

AVANCES EN PSICOLOGÍA CLÍNICA

ISBN: 978-84-695-3599-8

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PSICOLOGÍA CONDUCTUAL (AEPC)

INTRODUCCIÓN AL CÓRTEX PREFRONTAL Y LAS FUNCIONES EJECUTIVAS: CONEXIONES ENTRE NEUROBIOLOGÍA Y COGNICIÓN

Carlos Valiente-Barroso, Sara Fernández-Guinea y Emilio García-García

Departamento de Psicología Básica II (Procesos Cognitivos)

Universidad Complutense de Madrid, España

Introducción

El conocimiento relativo a la importancia del lóbulo frontal en el funcionamiento cerebral (cognitivo, emocional, volitivo y social), ha experimentado un desarrollo gradual, encontrándose, actualmente, en la vanguardia de la investigación neuropsicológica. Varios trabajos jalonan los inicios de esta progresión, destacando las aportaciones de Lanfranchi (1250-1306), pionero en describir una secuela clínica por lesión en el lóbulo frontal; Swedenborg (1688-1772), que lo relacionó con las funciones superiores; Gall (1758-1828), atribuyéndole cualidades mentales superiores; Spurzheim (1776-1832), que, junto al anterior, lo responsabilizaron del cálculo y el habla; y Harlow (1819-1907), quien relacionó el lóbulo frontal con el control del comportamiento, basándose en el conocido caso de Phineas Gage. Actualmente, los estudios basados en animales, los casos clínicos y las técnicas de neuroimagen están permitiendo profundizar en su entramado estructural y funcional.

Método

Revisión crítica de los más destacados estudios relativos a aspectos neurofuncionales del córtex frontal, mediante búsqueda y síntesis de publicaciones de referencia para la comunidad científica.

Resultados

Desarrollo y maduración del lóbulo frontal

Filogenéticamente, la corteza prefrontal neocortical aparece con los mamíferos. Por otra parte, se había postulado, durante décadas, que era significativamente más voluminosa en el humano respecto de cualquier otra especie. Estudios más recientes, elaborados a partir de la comparativa entre humanos y primates no humanos, contradicen este dato, basándose en el volumen total del lóbulo frontal y sus principales regiones (Semendeferi *et al.*, 2002). Así, el tamaño relativo del lóbulo frontal fue similar en todos los homínidos: macacos (28,1%), gibones (31,1%), orangutanes (35,3%), gorilas (32,4%), chimpancés (35,9%) y humanos (36,7%), situándose, el volumen de la sustancia blanca como elemento diferencial de los humanos (Schoenemann, Sheehan y Glotzer 2005).

Analizando su evolución ontogenética, descubrimos que el desarrollo estructural y funcional en el ser humano es el más tardío de toda la neocorteza (Diamond, 2002). Los cambios principales que se observan en el lóbulo frontal durante su desarrollo incluyen procesos de arborización dendrítica, mielinización y sinaptogénesis (Anderson, Anderson, Northram, Jacobs y Catroppa 2001). La corteza prefrontal se encuentra relativamente inmadura en el niño recién nacido, continuando su maduración durante la niñez y bien entrada la adolescencia (Anderson *et al.*, 2001). Se han demostrado períodos en el desarrollo humano en los que aparece un desarrollo más marcado de la corteza prefrontal, mediante mayor mielinización, y con el consecuente incremento de la sustancia blanca. El primero de estos períodos se observa entre el nacimiento y los 2 años; el segundo, entre los 7 y los 9, y, el último, al final de la adolescencia, entre los 16 y los 19 años (Sowell *et al.*, 2003). El desarrollo progresivo de las funciones ejecutivas durante la infancia coincide con la aparición gradual de conexiones neuronales dentro de los lóbulos frontales (Nagy, Westerberg y Klingberg, 2004). Finalmente, la maduración del córtex prefrontal se estabilizará, mostrando declive en la vejez, manifestado mediante una curva en forma de U invertida (Diamond, 2002).

Caracterización estructural

El lóbulo frontal se puede caracterizar por su disposición citoarquitectónica, irrigación vascular y conectividad cortical. Así, está constituido por una amplia porción del córtex, delimitado por el polo anterior del cerebro, la cisura central de Rolando y una prolongación artificiosa que, desde el final de esta cisura, confluye con la cisura de

Silvio. Brodmann, y revisiones posteriores, parcelaron el córtex frontal en 15 áreas citoarquitectónicas (4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 24, 25, 32, 33, 44, 45, 46, 47); éstas, no expresan una relación morfométrica exacta respecto a las cisuras y circunvoluciones que conocemos (Amunts *et al.*, 1999). Desde otro enfoque citoarquitectónico, centrada en la presencia de la capa IV, puede dividirse en dos amplias zonas celulares: aquella con una capa IV rudimentaria o ausente (corteza frontal agranular), y otra en la que presente un buen desarrollo (corteza frontal granular) (Preuss, 1995).

Respecto a su vascularización, el lóbulo frontal está irrigado, fundamentalmente, por la arteria cerebral anterior y la arteria cerebral media (ver Tabla 1).

Dado que el córtex prefrontal posee una elevada capacidad para manipular información ligada a otras áreas del cerebro, parece lógico que se encuentre conectado con el resto de áreas del neocórtex, a través de conexiones córtico-corticales; especialmente, esta conectividad se produce con áreas corticales asociativas. A modo de ejemplo de vía frontocortical, podríamos citar las vías visuales corticales del ‘qué’ y el ‘dónde’, que, partiendo de zonas occipitales, se dirigen a áreas inferotemporales y parietales, respectivamente, hasta desembocar en la región prefrontal (Rao, Rainer y Miller, 1997). A su vez, establece íntimas conexiones con regiones subcorticales y límbicas, destacando las que mantiene con los ganglios basales, tálamo, amígdala, córtex entorrinal e hipocampo. Las conexiones fronto-subcorticales pueden sintetizarse mediante un circuito prototípico (ver Gráfico 1).

Córtex frontal - Núcleos Tálamo - Ganglios Basales – Áreas cerebrales

Gráfico 1. Bucle frontotalámico que conecta eferencias de distintas áreas cerebrales con el córtex frontal, a través de los ganglios basales y el tálamo.

División anátomo-funcional

Basándonos en estudios clínicos, experimentación animal, así como en otras revisiones, parcelamos la corteza frontal en cinco zonas funcionalmente especializadas: 1) córtex motor o área motora primaria; 2) córtex premotor; 3) *operculum* frontal; 4) córtex prefrontal o área asociativa frontal; 5) zona paraolfatoria o subcallosa (Mountclaste, 1997). El córtex prefrontal destaca por su relación con las denominadas Funciones Ejecutivas, que constituyen los procesos cognitivos y emocionales más sofisticados del ser humano (Tirapu-Ustarroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrín-Valero,

2002). El vínculo entre estas funciones y las distintas áreas del córtex prefrontal, se puede encontrar sintetizado en la Tabla 1.

Tabla 1. Vascularización, división citoarquitectónica (Brodmann) y funciones ejecutivas asociadas a las áreas del córtex prefrontal.

Áreas de Brodmann	Funciones ejecutivas involucradas	Irrigación vascular	
<i>Córtex Prefrontal Dorsolateral</i>	8 (zona anterior), 9, 10, 11, 12, 45, 46, 47	-Planificación -Memoria de Trabajo -Fluidez verbal -Solución de problemas complejos -Flexibilidad mental -Generación de hipótesis -Secuenciación -Metacognición -Autoevaluación -Cognición social -Conciencia autoconsciente	Arteria cerebral media Arteria cerebral anterior
<i>Córtex Prefrontal Orbital (Orbitofrontal)</i>	11, 12, 47 (porciones inferiores), 13, 14	-Procesamiento y regulación de las emociones y estados afectivos -Regulación y control de la conducta -Detección y ajustes respecto de cambios ambientales -Toma de decisiones basadas en estimación riesgos-beneficios	Arteria cerebral media Arteria cerebral anterior
<i>Córtex Frontomedial (Cingulado)</i>	11 y 12 (zonas posteriores), 24, 25, 32, 33	-Inhibición -Procesos de mentalización -Detección y solución de conflictos -Regulación atencional -Control de estados emocionales y agresividad -Control autónomo y visceral	Arteria cerebral anterior

Conclusiones

El córtex frontal constituye un área cerebral fundamental, responsable de las más sofisticadas capacidades del ser humano, destacando las conocidas como ‘funciones ejecutivas’. Su desarrollo filogenético y ontogenético muestra peculiaridades con respecto a otras regiones cerebrales, estando caracterizado por su peculiar división anátomo-funcional, entramado citoarquitectónico, irrigación vascular y conectividad cortical y subcortical.

Referencias

- Amunts, K., Scheilecher, A., Bürgel, U., Mohlberg, H., Uylings, H.B.M. y Zilles, K. (1999). Broca's region revisited: cytoarchitecture and intersubject variability. *Journal of Computational Neuroscience*, 412, 319-341
- Anderson, V., Anderson, P., Northram, E., Jacobs, R. y Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20, 385-406.
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: cognitive function, anatomy and biochemistry. En D.T. Stuss y R.T. Knight (Eds.). *Principles of frontal lobes function*. London: Oxford University Press.
- Mountclaste, B.V. (1997). The columnar organization of the neocortex. *Brain*, 120, 701-22.
- Nagy, Z., Westerberg, H. y Klingberg, T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 1227-1233.
- Rao, S.C, Rainer, G. y Miller, E.K. (1997). Integration of what and where in the primate prefrontal cortex. *Science*, 276, 821-4.
- Schoenemann, P.T., Sheehan, M.J. y Glotzer, L.D. (2005). Prefrontal white matter volume is disproportionately larger in humans than in other primates. *Nature Neuroscience*, 8, 242-252.
- Semendeferi, K., Lu, A., Schenker, N. y Damasio, H. (2002). Humans and great apes share a large frontal cortex. *Nature Neuroscience*, 5, 272-276.

Sowell, E.R., Peterson, B.S., Thompson, P.M., Welcome, S.E., Henkenius, A.L., y Toga, A.W. (2003). Mapping cortical change across the human lifespan. *Nature Neuroscience*, 6, 309-315.

Tirapu-Ustarroz, J., Muñoz-Céspedes, J.M. y Pelegrín-Valero, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34, 673-85.