SISTEMA ATENCIONAL SUPERVISOR
- MEMORIA DE TRABAJO
- ORGANIZACIÓN TEMPORAL DE LA CONDUCTA
- SESGO TOP-DOWN A MODULOS POSTERIORES CORTICALES Y SUBCORTICALES.
- OTROS

Modelo de Norman y Shallice, 1986



MEMORIA DE TRABAJO

- Resulta de la interacción de la memoria a corto plazo (7+-2 items o 2 segundos) o pizarra mental y la función ejecutiva (el lápiz mental).
- Existen dos almacenes, uno visual (imágenes mentales) y otro fonológico (habla interna). Son limitados de capacidad
- La función ejecutiva manipula la información. Rota, ordena, invierte, modifica la escala de análisis y el tamaño, compara, actualiza, repasa...

Fuster, la organización temporal

- Según Fuster (1993) la estructuración, ordenación e integración de la información y de la conducta en el tiempo es la principal función del córtex prefrontal.
- Las lesiones prefrontales se traducen en problemas para recordar el orden temporal de los acontecimientos (Quintana y Fuster, 1993).
- Parece claro que los aspectos espaciales y los aspectos temporales deben ser integrados para la conducta eficaz, esta integración surge de la interacción entre el córtex parietal y el córtex prefrontal.
- Chamber (1958) considera que la conducta normal surge de la combinación de dos tendencias opuestas, el córtex parietal inicia las acciones (tropismo positivo) mientras que el córtex frontal inhibe acciones (tropismo negativo).

Fuster

- Fuster (1973) usa una tarea de memoria a corto plazo que consiste en presentar al animal un objeto en una de al menos dos posibles localizaciones (señal), ocultándolo por un periodo de tiempo variable (de 0 a 25 segundos) y evaluando su recuperación por parte del animal, a través, por ejemplo, de la emisión de una respuesta ocular hacia el lugar del objeto tras el intervalo de espera o de una respuesta manual con el brazo izquierdo o derecho; en ocasiones, el animal debe elegir entre el objeto anterior y uno nuevo, siendo reforzado si elige el anterior. En general, la ejecución decae al aumentar el intervalo de demora.

PLAN DE ACCIÓN

- Nuestro autor encontró que las neuronas prefrontales dispararon durante el tiempo de demora (de 25 segundos), de manera que la activación se mantuvo durante todo el periodo y no se vio afectada por el efector usado (brazo izquierdo o derecho).
- Las neuronas de la región parietal posterior, que también fueron registradas, sin embargo no aumentaron su disparo durante la demora, siendo su activación dependiente del efector usado, o de la dirección del movimiento ocular en otros estudios (Jeannerod, 1997).
- Según Fuster, la activación sostenida de las neuronas prefrontales sirve como puente temporal entre la señal y la respuesta.
- La coactivación del córtex prefrontal y del parietal constituiría la representación de un plan de acción.

Fuster

- Fuster mantiene que la parte dorsolateral del córtex prefrontal está implicada en la planificación y estructuración de la acción en el tiempo, mientras que su parte ventral está asociada a la inhibición de tendencias de respuesta inadecuadas o el control de respuesta basado en las propiedades intrínsecas del objeto (Jeannerod, 1997).
- Esta dualidad funcional refleja el patrón de conexiones aferentes, originado en el córtex parietal posterior para la parte dorsal y en el córtex inferotemporal para la parte ventral.

Problemas con acciones en múltiples pasos (Schwartz, 1995)

- Omisión de pasos
- Inversión de pasos
- Perseveraciones
- Confusión (sustituciones en uso objetos)
- Interrupción tarea en curso
- No se respetan metas
- No modificación conducta por consecuencias.

OTRAS OPCIONES

- Otras opciones son:
- No existe la función ejecutiva sino la resolución de problemas: etapas de plan, ejecución y retroalimentación (Zelazo).
- Los marcadores somáticos (la división cognitiva y emocional o atencional-motivacional y su integración):pienso luego existo o siento luego existo.
- La moral y el humor, el órgano de la sociedad.

UN POCO DE ANATOMÍA

- LA CORTEZA FRONTAL SE DIVIDE EN dos regiones:
 - La agranular o posterior O CEREBRO MOTOR(no hay capa IV: Interneuronas GABAergicas inhibitorias): NEURONAS ESPEJO.
 - y la anterior o granular que sostiene las funciones ejecutivas y engloba el prefrontal (regiones dorsolateral y orbital/medial).
- MOTORA (área motora primaria, corteza premotora, área motora suplementaria, área de Broca y de control oculomotor. Planifica y ejecuta la acción): Distintos circuitos motores y premotores.
- PREFRONTAL (corteza dorsolateral, ventromedial y orbitaria)
- PARALÍMBICA (región anterior cortex cingulado, monitoriza la acción).

CONEXIONES Y FUNCIONES

- CON GANGLIOS DE LA BASE (putamen, caudado y nucleo accumbens respectivamente) y EL TÁLAMO.
- La corteza orbitofrontal: Con la amígdala (emoción), el hipocampo (memoria) y áreas temporales (procesamiento visual de alto nivel). Su daño se asocia a problemas de personalidad, de habilidades sociales e impulsividad, moria. Conducta de utilización, ecopraxia y toma de riesgo. Función ejecutiva caliente. Arteria cerebral media.

- La corteza dorsolateral: con las otras cortezas frontales y el parietal (inf.espacial)y el cortex temporal(inf.temporal). Se asocia a memoria de trabajo y función ejecutiva. Planificar, secuenciar conducta, fluidez. Función ejecutiva fría.Arterias anterior y media.
- El daño en el cíngulo se asocia a problemas motivacionales, abulia y apatía. Detección de conflicto de respuesta y errores. Conexiones con hipocampo y amígdala a través núcleo accumbens (estriado ventral). Frío y caliente. Arteria anterior.

Lesión del estriado, desinhibe el palido que inhibe al talamo.

■ Cortex prefrontal

+



■ Estriado

-



■ Palido

-



■ Talamo



SIMPLIFICANDO

- Lesión prefrontal dorsolateral afecta a planificación, generación de hipótesis y control (función ejecutiva: actualizar y cambiar, monitorizar, manipular)
- Lesión ventrolateral afecta a la codificación y recuperación de memoria episódica (capacidad MCP y mantenimiento y comparación de la información)
- Lesión orbitofrontal afecta a insight, juicio e impulsividad (inhibición de respuesta)
- Lesión cingulada produce indiferencia y descontrol (monitorizar conflicto y detectar error)

¿DIFERENTES FUNCIONES EJECUTIVAS Y AREAS CEREBRALES ESPECÍFICAS?

- **Activaciones comunes a actualización, cambio e inhibición son (Collete y otros, 2005) :**
- **REGIONES POSTERIORES DE GIRO PARIETAL SUPERIOR IZQUIERDO Y EL SULCUS INTRAPARIETAL DERECHO. TAMBIÉN EL GIRO FRONTAL INFERIOR IZQUIERDO.**
- **Activaciones específicas:**
 - Actualización: ACTIVACIÓN BILATERAL DE AREAS ANTERIORES Y POSTERIORES.**
 - Para cambio: LOBULO PARIETAL Y GIRO FRONTAL INFERIOR IZQUIERDO.**
 - Inhibición de respuesta: GIRO ORBITOFRONTAL DERECHO**

Tareas y circuitos frontales (Jurado y Roselli, 2007)

- Tareas duales: EL CORTEX PREFRONTAL INFERIOR DERECHO
- Memoria de orden temporal EN EL CORTEX FRONTAL SUPERIOR
- Procesamiento verbal: DORSOLATERAL IZQUIERDO
- Descubrimiento de reglas REGION DORSOLATERAL
- Memoria de trabajo REGION DORSOLATERAL
- Control atencional REGION MESIOFRONTAL

Distintas tareas, mismas áreas

- Planificación (Torres), de 1993 a 2006 = DLPFC y el caudado y cortex premotor lateral. También, PFC izqdo., Dcho y rostralateral.
- Control de 1995 a 2006 = girofrontal superior medial, giro temporal inferior lateral (CPT) . PFC antero-dorsal (WCST). DLPFC izquierdo, PFC derecho ventral y IPL derecho (SART). DLPFC y Cingulo anterior (Stroop). ACC y DLPFC (WCST)

Misma tarea, distintas áreas

- Flexibilidad cognitiva de 1995 a 2006 (WCST) = DLPFC y cortex temporal y parietal. Frontal posterior izquierdo y cortex cingulado anterior. Postero-ventral PFC. Giro frontal inferior y ACC...
- Fluidez de 1991 en adelante: DLPFC izquierdo. ACC, giro frontal inferior izquierdo y talamo izquierdo. Izquierdo DLPFC, ACC y cortex parietal superior...

NO PARECE QUE LOS RESULTADOS PSICOMÉTRICOS: ANÁLISIS FACTORIAL Y ESTUDIOS DE CORRELACIÓN DEPENDAN DE LAS ÁREAS CEREBRALES ACTIVADAS.

- *Tareas que no correlacionan activan áreas comunes: Stroop y WCST= ACC y DLPFC.
- *Tareas que correlacionan o constituyen un factor activan áreas diferentes: Fluidez y WCST.
- *Una misma tarea activa diferentes áreas según el estudio (WCST)

Tareas y circuitos frontales : El cambio de tarea

- Preparación de tarea en el paradigma del cambio de tarea: la unión frontal inferior izquierda y el área pre AMS (Brass y Von Cramon, 2002, 2004).
- El cambio de tarea, activa las áreas frontales mediales: pre AMS y el cíngulo rostral y caudal (Rushworth y otros, 2002).
- A mayor costo más activación dorsolateral e IPS (task set). A menor costo más activación ventrolateral (Wager y otros, 2005) –selección de tarea o valor motivacional de los estímulos-. Cuando más daño en IFC derecho, más costo (Aron y otros, en Brain).
- El cambio entre objetos y el cambio reactivo activa el estriado y el prefrontal, el cambio de regla abstracta y el cambio endógeno activa sólo el prefrontal. Lo mismo ocurre en la inversión de contingencias de aprendizaje (Eslinger y Grattan (1993); Cools y otros, 2004).
- Cambio de tarea (dorsolateral) versus inversión aprendizaje (orbitofrontal): FE fría versus caliente (Hornak y otros, 2004 con humanos en J.Cog. Neurosci; McAlonan y otros, 2003, con ratas en Behavioural Brain Research; Roberts y Wallis, 2000 en monos en Cerebral Cortex):

Bon-Mi Gu y otros, 2007 en Brain.

- Compara pacientes 21 con TOC frente a controles en cambio de tarea (discriminar formas versus discriminar colores). Los pacientes cometen más errores en ensayos de cambio (8.4-7.9 v 4.4-3.3, $d=0.7$) pero no en ensayos de repetición de tarea. No hay diferencias en costo en TR.
- Los pacientes muestran menos activación que los controles para ensayos de cambio en DLPFC, ACC, núcleo caudado, VMPFC y OFC derecho.
- Los pacientes no muestran dif. de activación entre ensayos de cambio y repetición en DLPFC, ACC y caudado. Los controles sí.
- En VMPFC y OFC los controles no muestran diferencia de activación y los pacientes muestran menor activación de estas zonas en ensayos de cambio que en ensayos de repetición.
- La activación OFC se asocia a tasa de errores en ensayos de repetición en controles.

Anatomía de la memoria de trabajo (Carpenter y otros, 2000; Elliott, 2003; Owen y otros, 2005).

- Mientras que las neuronas en el córtex prefrontal dorsolateral son las candidatas para la memoria de trabajo espacial, las neuronas en las áreas ventrales del córtex prefrontal, son las candidatas para procesar información sobre el objeto.
- VLPFC (región prefrontal ventrolateral): controla la recuperación de información del cortex posterior y su mantenimiento on-line, esto es, es una memoria a corto plazo. Pero participa en funciones ejecutivas como cambio, inversión de contingencias o go-no go.
- El daño dorsal o ventral aislados no impiden hacer tareas de MT de forma o espacial. El daño conjunto sí lo impide (Muller y otros, 2002).

Repaso verbal: posterior parietal izquierdo, Broca y área premotora y suplementaria.

Giro supramarginal izquierdo es el bucle articulatorio.

DLPFC

- DLPFC (región frontal dorsolateral): Monitoriza y manipula la información en VLPFC
- DLPFC se activa más en tareas de N-back, pero también se activa más cuando aumenta la carga mental. El izquierdo si el material es verbal y el derecho si es espacial. Activación parietal si es de localización e inferotemporal si es visual.
- El descubrimiento de reglas también se asocia a la región dorsolateral.
- Atención sostenida: dorsolateral derecho
- También en atención dividida y selectiva
- Organización de Chunks para reducir carga de memoria

La tarea nback:red distribuída dorsal (Carlson y otros, 1998)

2-back versus 1 y 0-back: activación bilateral en el giro frontal medial. El surco frontal superior y el tejido cortical adyacente, y el surco intraparietal (dependiente de la carga de memoria). También en giro frontal inferior, lóbulo parietal superior e inferior, áreas de asociación visual occipital, el cíngulo anterior y posterior y la ínsula.

La activación izquierda DLPFC aumenta hasta n-2 luego decrementa.

N-1 = N-0 en dificultad comportamental y no diferencias claves en activación.

La tarea Go-No Go

- Se activa en las tareas go-no go (inhibición de respuesta): cortex prefrontal lateral, sobretodo giro frontal inferior (Chikazoe, 2007). Corteza orbitofrontal.
- LA INHIBICIÓN EN EL CORTEX FRONTAL INFERIOR DERECHO en tareas go-no go, stop signal y task switching (Aron y otros, 2004 en TRENDS in Cognitive Science)
- El cortex orbitofrontal se activa cuando algo va mal (no se cumple una expectativa: un alimento salado sabe dulce)
- Cuando hay incertidumbre
- Cuando hay riesgo (al elegir entre recompensa pequeña pero segura frente a grande pero arriesgada)
- Cuando se activan pensamientos automáticos en trastorno Obsesivo-compulsivo.
- Su daño se asocia a dependencia contextual y conducta de utilización.
- Papel en inhibición y control emocional: representa el valor de recompensa del estímulo (incentivo) y el aprendizaje y reaprendizaje rápido de cambios en este valor.

Toma de decisiones (Krain y otros, 2006 en Neuroimage)

- Diferenciamos entre decisiones que implican riesgo (Iowa Gambling task. elegir entre cartas cuyas consecuencias se conocen :seguras (ganar poco con alta prob versus perder poco) y arriesgadas-ganar con baja prob. pero mucho versus perder mucho)-Decisión caliente. Activa el orbitofrontal y aACC.
- y decisiones que suponen ambigüedad (probabilidad de consecuencia de una elección es aleatoria, no se sabe. Las dos opciones no difieren en probabilidades: elegir en que lado del garaje va a estar el coche)-Decisión fría. Activa el dorsolateral y dACC.
- Activaciones comunes: tálamo, caudado y regiones parietales y frontales.

Conclusiones

- Localización de funciones. Localización de tareas. Relación tareas-funciones: Red distribuida extrafrontal. En una tarea más de una FE (diferente según análisis lógico o empírico) y una FE en más de una tarea.
- Las activaciones dependen de las tareas que se comparan y de línea de base.
- 2 tareas (WCST y Stroop) activan las mismas áreas pero son dos factores distintos en análisis factorial. Algo parecido ocurre con WCST y Torres.
- Red supramodal: común a distintas modalidades sensoriales, tareas y funciones.
- Parte fría: dorsolateral y cíngulo anterior dorsal (Función ejecutiva). Parte caliente: Orbitofrontal y cíngulo anterior anterior (aspectos motivacionales).

- Límites difusos capacidad-control entre ventrolateral y dorsolateral PFC.
- Cada área participa en distintas tareas y desempeña tal vez roles diferentes en ellas. Cada función es distribuída. El cambio, la inhibición y la monitorización activan toda la red, la parte fría o caliente según la tarea.
- Activaciones compensatorias tras daño que permiten hacer las tareas bien. Pacientes con EM en n-back activan áreas adyacentes (más activación bilateral prefrontal y de insula) o de cortex prefrontal izquierdo en PASAT- Forn y otros, 2006; Forn y otros, 2006-.

La tarea Stroop y el conflicto de respuesta

- Stroop psicométrico y computerizado, verbal y manual, de color, numérico, espacial, cardinal, cognitivo y emocional.
- Durante el Stroop de color se activa el cortex cingulado anterior. Durante los ensayos incongruentes: El cortex frontal polar, el cortex prefrontal lateral, las regiones frontales inferiores, el lóbulo parietal inferior (van Mourik y otros, 2005)
- Diferente magnitud del efecto conductual (nulo, de mayor o menor magnitud), baja correlación entre variantes de la tarea, similar activación del cíngulo con independencia de magnitud efecto conductual. ¿El daño en la zona afecta a ejecución? El daño en otras zonas del circuito puede afectar ejecución.

A-FUNCIONES DEL CINGULO 1

- 1° Formar parte del circuito neuronal para la memoria de trabajo espacial junto con el córtex dorsal prefrontal y el parietal posterior. Este último aporta el plan de acción, el córtex dorsal prefrontal la memoria a corto plazo, y el córtex cingulado anterior la función ejecutiva (Charles, Monk, Lin, Carver, Thomas y Truwit, 1999; Petit, Courtney, Ungerleider y Haxby, 1998)).
- 2° Resolución de la competición de respuesta (Danckert, Maruff, Ymer, Kinsella, Yucel, de-Graaff y Curie, 2000), de manera que su destrucción produce una mayor interferencia de respuesta por parte de los distractores incongruentes con el objetivo.
- 3° Sirve para detectar y señalar la ocurrencia de conflictos en el procesamiento de información, más que para la selección para la acción (Botvinick, Nystrom, Fissell, Carter y Cohen, 1999).

FUNCIÓN DEL CÍNGULO 2

- 4° Sirve para mantener el estado de vigilancia o un estado de anticipación donde uno puede necesitar la selección para la acción, pero no para la selección para la acción en sí (Woldorf, Matzke, Zamarripa y Fox, 1999). Estos autores, usando una tarea de atención espacial donde se manipula la probabilidad del objetivo, esta puede ser alta o baja, registran potenciales evocados masivos y usan la técnica TEP. La detección del objetivo produce ondas P300 distribuidas bilateralmente y se activa el córtex cingulado anterior, en su parte dorsal. Sin embargo, no hay diferencias de activación según la frecuencia del objetivo, que afecta a la frecuencia de selecciones para la acción (responder o no según sea o no el objetivo).

FUNCIONES DEL CÍNGULO 3

- **5° Adivinación en condiciones de incertidumbre.** Se pide a los sujetos adivinar el color de una tarjeta bocabajo, frente a darle la vuelta e informar del color de la tarjeta (Elliot, Rees y Dolan, 1999), se activan el córtex prefrontal lateral, el córtex orbitofrontal derecho, el cíngulo anterior, el córtex parietal inferior de modo bilateral y el tálamo derecho. Al aumentar las demandas de adivinación, se incrementa la activación del córtex orbitofrontal. Es importante destacar que las otras estructuras están implicadas en la memoria de trabajo, pero el córtex orbitofrontal no (Carter, 1998).

Función del cíngulo 4

- 6º Detección y anticipación de errores (Carter, Braver, Barch, Deanna, Botvinick, Noll y Cohen, 1998). Se activa cuando se produce un error de respuesta, y cuando aumenta la competición de respuesta, aunque la respuesta se correcta. Su activación aumenta con la dificultad de la tarea (Paus, Koski, Caramanaos y Westbury, 1998).
- 7º Recuperación consciente de memoria episódica. En un experimento mental, donde los sujetos debían recordar un suceso específico de su experiencia personal pasada (Andreasen, O'Leary, Paradiso, Cizadlo, Arndt, Watkins, Boles y Hichwa, 1999), se activó junto al cerebelo, ciertos núcleos del tálamo, el córtex orbitofrontal y la región parietal izquierda.

Función del cíngulo 5

- 8° Representación cortical del dolor crónico, con relación a su componente afectivo (sufrimiento causado por el dolor), no a su componente sensorial. Se activa junto al córtex somatosensorial primario y secundario, el córtex prefrontal... (García-Larrea, Peyron, Gregoire, Lavenne, Le-Bars, Convers, Mauguiere, Sindou y Laurent, 1999; Talbot, 1999; Hutchinson, Davis, Lozano, Tasker y Dostrovsky, 1999).
- 9° Anticipación del dolor (Koyama, Tanaka y Mikami, 1998), en un estudio con monos con una tarea de evitación del dolor, observaron su activación antes de la aparición del estímulo nociceptivo.
- 10° Circuito emocional y desórdenes emocionales. Se activa junto al córtex prefrontal, el córtex parietal y la amígdala en desordenes de ansiedad y depresión (Richard, Abercrombie, Nitschke y Putnam, 1999; Blair, Morris, Frith, Perrett y Dolan, 1999).

Función del cíngulo 6

- **11° Consciencia de las emociones (Lane, Reiman, Axelrod, Yun, Holmes y Schwartz, 1998).** Tras pasar una película de contenido emocional, los autores correlacionan los cambios en el flujo sanguíneo cerebral durante la proyección con las puntuaciones en una escala de consciencia emocional, que mide la capacidad para experimentar emociones de modo preciso. La puntuación en la escala correlaciona con la activación del córtex cíngulado anterior.
- **12° La cingulotomía bilateral por dolor crónico intratable (Cohen-Ronald, Kaplan, Zuffante, Moser, Jenkins, Salloway y Wilkinson, 1999; Cohen, Kaplan, Moser, Jenkins y Wilkinson, 1999) produce pérdida de actividad espontánea y de iniciativa.**
- **13° Los hombres ante imágenes visuales que aumentan la activación sexual (Stoleru y otros, 1999), activan bilateralmente el córtex inferotemporal, ciertas áreas paralímbicas motivacionales y el córtex cíngulado anterior izquierdo. Durante el orgasmo, es el interruptor de la amígdala.**

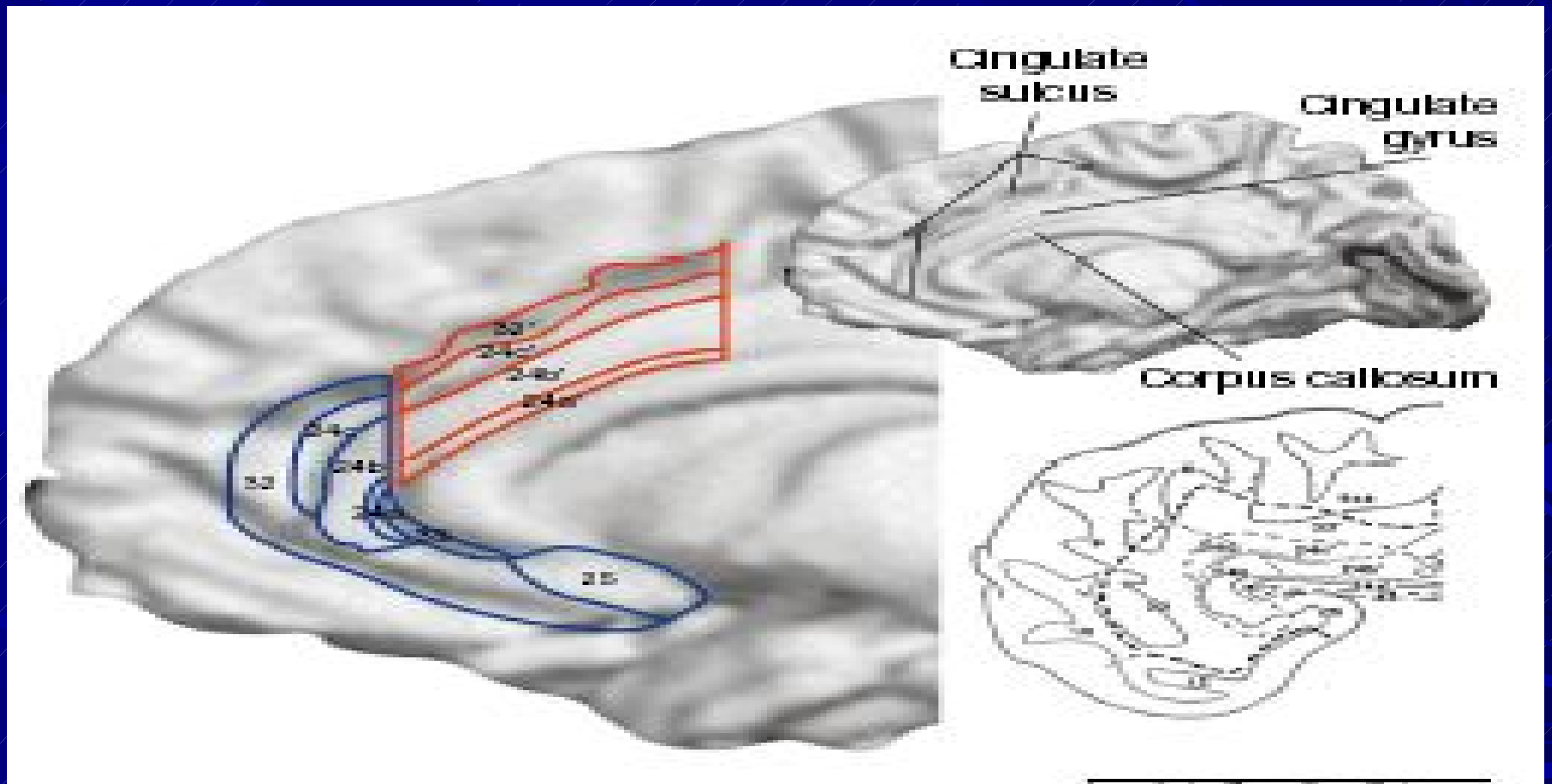
B-La división cognitiva y afectiva del cíngulo: el control emocional

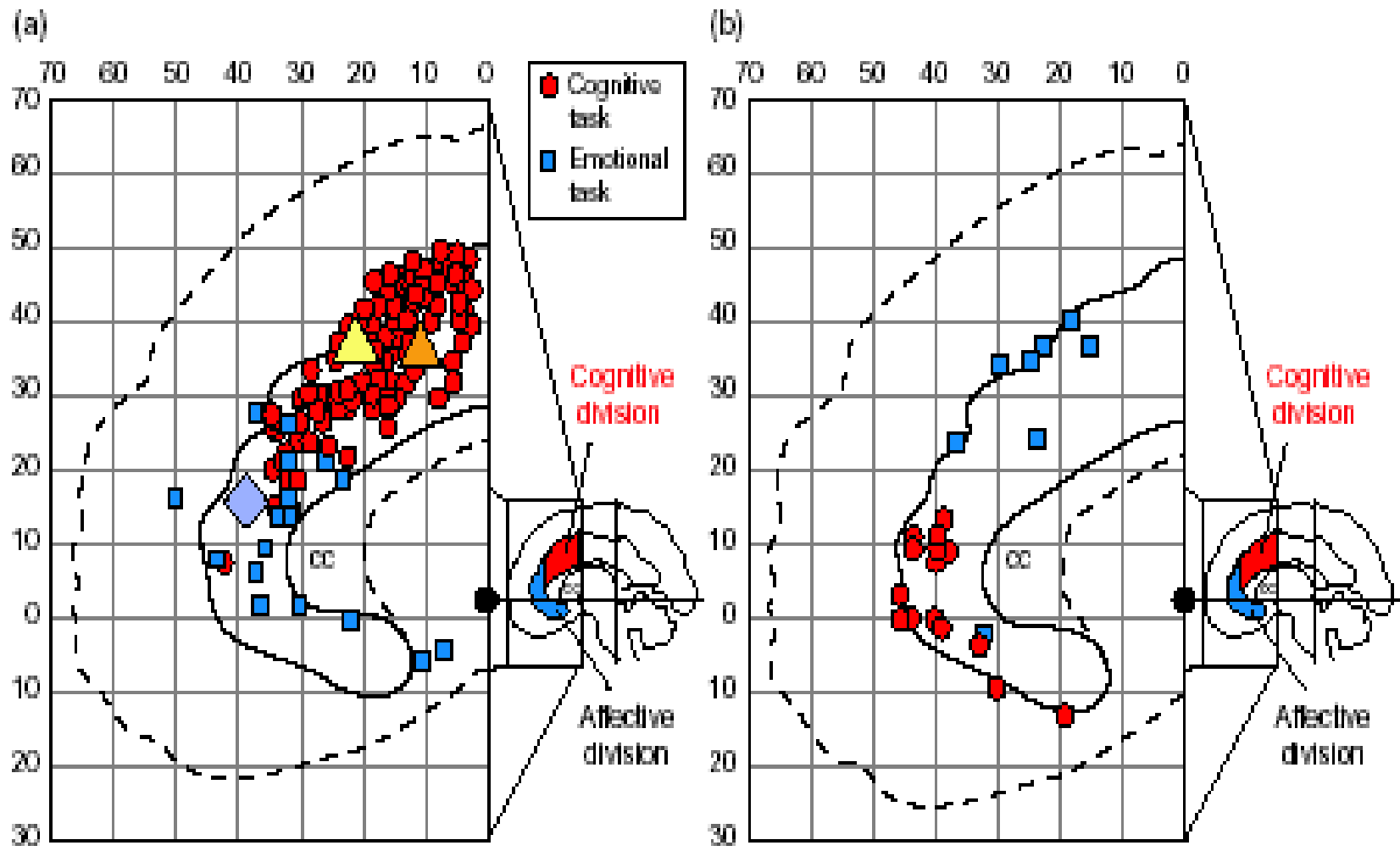
- El conflicto de respuesta activa la parte posterior del cíngulo anterior y el stroop emocional activa la parte anterior del cíngulo anterior.
- La división afectiva formada por el cíngulo, la amígdala, el cortex insular y el orbitofrontal (Bush y otros, 2000).
- La división afectiva decrecienta su activación durante tareas cognitivas de MT, tareas de atención dividida, antisacádica o aprendizaje de secuencias. La división cognitiva suprime su actividad durante estados emocionales intensos (depresión, anticipación del dolor...) –Mohanty y otros, 2007-. Es una relación de supresión recíproca.

Humor positivo y función ejecutiva (Phillips y otros, 2002)

- El efecto del buen humor en las tareas de función ejecutiva depende de la tarea.
- Aumenta la creatividad (la fluidez).
- No aumenta la flexibilidad cognitiva, el razonamiento deductivo o la planificación.
- El buen humor activa los niveles de dopamina en el cortex prefrontal y el cíngulo anterior.
- El buen humor se induce en 5 minutos mediante el recuerdo de un acontecimiento feliz.
- El humor afecta a la interferencia Stroop y a la condición de Stroop alternante, con un costo mayor en ambos casos.

INFLUENCIAS COGNITIVAS Y EMOCIONALES EN EL CORTEX CINGULADO ANTERIOR

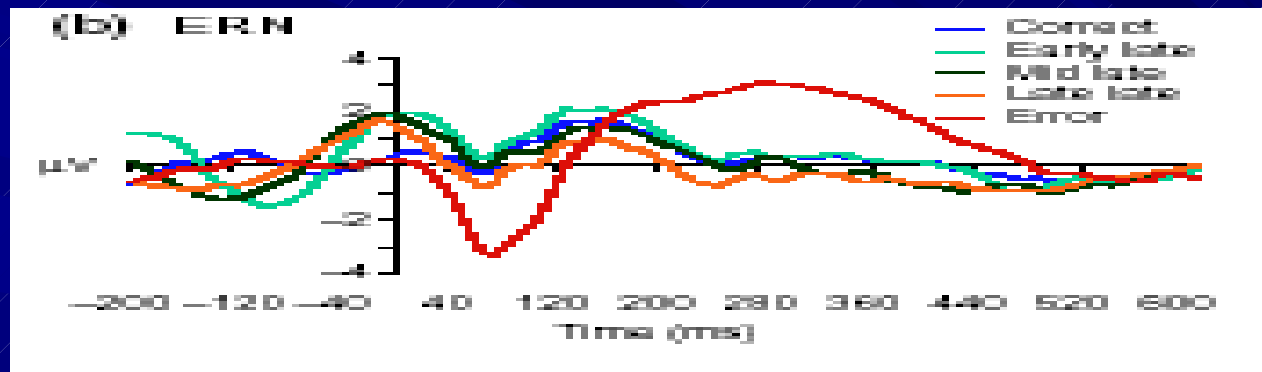




▲ Counting Stroop (Bush et al., Ref. 3) ▲ Counting Stroop (Bush et al., Ref. 17) ◆ Emotional Counting Stroop (Whalen et al., Ref. 18)

C-El cingulo y la detección del error

-Cuando un sujeto realiza un error en una tarea de respuesta conductual se produce una desviación negativa en el potencial, tal y como muestra la figura.



-Este fenómeno es conocido como **Negatividad relacionada con el error**.

D- ACC COMO MECANISMO DE MONITORIZACIÓN DE CONFLICTO O COMPETICIÓN

La división cognoscitiva del ACC sirve para supervisar la interferencia y conflicto entre áreas cerebrales.

Apoyos a esta teoría:

Sujetos con desorden en déficit de atención (no activan la subdivisión cognoscitiva del ACC durante el contar Stroop), muestran una gran activación de ínsula anterior para compensar una disfunción de la red cíngulo frontal.

Fallos de esta teoría:

La activación del ACC ocurre después de que las instrucciones de tarea sean dadas, y mucho antes de que cualquier estímulo sea presentado.

ACC no sólo se activa en ensayos incongruentes. No hay diferencias claras de activación entre ensayos congruentes, incongruentes y neutros en ocasiones (Roelofs y otros, 2006 PNAS 103, número 37).

E-¿Es el cíngulo necesario para el control cognitivo? No servir para nada.

- Pacientes con daño en la parte dorsal del cíngulo anterior pueden hacer la tarea Stroop (Felows y Farah, 2005), ¿es el cíngulo necesario para el control cognitivo?
- También pueden hacer bien una tarea go-no go.
- En ellos, igual que en controles ocurre el fenómeno de enlentecimiento post-error,
- mantienen la capacidad de ajustar la ejecución a las instrucciones de énfasis en velocidad o exactitud...

- Son 4 pacientes , tres con lesión izquierda en dCCA y uno con lesión bilateral. Hacen una tarea Stroop con niveles altos (80% ensayos cong./20% incong.) y bajos de conflicto (20%C/80%I). Actividad en ACC es mayor después de un ensayo congruente en un bloque con mayoría de congruentes-Roelofs y otros, 2006. En la tarea Go/ no Go (no responder al número 4), realizada con niveles bajos y altos de conflicto (% ensayos no go) y con instrucciones de prioridad o de velocidad.

■ **Incong. Alto/cong.Alto/Interf.**

- Pacientes: 938(117)-749(94): 193(38)
- Controles: 837(145)-665(115):171(62)
- $d_i=0.7$, $d_c=0.8$, $d_{interf}=0.2$

■ **Inc.Bajo/cong.Bajo/Interf.**

- Pacientes: 981(184)-843(151):137(33)
- Controles: 808(112)-702(100):106(50)
- $d_i=1.1$, $d_c=1.1$, $d_{interf}=0.7$

- Diferencia entre niveles de conflicto: d para pacientes=1.6, d para controles=1.1. Ambos más interferencia en conflicto alto.
- La interacción grupo x frec. conflicto x stroop no es significativa, $F(1,28)=0.06, p<0.8$.(tampoco las de primer orden)

- **En la tarea go-no go: alto y bajo conflicto en exactitud.**
- Pacientes: 12.4(7.5)- 3.9(1.5)
- Controles: 10(8)-5.3(3.3)
- No hay interacción de grupo x conflicto $F(1,13)=1.8, p<0.21$. $d=0.2$ y -0.5
- **El TR en ensayo correcto tras error frente a ensayo correcto promedio:**
- Pacientes 11.4% más lentos.
- Controles: 3.5% más lentos.
- **Cambio de instrucciones: velocidad/exactitud**
- Pacientes: 476(109)-5.1(1) versus 538(124)-4.5(0.9)
- Controles: 377(47)-8.2(6) versus 422(42)-4.2(1.9)
- $d_{\text{velocidadTR}}=1.2$, $d_{\text{velocidadac}}=-0.8$, $d_{\text{exactitudaTR}}=1.3$, $d_{\text{exactitudac}}=0.2$.
- d para pacientes $=-0.53$, d para controles $=1.02$
- hay efecto de instrucción que no interactúa con grupo.
- Pero en general los pacientes muestran mayor interferencia, más lentitud tras error y menos efecto de las instrucciones.

Fan y otros, 2003 en NeuroImage, 18,42-57

- Tres tareas de conflicto: la tarea de flancos, el stroop de color y stroop espacial, la magnitud de la interferencia respectivamente de 80, 65 y 44.
- La interferencia es siempre significativa pero no hay diferencias entre tareas.
- Todas activan el dCAA izquierdo y el giro frontal medio izquierdo, pero la de flancos más el CAA.
- En otros experimentos, el mayor conflicto para tarea de color (139-16), medio para tarea de flancos (83-4) y menor para conflicto espacial (30-10).
- Las correlaciones entre tareas de la magnitud de interferencia no son significativas: oscilan entre -0.05 y 0.23.
- En resumen, los datos no apoyan unidad entre diferentes medidas de conflicto, ni relación de la magnitud de interferencia con la activación ACC, ni un rol de esta estructura en resolución de conflicto, tal vez en monitorización del mismo.

Rusworth y otros, 2004 en TRENDS in Cognitive Sciences, 8,número 9. MONOS

- Repasan los posibles roles de ACC y de SFG (una zona de preSAM, el giro frontal superior medial).
- ACC: tiene un papel menor en Memoria de trabajo frente a DLPFC por estudios de lesiones en monos.
- Tiene un papel menor en resolución de conflicto y cambio de tarea frente a lateral PFC por estudio de lesiones en monos. Quizás su papel aquí sea monitorizar potenciales errores. SFG si asociado a conflicto de respuesta y cambio de tarea (del set de respuesta).

ACC en monos

- ACC y la detección de error: su activación aumenta cuando se cometen errores en tareas go-no go, flanker...
- La activación de ACC aumenta con la reducción de la recompensa. También aumenta al recibir reforzadores positivos. Se asocia a las consecuencias de la respuesta, a un cálculo de costos y beneficios: A la asociación entre respuesta y el valor reforzador de su consecuencia, con independencia de si es positivo o negativo.
- Su daño impide selección de respuestas por recompensa, pero no la selección por claves externas: conducta voluntaria dirigida a meta: ACC se activa al pedir respuestas aleatorias autogeneradas sin claves (mov. de dedos).

- ACC codifica la recompensa esperada de una acción, si la acción puede llevar a un error y la razón entre la recompensa y el costo de ejecutar la acción. Ratas deben elegir entre camino difícil para recompensa grande o camino fácil para recompensa pequeña. Si daño en ACC no eligen el camino difícil.
- También registra la persistencia. Monos que deben realizar serie de acciones para obtener recompensa. La activación ACC cambiaba con la posición en la serie, al progresar hacia la recompensa.

LA CUESTIÓN ES: SERVIR PARA TODO O PARA NADA

Modelo de N & S: se Identifica
la activación del cíngulo con amplia
variedad de operaciones de control en
manejo de situaciones nuevas,
tratamiento de errores y conflicto..
Los hilos verticales, motivacional y
atencional.

La evidencia, al analizar sus funciones una a una es más compleja, pero parece claro que no es un ejecutivo central ni un sistema atencional supervisor.

Patologías frontales: ¿Perfiles distintos?

- El daño subcortical del circuito frontoestriado también produce déficits FE.
- Parkinson, Huntington, parálisis supranuclear progresiva, vasculopatía subcortical, desórdenes psiquiátricos como esquizofrenia y depresión mayor (hipofrontalidad).
- Trastorno obsesivo-compulsivo (hiperfrontalidad)
- Autismo: ok stroop y mal flex.cog . y planificación. Daño FE caliente.
- Hiperactividad (control inhibitorio. Daño FE fría), Síndrome de Tourette (daño en fluidez verbal). Problemas en demencia, Alzheimer, EM...

Hiperactividad.

- En hiperactividad hay disfunción frontoestriada (Cortex prefrontal lateral, cortex cingulado anterior dorsal, caudado y putamen) –Bush y otros, 2005-.
- En hiperactividad no hay activación del cíngulo en Stroop de contar, pero sí efecto conductual. Se relaciona al cíngulo con el conflicto de respuesta y su daño con la impulsividad. También fallan en WCST y CPT (Bush y otros, 1999).
- En hiperactividad, muestran mayor interferencia que controles en el Stroop de color pero no en el Stroop de contar. La interferencia no es una función general (Albrecht y otros, 2008).

Tareas infantiles de FE (Zelazo y Müller)

- Versiones infantiles de Stroop, gambling task, Go-No Go...
- A no B error (Piaget).
- Stroop de día-noche: decir día ante dibujo nocturno o viceversa.
- Respuesta demorada: MCP y más recompensa a más demora.
- Dimensional Change Card Sort (DCCS): un WCST simplificado
- Tarea de falsa creencia: persona esconde objeto en localización A. Sin su conocimiento se pasa a lugar B. ¿dónde buscará el objeto?

- Juego de manos de Luria, automático (imitar puño cerrado o sacar dedo) y controlado (hacer lo contrario).
- Inversión de contingencias.
- Self-ordered pointing: puzzle cuyas piezas cambian de posición de presentación a presentación, se debe señalar una nueva cada vez.
- Tarea de ventana: dos cajas con agujero. El niño ve contenido. Una vacía. Debe dirigir al experimentador a una. Recibe el contenido de la otra.

La función ejecutiva y la edad: desarrollo

- Las funciones ejecutivas mejoran con el desarrollo, en función de la maduración frontal.
- La inhibición de respuesta dominante, con la tarea de Piaget A no B, es posible al año de edad. Con el Stroop de sol-noche, luna-día, el mayor desarrollo entre 6 y 8 años. A los 6 años pueden resistir distracción y a las 10 inhibir atención a estímulos irrelevantes y evitar errores perseverativos. A las 12, madurez completa en estos aspectos inhibitorios, por ejemplo con la tarea Go/no Go.
- En la adolescencia aumenta la capacidad atencional y la velocidad de procesamiento.
- A los tres años hacen planes verbales familiares. De 7 a 11 años, conducta estratégica y razonamiento. Su mayor desarrollo entre 5 y 8 años y sigue mejorando hasta edad adulta.
- Cambio de tarea, no es posible a los 3 años. Mejora entre 7 y 9 años hasta la adolescencia.
- En resumen, la primera función ejecutiva es inhibir conducta sobreaprendida y la última la fluidez verbal fonológica (a los 14 o 15 años aún inferior a adultos).

Declive de la función ejecutiva

- Afectada por el nivel de educación y la experiencia
- Edad: la flexibilidad declina a los 70 años. Perdidas en control, planificación (60) y fluidez (aumenta de 20 a 40, declina lento de 40 a 60. Rápido declive a los 80).
- Tanto el desarrollo como el declive de la FE apoyan su carácter múltiple.

CONCLUSIONES

- Un gran red común distribuída para atender.
- Áreas preferentes: DLPFC (resolución conflicto), IFC (inhibición) y dACC (monitorización) (divisióncognitiva). OFC (inhibición afectiva) y aACC (control autonómico /valor de recompensa): división emocional
- Se activa para atención dividida, sostenida y selectiva.
- ¿Funciones discretas de áreas particulares?
- Las zonas extrafrontales (parietal y talamo). El dorsolateral. El ventrolateral. El orbitofrontal y el cíngulo anterior.
- En el cambio atencional se activan todos en diferentes estudios. Igual ocurre con la inhibición de respuesta.
- Cada área más de una función. Cada función más de un área.
- Límites difusos entre capacidad y control.
- Límites difusos entre atención (selección, procesamiento de abajo-arriba) y función ejecutiva (procesamiento de arriba-abajo, metas e instrucciones)
- Límites difusos entre monitorizar conflicto y regular conflicto.

Conclusiones 2

- Lá unica zona dependiente de la carga perceptual y la magnitud del efecto el cortex dorsolateral prefrontal. El cingulo es insensible a la magnitud y la carga y el ventrolateral se activa más al disminuir la carga o la interferencia.
- Resumen:
- Un área (CINGULO) varias funciones ejecutivas (monitorizar conflicto, resolverlo, detectar error, memoria de trabajo, cambio de tarea...).
- Una función ejecutiva (INHIBICIÓN DE RESPUESTA) en varias áreas.
- Una tarea (WCST), varias funciones ejecutivas y áreas.

- En Hiperactividad puede estar afectado todo: el orbitofrontal, el cíngulo, el dorsolateral, o daños extrafrontales. Diferentes componentes atencionales o sus interacciones. Buscar perfiles de síndromes (límites difusos).
- Diferenciar FE frías y calientes. La inversión de contingencias de aprendizaje es caliente, el cambio de tarea es fría. Dias et al, 1996 en Nature.
- El papel de la interconexión. El procesamiento compensatorio: si cíngulo dañado, la tarea ejecutiva y todas las funciones ejecutivas que se le atribuyen pueden llevarse a cabo, pero mayor activación de la ínsula y zonas adyacentes.