

Neurofuncionalidad ejecutiva: estudio comparativo en las altas capacidades

Sylvia Sastre-Riba, Tomás Ortiz

Introducción. Desde una perspectiva diferencial, la alta capacidad intelectual es una expresión del funcionamiento intelectual con unos correlatos funcionales característicos y unos correlatos estructurales de la actividad neural subyacente que sugieren una capacidad ejecutiva mejorada como característica relevante, destacando en ella una memoria de trabajo más eficaz.

Desarrollo. Se analizan las evidencias neurocientíficas sobre los mecanismos neurales que pueden explicar las diferencias entre el funcionamiento intelectual de la alta capacidad intelectual y la capacidad intelectual típica, y se revisan las posibilidades que ofrece el registro de potenciales evocados para apresar procesos mentales fundamentales que permitan explicar las diferencias entre ellas.

Conclusiones. Las evidencias neurocientíficas mediante electroencefalografía u otras técnicas de imaginería mental muestran que el cerebro, como correlato estructural de la alta capacidad intelectual, tiene mayor eficiencia neural, interconectividad y diferencias en la citoarquitectura. Es un cerebro que captura, comprende e interpreta la realidad de forma cualitativamente diferente. Pero las diferencias neurales son estructurales y la alta capacidad intelectual emerge de su plasticidad funcional. Es decir, es un cerebro preparado para una mejor regulación ejecutiva que no siempre guarda relación directa con la excelencia y la eminente manifestación de su potencialidad porque precisa de otros condicionantes como la motivación, la organización del conocimiento, rasgos personales de temperamento o perfeccionismo, y condicionantes exógenos.

Palabras clave. Alta capacidad intelectual. EEG. Eficacia neural. Neuroimagen. Regulación ejecutiva.

Introducción

El concepto de inteligencia hace referencia a un constructo esencial para el comportamiento humano que está vinculado a cómo las personas se diferencian en su habilidad para comprender ideas complejas, planificar, adaptarse al entorno de forma efectiva, aprender con la experiencia o llevar a cabo distintos tipos de razonamiento que permiten resolver obstáculos o alcanzar nuevas ideas o productos útiles y de excelencia. Uno de los ámbitos de su estudio proviene de la neurociencia que, apoyada con los modernos métodos de neuroimagen, postula la existencia de unos correlatos biológicos que pueden explicar las diferencias individuales en la habilidad cognitiva.

La variabilidad en la competencia para el funcionamiento intelectual abre el campo de las diferencias individuales, en el que la alta capacidad intelectual (ACI) es una de sus expresiones, estadísticamente poco frecuente, manifestada en algunas personas que demuestran una alta habilidad o potencialidad para el aprendizaje (aptitud) o un rendimiento original y útil escasamente observado en otros, en uno o varios dominios que incluyen un área determinada

que reclama el uso de distintos tipos de símbolos (p. ej., música, lenguaje o matemáticas) o un conjunto de habilidades sensorimotoras (pintura, danza, deportes...). Por lo tanto, su configuración es multidimensional [1] y se explica por diversas variables que actúan como factores predictores: habilidad general o específica, creatividad, y otras variables moduladoras de éstas que las nutren y posibilitan, como la gestión de recursos intelectuales, la motivación, el esfuerzo, la oportunidad y la suerte. Consecuentemente, la ACI se desarrolla [2] en una covariación entre lo genético, las influencias contextuales y las características intelectuales individuales, motivación y maduración social que explican su cristalización en logros eminentes durante la adultez.

La expresión de la ACI sería, pues, el resultado de la interacción entre unos correlatos estructurales y funcionales que dan lugar a distintas trayectorias de desarrollo en las que las características personales o sociales y la gestión de los recursos intelectuales disponibles pueden explicar su expresión [3].

La neurociencia también subraya la interacción de variables amplificadores e inhibidoras de la expresión del potencial genético asociadas a la experiencia y motivación, como la covariación medio-

Departamento de Ciencias de la Educación; Universidad de La Rioja; Logroño, La Rioja (S. Sastre-Riba). Departamento de Medicina Legal, Psiquiatría y Anatomía Patológica; Universidad Complutense de Madrid; Madrid, España (T. Ortiz).

Correspondencia:

Dra. Sylvia Sastre Riba.
Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de La Rioja. Luis de Ulloa, 2 E-26004 Logroño.

E-mail:

sylvia.sastre@unirioja.es

Financiación:

Proyecto I+D de Excelencia EDU2016-78440-P y convenio con la Consejería de Educación, Formación y Empleo (Gobierno de La Rioja).

Declaración de intereses:

Los autores manifiestan la inexistencia de conflictos de interés en relación con este artículo.

Aceptado tras revisión externa:

06.02.18.

Cómo citar este artículo:

Sastre-Riba S, Ortiz T. Neurofuncionalidad ejecutiva: estudio comparativo en las altas capacidades. Rev Neurol 2018; 66 (Supl 1): XXX-XXX.

© 2018 Revista de Neurología

ambiental y la plasticidad cerebral a lo largo de la vida, lo que implica la confluencia de componentes estructurales (cerebro) y circunstanciales (entorno); sin los primeros, no es posible 'crear' la ACI, pero sin los segundos, el potencial cerebral tampoco se concreta en competencias significativas.

Comprender cómo interactúan los correlatos estructurales con los correlatos funcionales observables en la conducta es un apasionante y prometedor campo de estudio interdisciplinar que asume que las funciones cognitivas y la representación mental son posibles debido a la actividad neural, dirigiendo sus esfuerzos hacia el examen comparativo de las bases neurobiológicas de las diferencias individuales en la competencia intelectual [4] o en la organización cerebral subyacente [5,6].

La aparición de los modernos métodos neurocientíficos de imaginería mental, como la tomografía por emisión de positrones y la resonancia magnética funcional, junto con la electroencefalografía (EEG) multicanal y la magnetoencefalografía, entre otros, ha cambiado la aproximación a la inteligencia más allá de la tradicional postura psicométrica, permitiendo aproximaciones interdisciplinares como el neuroconstructivismo [7] que ofrecen nuevas interpretaciones sobre su base estructural y desarrollo, integrando los condicionantes genéticos, neurológicos y ambientales en la construcción sucesiva de la representación mental y la inteligencia humana en continuo cambio y transformación probabilística, aproximación que modifica el marco de estudio de la ACI, integrándolo [2,3]. Con ellos, los investigadores estudian la relación entre la actividad cerebral y la inteligencia durante la realización de tareas de resolución de problemas de diverso tipo (tareas abiertas, cerradas, de *insight*, creativas...) a distintas edades, como alternativa a los tests psicométricos.

Neuroanatomía y ACI

Si la ACI supone la expresión de una alta potencia intelectual como resultado de la interacción continuada entre unos correlatos estructurales (base neurobiológica) y funcionales, conocer los primeros implica apresar la actividad neural diferencial que permite explicar cómo funciona su mente, aun teniendo en cuenta que su estudio está condicionado por la no linealidad entre estructura y función y por el abanico de atributos neurales que contribuyen a la manifestación de la inteligencia [8,9].

Para ello, es preciso atender a estos atributos neurales [8,9]: la citoarquitectura de la corteza en áreas

clave de funcionalidad, la interconectividad de módulos funcionales que posibilitan la transferencia de la información, la densidad y distribución de la sustancia gris y blanca que permiten el procesamiento de la información, y la eficacia de funciones modulares, especialmente aquellas ubicadas en la corteza prefrontal.

Consecuentemente, las estructuras y funciones cerebrales que contribuyen, con una probada interconectividad, a los actos inteligentes son básicamente [8]:

- *Corteza prefrontal*: da soporte a la memoria de trabajo y a las funciones ejecutivas.
- *Hipocampo y corteza orbitofrontal*: posibilitan la memoria a largo plazo.
- *Corteza orbitofrontal*: hace posible la toma de decisiones.
- *Subcorteza límbica*: está implicada en la mediación emocional.
- *Lóbulo parietal*: permite generar relaciones entre conceptos.
- *Cerebelo*: hace posible la coordinación física y mental en el rendimiento.

Por lo tanto, las características que buena parte de profesionales esperan de la ACI, como la precocidad intelectual con la que a veces se expresa, el rápido procesamiento de la información, la preferencia por la comprensión y tratamiento en profundidad de la información, la abstracción o la predilección por el pensamiento creativo, cabe esperar que estén soportadas por una dotación estructural superior en algunas de las anteriores estructuras o atributos neurológicos, más allá de las criticadas propuestas de Geschwind y Galaburda [10].

Los estudios neurocientíficos sobre los correlatos estructurales subyacentes en el cerebro de personas con ACI comienzan a ofrecer prometedores resultados que todavía hay que interpretar con cautela. Estos resultados, que pueden covariar según el tipo y dificultad de las tareas estudiadas [11], apuntan a la existencia de tres rasgos propios del funcionamiento y configuración del cerebro de las personas con ACI: la eficiencia neural de funcionamiento, la interconectividad y las particularidades en la citoarquitectura que lo posibilitan.

Eficiencia neural

Si bien no hay significativas diferencias en cuanto al volumen cerebral, se aportan evidencias de que, ante una misma tarea, hay mayor eficiencia cognitiva en el caso de las personas con ACI que en las de capacidad media, lo cual conduce a postular que

ese cerebro funciona con mayor eficiencia neural [12,13]. Es decir, consigue los objetivos con menor activación cerebral, pero más efectiva y selectiva de las áreas cerebrales específicas implicadas (tiempo, esfuerzo subjetivo), consume menos energía [14, 5] y crea o establece un mayor número de asociaciones neuronales.

La eficiencia neural se ha probado mediante avanzados análisis EEG que muestran [13,16] que las personas con ACI activan con mayor frecuencia ondas alfa (indicando menor esfuerzo) que la cohorte de iguales sin alta capacidad ante la misma tarea, y tiene menor consumo metabólico [14]; otros autores [12] indican que el menor esfuerzo en la alta capacidad se relaciona con la desincronización de las ondas alfa. Por otra parte, investigaciones como la de Jin et al [17] demuestran (Figura) que las personas con ACI activan selectivamente áreas cerebrales especialmente vinculadas con la tarea o estímulo a procesar, evidenciando la eficiencia de funcionamiento y una mayor economía de recursos. Otros autores [18,19] postulan que la eficiencia podría relacionarse con una mayor mielinización que permitiría una mejor transmisión eléctrica.

Estos postulados confluyen en mostrar un cerebro en desarrollo con algunas diferencias en su citoarquitectura, activación, conectividad y complejidad de ciertas áreas cerebrales.

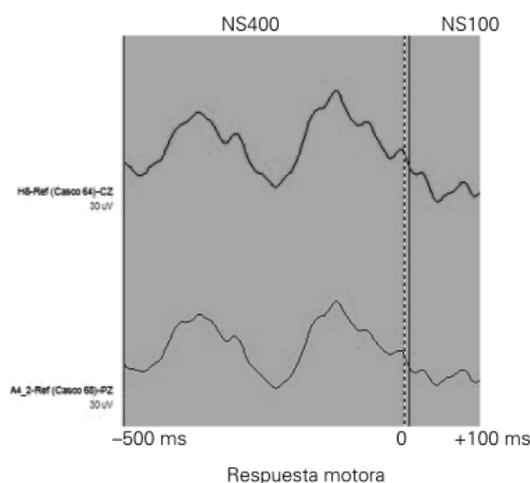
Citoarquitectura e interconectividad cerebral

Los estudios de neuroimagen aportan algunas diferencias cuantitativas y cualitativas en la densidad de sustancia gris y blanca en las áreas frontales, con mayor densidad neuronal resultante, pero mayor delgadez en la corteza frontal [20], lo cual indica más eficiencia de los recursos neurales. Esta neuroanatomía tiene un desarrollo dinámico que muestra que la corteza de los más inteligentes es más delgada a los 8 años, pero crece rápidamente hasta ser más denso que el del resto durante la adolescencia, especialmente en las áreas frontales, parietales y temporales.

Por otra parte, se ponen en evidencia diferencias en la maduración y mielinización más temprana del lóbulo frontal [13] que acompañan a la mayor activación bilateral, que algunos autores [5] relacionan con la funcionalidad diferencial para un procesamiento más rápido, mejor memoria de trabajo, alto nivel de pensamiento abstracto y creatividad. Ello comporta atención selectiva o énfasis en los *inputs* relevantes frente a los no relevantes [21].

Otra característica significativa es la interconectividad interhemisférica, probada por la mayor den-

Figura. Potenciales evocados anteriores a la respuesta, registrados en los electrodos de la línea media Cz y Pz. La primera onda negativa NS400 corresponde con el primer procesamiento cerebral, y la segunda, NS100, con el segundo procesamiento cerebral antes de la toma de decisión: 500 ms antes de la respuesta motora, al inicio de la respuesta motora (0) y 100 ms después de la respuesta motora.



sidad de los tractos de la sustancia blanca del cuerpo caloso, que permite una mejor transferencia y procesamiento de la información, y por la activación bilateral persistente de la corteza prefrontal pero también frontoparietal, además de la de otras áreas del cerebro [22]. Estas evidencias han sido corroboradas y ampliadas por estudios que muestran la existencia de una activación bilateral del lóbulo frontal y del parietal en tareas espaciales y matemáticas con el cerebelo [23] y el cíngulo anterior (cuerpo caloso) o interhemisférico.

Esta interconectividad estructural especialmente densa en la ACI [24] facilita la eficiencia y conectividad bilateral entre distintas áreas cerebrales y, con ello, la integración de la información de diferentes regiones en una red dinámica que permite al cerebro una mayor capacidad de adaptación para resolver la ambigüedad [6] o el recuerdo [23], lo que explicaría la eficiencia de funcionamiento mencionada.

En suma, el cerebro con ACI es más eficiente porque puede disponer de mayores recursos neuronales para el procesamiento automático antes de la activación frontal, por lo que la memoria de trabajo y la capacidad para mantener un objetivo son mejores, dando soporte a una mayor complejidad representacional, mayor conocimiento interrelacionado, estructuras cognitivas más complejas y un mejor control cognitivo (o regulación ejecutiva).

Estas evidencias permiten postular que el cerebro con ACI apoya un sistema de distribución neural o espacio de trabajo con conectividad a larga distancia que potencia la interconexión múltiple de áreas especializadas de forma coordinada, lo cual permite la comunicación y movilización de recursos neurales facilitadores del pensamiento analógico, menor esfuerzo en la resolución de tareas, mayor sincronización neural [25], generación interna de mayor varianza intelectual, generación de hipótesis, fluidez analógica y pensamiento creativo. Todo ello se vincula con una mayor eficiencia ejecutiva y, especialmente, de la memoria de trabajo, que dan soporte a un funcionamiento cognitivo cualitativamente distinto. En suma, un cerebro que captura, comprende e interpreta la realidad de forma cualitativamente diferente.

Neurotemporalidad de los procesos cognitivos mediante EEG

El estudio de los mecanismos neurales vinculados a diferentes procesos cognitivos precisa métodos que permitan conocer la reactividad del cerebro ante ciertas tareas o eventos. Entre las técnicas neurofuncionales, la neurofisiología clínica tiene la capacidad de poder estudiar la temporalidad de los procesos cognitivos mediante el estudio de los potenciales evocados, así como la relación entre el proceso sensorial y la respuesta motora, analizando los potenciales evocados postestimulación sensorial y prerrespuesta motora [26,27].

El EEG mediante la técnica de los potenciales evocados permite analizar la temporalidad de potenciales eléctricos representando la suma de un largo número de potenciales dendríticos neuronales en el cerebro, lo que ofrece una grabación continua de la actividad cerebral [28]; por ello, numerosos estudios han aportado una correlación entre inteligencia y EEG y han mostrado su funcionamiento diferencial [14,15,29,30], también referidos a la ACI [16,31,32]. En esta línea, Fernández et al [27] demostraron una correlación significativa entre el potencial evocado N200 y la respuesta motora medida mediante electromiograma en participantes con ACI frente a los de capacidad media.

Entre los estudios con EEG, algunos pretenden analizar los eventos sensoriales asociados con la respuesta motora. Sus resultados indican que existe una relación directa entre los diferentes componentes de potenciales evocados con las distintas etapas del procesamiento de la información y su respectiva respuesta motora [33,34]. Por ello se ha tratado

de relacionar distintos parámetros de los potenciales evocados y la inteligencia, imprescindible para llevar a cabo estrategias cognitivas en la resolución de problemas y la toma de decisión motora [35,36].

Un aspecto importante es entender qué eventos neurofisiológicos están asociados antes de que la persona dé una respuesta. Estos potenciales, denominados potenciales negativos previos a la respuesta motora, se han asociado con los procesos neurofisiológicos relacionados con la toma de decisión [26,37]. En un reciente estudio piloto llevado a cabo por nosotros con siete niños con inteligencia típica y siete con ACI encontramos dos procesos neurofisiológicos asociados con la toma de decisión: un potencial evocado negativo (NS400), que se produce alrededor de 400 ms, y otro también negativo (NS100), alrededor de los 100 ms antes de tomar la decisión de dar una respuesta motora a estímulos visuoespaciales. Los datos se están aún analizando, pero pueden aportar indicadores de un funcionamiento mental diferencial en la resolución de la tarea propuesta.

Algunos autores relacionan el control cognitivo, clave en la toma de decisiones, con aspectos emocionales, y han encontrado menor capacidad de control en contextos cargados de emociones en comparación con contextos neutros. Los participantes con mayor inteligencia emocional mostraron una N2 mayor, reflejando más competencia de control cognitivo relacionada con los cambios en la gestión del conflicto, y mejor detección y evaluación de los estímulos emocionales, concluyendo que los mecanismos neurales subyacentes a estas tareas dependen del contenido y del nivel de inteligencia emocional [38].

Otros investigadores [39] han asociado la inteligencia fluida con las habilidades de aprendizaje y memoria y con los potenciales relacionados con los eventos, en personas de ACI y baja capacidad cognitiva, en función de sus puntuaciones del test de Raven, y han encontrado que la onda P300 puede predecir el recuerdo del aprendizaje y la memoria y la inteligencia fluida, al hallar una mayor amplitud y una menor latencia de la onda P300 del grupo con ACI en áreas cerebrales centrales y parietales.

Otro ámbito científico asociado con los potenciales evocados se relaciona con un componente denominado 'negatividad relacionada con el error', que refleja la detección temprana de errores en la corteza cingulada anterior dorsal. Se ha observado, en determinadas condiciones motivacionales, menor activación dentro del cíngulo posterior y de las cortezas insulares [40].

Dado que la ACI está configurada multidimensionalmente y se manifiesta en perfiles más o menos complejos de competencias convergentes o di-

vergentes (creatividad), los estudios con EEG son aún concretos y referidos a alguna competencia o tarea resolutive, intentando mostrar alguna de sus características neuroanatómicas descritas como base para su funcionalidad diferencial. Por ejemplo, Jin et al [17] muestran evidencias sobre la eficiencia neural en el funcionamiento de la ACI y la generación de hipótesis o la complejidad de la actividad cortical. Otros autores [14,17] ahondan en las diferencias en la actividad cerebral relacionadas con la memoria de trabajo de la ACI, o la interconectividad en determinadas tareas según su complejidad o contenido matemático [5], abriéndose el campo hacia el funcionamiento comparativo de componentes ejecutivos como la atención mantenida [41].

En suma, todo ello constituye un ámbito de estudio interdisciplinar que ofrece la posibilidad de acercarse a la comprensión de los correlatos estructurales y funcionales diferenciales en la ACI, así como evidencias incipientes sobre los procesos ejecutivos reguladores de los recursos intelectuales.

Conclusiones

Los resultados expuestos sugieren que el cerebro de las personas con ACI se caracteriza por un alto nivel de funcionamiento cortical prefrontal, con una red bilateral frontoparietal, y una red frontoparietal que provee un dinámico espacio de trabajo en el que la información se procesa con mayor eficiencia, dando soporte a una mayor capacidad ejecutiva [42], especialmente en componentes como la memoria de trabajo y la flexibilidad, e incluyendo atención focalizada, selección evaluadora, analogía creativa, cierre de estímulos retrasado y procesamiento de la información comprensivo [43].

Por lo tanto, este cerebro como correlato estructural subyacente a la ACI tiene mayor interconectividad y eficiencia y consume menos energía, indicativo de que permite mayor captación multisensorial, mejor memoria (capacidad y eficiencia) y mayor capacidad organizativa, realiza asociaciones más extensivas, tiene mayor potencial para el pensamiento convergente y divergente, y precisa menos repeticiones. El resultado es que facilita un aprendizaje más rápido, con mayor profundidad, abstracción, creatividad y sensibilidad. En suma, estas personas crean representaciones mentales diferentes y aprenden de manera distinta, por lo que el proceso educativo debe ser diferencial, ya que su actividad mental es el resultado de su cerebro más eficiente.

Lo más importante es que estas diferencias neurales son estructurales y la ACI emerge de su plasti-

cidad funcional. Es decir, un cerebro preparado para una mejor regulación ejecutiva, mejor cuanto más complejo es el perfil de ACI, que no siempre guarda relación directa con la excelencia y la eminente manifestación de su potencialidad porque precisa de otros condicionantes, como la motivación, organización del conocimiento, rasgos personales de temperamento o perfeccionismo, etc., y condicionantes exógenos.

Por ello, la explicación comprensiva de la ACI reclama conocer esta base estructural subyacente, pero también la modulación de otros condicionantes como una buena motivación para que la óptima expresión del potencial en excelencia sea posible.

Bibliografía

1. Sastre-Riba S, Castelló A. Fiabilidad y estabilidad en el diagnóstico de la alta capacidad intelectual. *Rev Neurol* 2017; 64: 51-8.
2. Dai DY. Envisioning a new foundation for gifted education: evolving complex theory (ECT) of talent development. *Gifted Child Quarterly* 2017; 6: 172-82.
3. Subotnik RE, Olszewski-Kubilius P, Worrell FC. Rethinking giftedness and gifted education: a proposed direction forward based on psychological science. *Psychol Sci* 2011; 12: 3-54.
4. Deary IJ, Penke L, Johnson W. The neuroscience of human intelligence differences. *Nat Rev* 2010; 11: 201-11.
5. O'Boyle MW. Mathematically gifted children: developmental brain characteristics and their prognosis for well-being. *Roep Rev* 2008; 30: 181-6.
6. Ma J, Kang HJ, Kim JY, Jeong HS, Im JJ, Namgung E, et al. Network attributes underlying intellectual giftedness in the brain. *Sci Rep* 2017; 7: 11321.
7. Mareschal D, Johnson MH, Sirois S, Spratling M, Thomas MSC, Westermann G. *Neuroconstructivism. Volume 1: How the brain constructs cognition.* Oxford: Oxford University Press; 2007.
8. Fuster JM. *Cortex and mind: unifying cognition.* Oxford: Oxford University Press; 2003.
9. Geake JG. Neuropsychological characteristics of academic an creative giftedness. In Shavinina LV, ed. *International handbook on giftedness.* New York: Springer Science-Business Media; 2009. p. 261-73.
10. Geschwind M, Galaburda AM. Cerebral lateralization. Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Arch Neurol* 1985; 42: 428-59.
11. Hoppe CH, Fliessbach K, Stausberg S, Stojanovic J, Trautner P, Elger CE, et al. A key role for experimental task performance: effects of math talent, gender and performance on the neural correlates of mental rotation. *Brain Cogn* 2011; 78: 14-27.
12. Neubauer AC, Fink A. Intelligence and neural efficiency. *Neurosci Biobehav Rev* 2009; 33: 1004-23.
13. Dunst B, Benedek M, Jauk E, Bergner S, Koschutnig K, Sommer M, et al. Neural efficiency as a function of task demands. *Intelligence* 2014; 42: 22-30.
14. Jausovec N, Jausovec K. Differences in induced brain activity during the performance of learning and working-memory tasks related to intelligence. *Brain Cogn* 2004; 54: 65-74.
15. Jausovec N, Jausovec K. Working memory training: improving intelligence-changing brain activity. *Brain Cogn* 2012; 79: 96-105.
16. Jausovec N. Differences in EEG alpha activity between gifted and non-identified individuals: insights into problem solving. *Gifted Child Quarterly* 1997; 41: 26-32.
17. Jin SH, Kwon YJ, Jeong JS, Kwon SW, Shin DH. Differences in brain information transmission between gifted and normal children during scientific hypothesis generation. *Brain Cogn* 2006; 62: 191-7.

18. Miller EM. Intelligence and brain myelination: a hypothesis. *Pers Individ Differ* 1994; 17: 803-32.
19. Nusbaum F, Hannoun H, Kocevar G, Stamile C, Fournier P, Revol O, et al. Hemispheric differences in white matter microstructure between two profiles of children with high intelligence quotient vs. controls: a tract-based spatial statistics study. *Front Neurosci* 2017; 11: 173.
20. Shaw P, Greenstein D, Lerch J, Clasen L, Lenroot R, Gogtay N, et al. Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature* 2006; 440: 676-9.
21. Duncan J. An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. *Nat Rev Neurosci* 2001; 2: 820-9.
22. Jin SH, Kim SY, Park KH, Lee KJ. Differences in EEG between gifted and average students: neural complexity and functional cluster analysis. *Int J Neurosci* 2007; 117: 1167-84.
23. Singh H, O'Boyle MW. Interhemispheric interaction during global-local processing in mathematically gifted adolescents, average ability youth, and college students. *Neuropsychology* 2004; 18: 671-7.
24. Sternberg RJ. Reasoning, problem solving, and intelligence. In Sternberg RJ, ed. *Handbook of human intelligence*. New York: Cambridge University Press; 1982. p. 225-307.
25. Geake JG. The neurobiological basis of intelligence. Implications for education – an abstract. *Gifted & Talented International* 2005; 9: 8-13.
26. Ortiz TA, Goodin DS, Aminoff MJ. Neural processing in a three-choice reaction time task: a study using cerebral evoked potentials and single trial analysis. *J Neurophysiol* 1993; 69: 1499-512.
27. Fernández A, Ortiz T, Maestú F, Martínez E, Robles JI, García de León M. Diferencias en potenciales evocados de larga latencia y respuesta motriz en sujetos con alto y bajo CI. *Psicothema* 1998; 10: 667-77.
28. Gazzaniga MS, Ivry RB, Mangun GR. *Cognitive neuroscience, the biology of the mind*. New York: Norton & Company; 2002.
29. Jausovec N, Jausovec K. Differences in event-related and induced brain oscillations in the theta and alpha frequency bands related to human intelligence. *Neurosci Lett* 2000; 293: 191-4.
30. Benedek M, Bergner S, Könen T, Fink A, Neubauer AC. EEG alpha synchronization is related to top-down processing in convergent and divergent thinking. *Neuropsychology* 2011; 49: 3505-12.
31. Jausovec N, Jausovec K. Differences in resting EEG related to ability. *Brain Topogr* 2000; 12: 229-40.
32. Jausovec N. Differences in cognitive processes between gifted, intelligent, creative and average individuals while solving complex problems: an EEG study. *Intelligence* 2000; 28: 213-37.
33. Duncan-Johnson CC, Donchin E. On quantifying surprise: the variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology* 1977; 14: 456-67.
34. McCarthy G, Donchin E. A metric for thought: a comparison of P300 latency and reaction time. *Science* 1981; 211: 77-80.
35. Coles MG, Gratton G, Bashore TR, Eriksen DW, Donchin E. A psychophysiological investigation of the continuous flow model of human information processing. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1985; 11: 529-33.
36. Body J. Event related potentials in chronometric analysis of primed word recognition with different stimulus onset asynchronies. *Psychophysiology* 1986; 23: 232-45.
37. Shibasaki H, Barrett G, Halliday E, Halliday AM. Components of the movement-related cortical potentials and their scalp topography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1980; 49: 213-26.
38. Megías A, Gutiérrez-Cobo MJ, Gómez-Leal R, Cabello R, Fernández-Berrocal P. Performance on emotional tasks engaging cognitive control depends on emotional intelligence abilities: an ERP study. *Sci Rep* 2017; 7: 16446.
39. Amin HU, Malik AS, Kamel N, Chooi WT, Hussain M. P300 correlates with learning and memory abilities and fluid intelligence. *J Neuroeng Rehabil* 2015; 12: 87.
40. Paul K, Walentowska W, Bakic J, Dondaine T, Pourtois G. Modulatory effects of happy mood on performance monitoring: insights from error-related brain potentials. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2017; 17: 106-23.
41. Navarro JI, Ramiro P, López JM, Aguilar M, Acosta M, Montero J. Mental attention in gifted and nongifted children. *Eur J Psychol Educ* 2006; 4: 401-11.
42. Sastre-Riba S, Viana L. Funciones ejecutivas y alta capacidad intelectual. *Rev Neurol* 2016; 62 (Supl 1): S65-71.
43. Geake JG, Dodson CS. A neuropsychological model of the creative intelligence of gifted children. *Gifted & Talented International* 2005; 20: 4-16.

Title

Introduction.

Key words.