



Centro de Neurociencias de Cuba

Tesina del Diplomado en Neurociencias

Título: Paradigma oddball en el reconocimiento de familiaridad en caras de forma subliminar en voluntarios sanos, un estudio con ERP

Autor: Raúl González Gómez

Tutora: Dr. C. María Antonieta Bobes León

Fecha: 5-9-2018

Introducción

La percepción de caras es crítica para las relaciones sociales humanas. Una cara brinda gran variedad de información que va desde la edad, el sexo, el estado anímico, hasta la posibilidad de discriminar entre personas e incluso de reconocerlas. Según modelos neuroanatómicos propuestos para el procesamiento de caras, existe áreas núcleo y sistemas extendidos (Haxby *et al.*, 2000). Las primeras identifican el estímulo visual como caras, y se ubican en las regiones occipital y temporal (Bruce y Young, 1986). Los sistemas extendidos incluye otras estructuras como el área anterior íferotemporal y orbitofrontal entre otras, capaces de identificar la cara y asociarla a la información semántica almacenada, así como interpretar las expresiones faciales (Axelrod y Rees, 2014). Nuestro grupo de investigación cuenta con una vasta experiencia en el procesamiento de la familiaridad por caras o sea como reconocer si conocemos a una persona a partir de su cara.

Un gran descubrimiento en el procesamiento de caras fue la descripción de la prosopagnosia (Bodamer, 1947), un desorden neurológico que impide a quienes lo padecen reconocer a los individuos por su rostro. Sin embargo, al parecer estos pacientes tienen un procesamiento de la familiaridad por rostros de manera inconsciente, según estudios de la conductancia en la piel (SRC, del inglés skin conductance response) y ERP. En prosopagnósicos el SRC aumenta en caras familiares respecto a desconocidas (Tranel y Damasio, 1984) y se puede obtener una P300 con un paradigma oddball, siendo las caras familiares el estímulo infrecuente y las desconocidas el frecuente (Bobes *et al.*, 2004). Totalmente opuesto es el síndrome de Capgra, una condición rara donde los pacientes creen que sus conocidos han sido remplazados por impostores idénticos. En otras palabras ellos son capaces de reconocer caras familiares pero conlleva una pérdida de la información afectiva (Ellis y Young, 1990). Se ha visto también que en pacientes con síndrome de Capgra el SCR no aumenta en caras familiares respecto a desconocidos (Ellis *et al.*, 1997; Hirstein y Ramachandran, 1997).

La evidencia de estos dos desórdenes sugiere la existencia de dos rutas (Tranel *et al.*, 1995), lo cual ha sido planteado en varios modelos como la doble disociación en el procesamiento de caras familiares (Ellis y Young, 1990; Ellis y Lewis, 2001). Una ruta 'clásica' que conecta las áreas occipitales con las prefrontales a través de la región íferotemporal. Esta sería la encargada del reconocimiento evidente (del inglés *overt recognition*) y estaría dañada en pacientes con prosopagnosia. Mientras una segunda ruta, dorsal, sería la encargada del reconocimiento encubierto y la respuesta afectiva, la cual estaría dañada en pacientes con síndrome de Capgras. Lo que ubica al procesamiento de la información afectiva relacionada a caras en las zonas prefrontales y de hecho se ha evidenciado una mayor activación de estas áreas durante el reconocimiento de caras familiares vs caras desconocidas (ej. Bobes *et al.*, 2018; Henson *et al.*, 2003; Leveroni *et al.*, 2000; Gorno-Tempini y Price, 2001).

Sin embargo, no existe evidencia contundente para concluir la existencia de esta segunda vía, su existencia en sujetos sanos o el lugar donde se disocia de la ruta clásica son interrogantes aun sin responder. En estudios anteriores de nuestro grupo se ha evidenciado este reconocimiento encubierto en sujetos sanos (Santos *et al.*, 2008). Pero en este último estudio la categorización de las caras no era la tarea principal del experimento, o sea ocurrió mientras el sujeto

enfocaba su atención en otra tarea. De ahí que este trabajo pretenda obtener datos electrofisiológicos del procesamiento encubierto en sujetos sanos mientras realizan la detección de rostros como tarea primaria a la que están dedicando todos sus recursos atencionales. Por ello utilizamos la P300, pues anteriormente se ha registrado su aparición en el procesamiento encubierto de caras (Bobes *et al.*, 2004).

Materiales y métodos

Sujetos

Dieciséis colegas de nuestro propio centro con edades entre 24 y 37, de ellos 10 hembras, todos sanos sin antecedentes de desórdenes psiquiátricos o neurológicos y con visión normal o corregida.

Estímulo Visual

Se utilizaron imágenes de caras editadas en Adobe Photoshop, donde se les elimino todo el background dejando solo las estructuras faciales y posteriormente se convirtieron en escala de gris. La luminancia de las imágenes se igualó con el toolbox Shine. Se presentaron caras de individuos conocidos (familiares) y desconocidos. Las caras familiares se seleccionaron mediante una encuesta en nuestro centro donde los participantes debían hacer una lista de los diez sujetos más conocidos descendientemente. Las caras desconocidas fueron extraños nunca vistos por los sujetos. Se utilizaron 10 caras familiares y 40 desconocidos, para un total de 30 fotos familiares y 120 desconocidas. Se utilizaron 3 fotos para cada identidad utilizada, en ángulo frontal y en 45 grados para ambas direcciones. Todas las imágenes fueron 'esrambleadas' para cada valor posible entre 0 y 100 y guardadas como archivos independientes manteniendo su luminancia homogénea. El valor 0 corresponde a las imágenes con mayor grado de scrambled y por tanto donde la cara no puede ser percibida. Se utilizaron dos bloques, una supraliminal, donde las imágenes se presentaron sin scrambled, control, y el otro subliminal donde el grado de scrambled fue seleccionado para cada sujeto, presentándose de forma contrabalanceada entre sujetos. Cada foto se presentó una vez por bloque durante 1000 ms y 500 ms de interestímulo, para un total de 150 trials por bloque los que fueron aleatorizado entre bloques. Por lo cual se utilizaron dos condiciones por bloque, caras familiares y caras desconocidas, presentadas en una proporción de 20:80, respectivamente, correspondiente a un paradigma oddball.

Selección del grado de scrambled

Antes del registro del ERP cada sujeto realizó un test programado en MATLAB donde se les mostró las imágenes 'esrambleadas' de seis caras familiares en vista frontal. Las imágenes fueron presentadas continuamente con 1 segundo de duración, desde el mayor grado de scrambled (0) hasta las de menor (100). Los sujetos debieron identificar en esta sucesión cuando comenzaban a reconocer el patrón de una cara (umbral de detección) y cuando reconocían el rostro (umbral de reconocimiento). Ambos umbrales fueron promediados para cada cara familiar presentada y posteriormente para cada sujeto, siendo este el valor usado en la condición subliminal.

Análisis conductual. Cálculo de d' prima

Registro y analices de ERP

Los sujetos se sentaron a 70 cm de un monitor sVGA, con un ángulo visual horizontal de 7,4 y un ángulo visual vertical de 7,5. El EEG se registró usando un sistema MEDICID 5 (La Habana, Neuronic SA) y electrodos de Ag/AgCl en Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, T3, T4, P3, Pz, P4, O1, Oz, O2 de acuerdo con el sistema 10/20, con referencia en la nariz. Además, se utilizaron 4 derivaciones para grabaciones EOG (Pg1 / Pg2, Cb1 / Cb2), dos en el borde externo de ambos ojos (movimientos horizontales) y dos a 1 cm por encima y debajo del ojo izquierdo (movimientos verticales). La impedancia entre electrodos siempre se mantuvo por debajo de 5 k Ω y los sujetos fueron instruidos para minimizar los movimientos corporales y oculares durante el experimento.

El análisis de los datos se realizó con el EP Workstation 1.4v (Havana, Neuronic SA), donde el EEG se segmentó en ventanas de 1000 ms de duración (-100 a 800 en relación con la presentación del estímulo). Todos los segmentos se inspeccionaron visualmente y aquellos que contenían artefactos no estereotipados o parpadeos se descartaron. Las ventanas se promediaron de forma independiente de acuerdo a la condición a la que pertenecían.

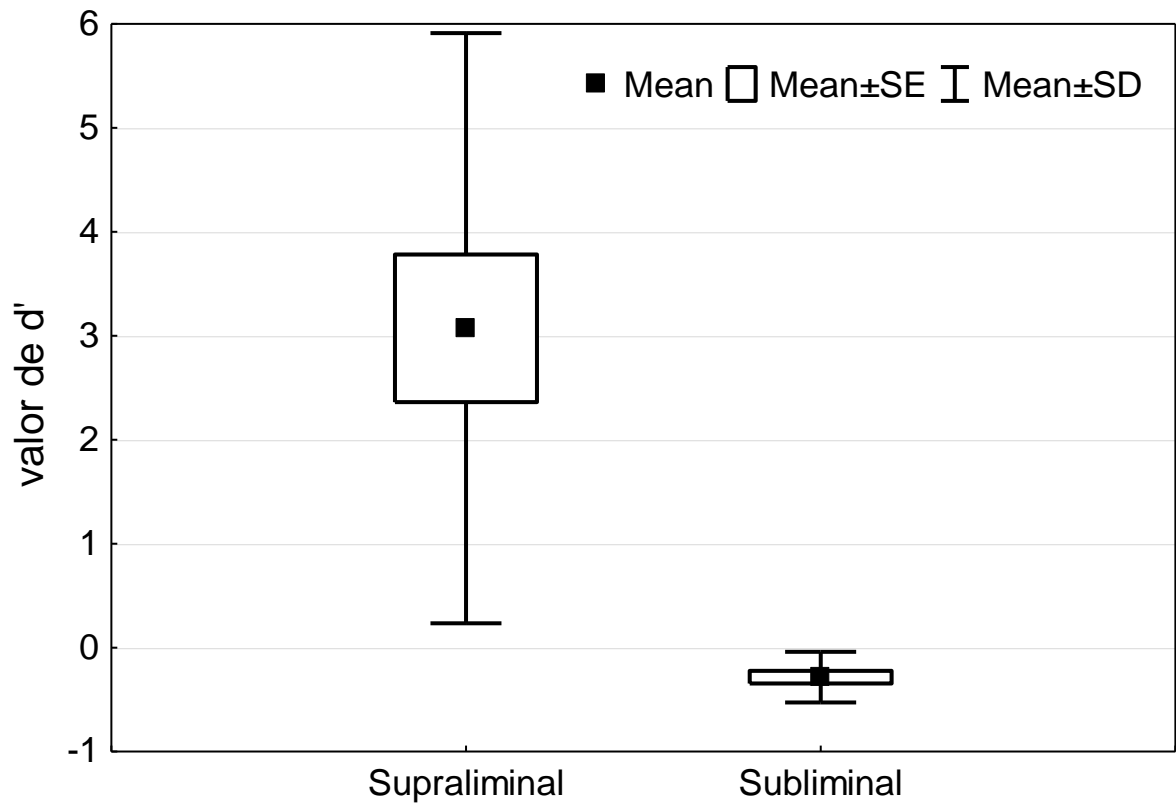
Análisis: Para determinar las diferencias de amplitud entre las condiciones se realizó una prueba de permutación, caras familiares contra caras desconocidas con muestras dependientes con un valor significativo de 0,05 global y otro por electrodos.

Para determinar la relación entre la amplitud y los valores de d' se utilizó el test de Pearson en el paquete Statistica 10.0. Los valores de voltaje se calcularon como promedios de la amplitud entre 470-500 ms y los valores de d' como se explica arriba. Los gráficos se realizaron en Matlab, modificándose en Adobe Photoshop y también en el Statistica.

Resultados

Análisis conductual

El valor promedio de d' para la condición supraliminal fue mayor (Mean: 3.07; SE: 0.75; SD: 2.99), comparado con la condición subliminal (Mean: -0.2; SE: 0.06; SD: 0.25), como se representa en la Fig. 1. La diferencia entre las d' de ambas condiciones por sujeto fue significativo ($t(15) = 4.75$, $p < 0.001$).



□ Fig. 1: Valores de d' obtenidos a partir del reconocimiento de caras en condiciones supra- y subliminal. Se representa el promedio (Mean) con el error estándar (SE) y la desviación estándar (SD).

ERPs

El gran promedio del ERP producto de la estimulación supraliminal de caras familiares y desconocidas es representada en la Fig. 1A. Los resultados del test de permutación global comparando los dos tipos de caras (efecto de familiaridad) son representados en la Fig. 1B. Diferencias significativas fueron detectadas entre los 510 y 550 ms después de la presentación del estímulo. Fig. 2 muestra la misma información para la condición subliminal, donde las diferencias significativas se encontraron principalmente entre los 470 y 500 ms (Fig. 2B).

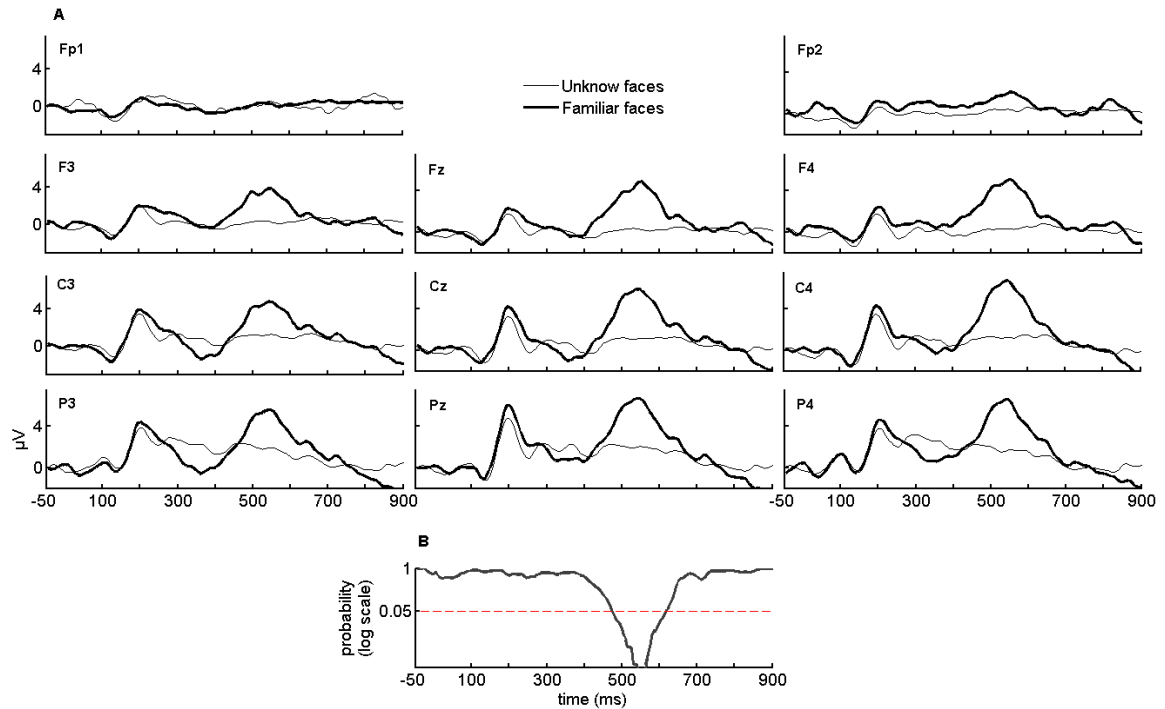


Fig. 1: Efecto de familiaridad encontrado en el procesamiento supraliminal de caras. A) Gran promedio obtenido del procesamiento de caras familiar (línea gruesa) vs caras desconocidas (línea delgada). B) Resultado de la permutación global de los 16 canales utilizados para cada instante de tiempo usando una escala logarítmica en la probabilidad.

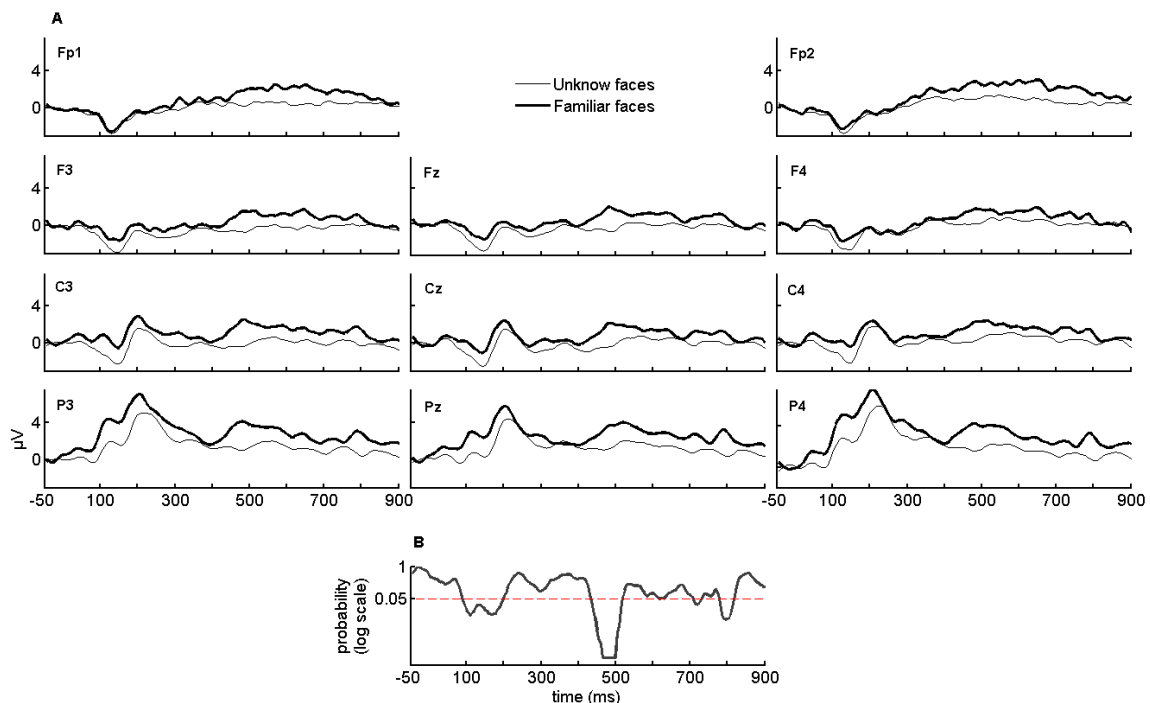


Fig. 2: Efecto de familiaridad encontrado en el procesamiento subliminal de caras. A) Gran promedio obtenido del procesamiento de caras familiar (línea gruesa) vs caras desconocidas (línea delgada). B) Resultado de la permutación global de los 16 canales utilizados para cada instante de tiempo usando una escala logarítmica en la probabilidad.

Es interesante notar que en la condición supraliminal se esboza una componente negativa entre los 300 y 400 ms en los electrodos centrales y parietales (Fig. 1A). Dicha componente no aparece en la condición subliminal (Fig. 2A). En la condición supraliminal se muestra una P300 clásica que comienza alrededor de los 430 ms, y alcanza su pico entre los 510 y 580 ms. Sin embargo, en la condición subliminal, la P300 aparece y alcanza su máximo entre los 430 y 500 ms. La máxima amplitud de la P300 supraliminal representa el 346 y 190 % de la amplitud máxima del P300 subliminal en los electrodos Cz y Pz, respectivamente. Adicionalmente, el test de permutaciones global muestra un mayor efecto de familiaridad para la condición supraliminal, al alcanzar menores valores de p.

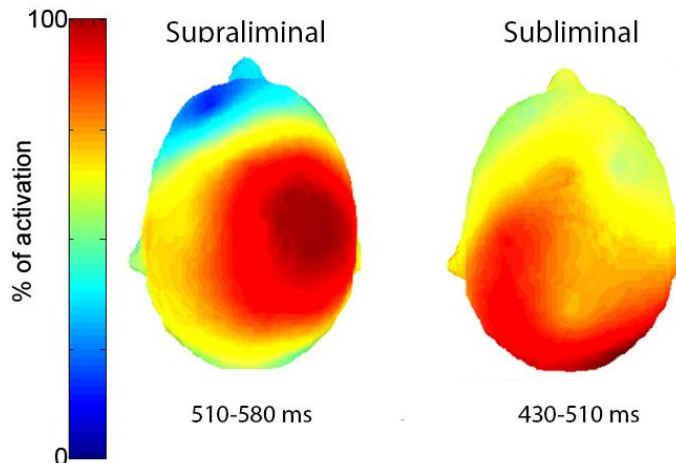


Fig. 3: Distribución topográfica del porcentaje de activación para caras familiares > desconocidas para las condiciones supraliminales (510-580 ms) y subliminales (430-510 ms). El valor de porcentaje fue calculado respecto al máximo de activación en cada condición.

La condición supraliminal provocó una distribución topográfica típica de la P300 en el intervalo entre 510-580 ms (Fig. 3), con una mayor activación centro parietal, apareciendo una lateralización hacia la derecha. Mientras que para la condición subliminal la P300 entre 430-510 ms (Fig. 3) muestra una distribución diferente, con un máximo en las regiones occipitales, pero una mayor activación de las zonas frontales con respecto a la condición supraliminal y con una lateralización hacia la izquierda. A partir de las permutaciones realizadas se midió la probabilidad de diferencia entre los diferentes electrodos por condición y con estos valores se construyó un mapa (Fig.4). Estos datos muestran mayores áreas involucradas en el procesamiento de los estímulos subliminales, con una ligera lateralización en esta condición hacia la izquierda. Lateralización más marcada en la condición supraliminal, pero en este caso hacia la derecha, y donde está involucrada una menor área.

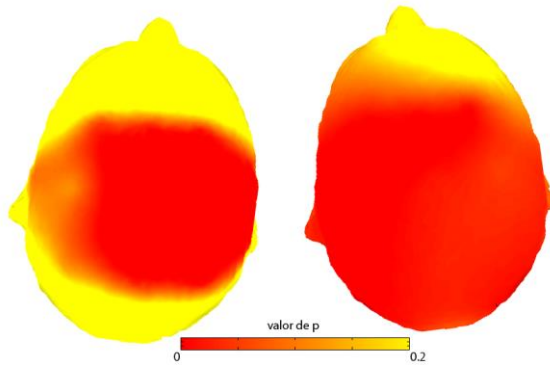


Fig. 4: Distribución topográfica para las probabilidades de diferencia entre electrodos, para la condición supraliminal (izquierda) y subliminal (derecha). Los valores de p fueron obtenidos a partir de una prueba de permutaciones.

Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación entre la d' y la amplitud de la P300 de cada electrodo en el intervalo de significación en la condición subliminal (470-500 ms). La Tabla 1, muestra estos resultados donde no se encontró en ningún caso una correlación y además el valor de p nunca llegó a ser significativo.

Tabla 1: Resultado de la correlación entre cada canal usado y los valores de d' , en ningún caso se encontró significación estadística.

Electrodos	d'
Fp1	-0,23
Fp2	-0,32
F3	-0,23
F4	0,16
C3	0,05
C4	-0,05
P3	0,38
P4	0,42
O1	0,35
O2	-0,27
FZ	0,42
Cz	-0,05
Pz	-0,43
Oz	-0,05
T3	0,48
T4	-0,03

Discusión

El análisis conductual de las d' indican que los sujetos fueron capaces de discriminar entre caras familiares y desconocidas con gran exactitud para la condición supraliminal, mientras que en la condición subliminal son incapaces de discriminar la familiaridad de las caras, al presentar valores de d' cercanos a 0.

Sin embargo, se puede observar la presencia de un componente P300 asociado a estímulos familiares no reconocidos conscientemente. Un aspecto a tener en cuenta es que la d' incluye la cantidad de aciertos y falsas alarmas por lo que no se ve influenciada por la proporción utilizada en los estímulos (20 % de caras familiares y 80 % de caras desconocidas).

Estudios anteriores han establecido al componente N250 como el más temprano para identificar la familiaridad asociada a caras. Adicionalmente, se ha relacionado dicha componente con la activación de la vía ventral, y la participación de las estructuras inferotemporales (Herzmann *et al.*, 2004). Es importante tener en cuenta que la N250 es sensible a diferentes tipos de familiaridad (Tanaka *et al.*, 2006), el aprendizaje y posterior memorización de caras desconocidas tras varias presentaciones de las mismas puede producir esta componente (Bobes *et al.*, 2007). De ahí que sería lógico asumir que la aparición de la N250 no está ligada a la respuesta afectiva frente a caras familiares como se ha visto en estudios de fMRI (Bobes *et al.*, 2018). Por lo tanto es de asumir que la ausencia de este componente en la condición subliminal es un indicio de que la ruta ventral no se activa durante la misma. De manera contraria ocurre para la condición supraliminal, lo que posibilita plantear que la aparición de esta componente está ligada al scrambling de las imágenes, puesto que el resto de las características se mantuvieron constantes en ambas condiciones de estimulación.

La componente P300 ha sido estudiada extensamente en los estudios de potenciales evocados, aunque no se conoce cómo se origina (Picton, 1992) si está bien establecido las condiciones para las cuales aparece, un paradigma oddball. En estudios anteriores se ha establecido que estímulos subliminales pueden provocar una P300 (Bernat *et al.*, 2001; Gosling y Eimer, 2011), sin embargo esto está en contradicción en la planteado por la teoría del espacio de trabajo global (Dehaene y Changeux, 2011), donde la memoria de trabajo necesaria para la P300 solo puede mantenerse de manera consciente. Sin embargo, nuevas aproximaciones han demostrado que esto no es del todo cierto, y una nueva teoría que plantea una actualización momento a momento está siendo más aceptada (Salti *et al.*, *in press*). En esta última teoría se plantea que la percepción subjetiva está comprometida por una secuencia de complejos procesos cognitivos que dependen del tiempo, el contexto y los objetivos del sujeto. Según dicha teoría es factible que ocurra una identificación inconsciente de las caras con una posterior respuesta afectiva, como sucede en el caso de los prosopagnósticos (Bobes *et al.*, 2004) y también en sujetos sanos.

La condición supraliminal en nuestro estudio estableció una P300 clásica con una distribución centro parietal (Picton, 1992), y una lateralización hacia la derecha. Dicha lateralidad se ha descrito en muchos estudios de procesamiento de caras (*ej.* Caharel *et al.*, 2013; Hillger y Koenig, 1985). Sin embargo, en la condición subliminal la distribución topográfica abarca más áreas, y la lateralización es más bien a la izquierda aunque más ligera. Esto es un indicativo de el uso de diferentes sistemas cognitivos en cada condición, o incluso de diferentes rutas para el procesamiento de la información. A pesar de lo que se pueda pensar en la estimulación subliminal apareció mayor cantidad de electrodos con probabilidades significativas de diferencias entre todos los electrodos como muestra la Fig. 4. Adicionalmente, las Fig. 3 y 4 muestran un mayor compromiso de las áreas frontales, donde se ha descrito el procesamiento

de la respuesta afectiva al reconocimiento de caras (Bobes *et al.*, 2018; Henson *et al.*, 2003; Leveroni *et al.*, 2000).

En nuestro experimento, la P300 en la condición subliminal tuvo una menor latencia que en la condición supraliminal. En la primera condición el mayor grado de significación se alcanzó alrededor de los 470 ms en la permutación global mientras en la segunda aparecía a los 540 ms. Está bien establecido que la latencia de la P300 es un buen índice del tiempo que toma el procesamiento de la información (Kutas *et al.*, 1977). Por lo tanto se puede anticipar que la respuesta subliminal obtenida en nuestro estudio es más rápida y con una implicación de las áreas frontales, en concordancia con los registros intracraneales de Barbeau *et al.* (2008). Los datos obtenidos en nuestro grupo han indicado que la respuesta afectiva es rápida y relacionada con las áreas frontales (Bobes *et al.*, 2007; Valdés-Sosa *et al.*, 2011). Además, como era de esperarse la amplitud de la P300 en la condición subliminal fue menor comparado con el procesamiento supraliminal. Lo anterior se explica debido a que esta componente depende de la atención consciente al estímulo (Picton, 1992) y por tanto a los recursos cognitivos que se estén dedicando al procesamiento, los cuales son menores en el procesamiento inconsciente.

Limitaciones

En nuestro estudio no se obviaron las caras que pudiesen tener un rasgo fuera de las características faciales para su reconocimiento. Un ejemplo de lo anterior es la barba en el caso de Peter, esto solo ocurrió para el 10 % de las imágenes familiares. Pero lo anterior pudo ayudar al reconocimiento de la identidad sin recurrir al procesamiento de la familiaridad y disparar una P300. La problemática acá a tener en cuenta es que la P300 es capaz de disparar un potencial lo suficientemente grande (Picton, 1992) para que un trial entre 10 pueda modificar el gran promedio obtenido. Un segundo aspecto fue el uso de un método no psicofísico para la obtención de los umbrales individuales. Debido a que el umbral de percepción para cada cara varía, por lo que si alguna de las caras familiares quedaba por debajo de este umbral podría ser reconocido conscientemente y modificar la respuesta obtenida teniendo en cuenta la problemática de la promediación explicada anteriormente. De suceder lo anterior se esperaría una correlación positiva entre las d' y el valor de registro electrofisiológicos, lo que no se ve en análisis de correlación realizado. Lo que evidencia que no hubo reconocimiento consciente de las caras en la condición subliminal.

Trabajos citados

Axelrod, V., & Rees, G. (2014). Conscious awareness is required for holistic face processing. *CONSCIOUSNESS AND COGNITION*, 27, 233–245.

Bodamer J. (1947). Prosopagnosia. *Journal of Neuropsychology*, 7 81-105.

Barbeau, E. J., Taylor, M. J., Regis, J., Marquis, P., Chauvel, P., & Liegeois-Chauvel, C. (2008). Spatio temporal Dynamics of Face Recognition. *Cereb Cortex*, 18(5), 997–1009.

- Bentin, S., & Deouell, L. Y. (2000). STRUCTURAL ENCODING AND IDENTIFICATION IN FACE PROCESSING: ERP EVIDENCE FOR SEPARATE MECHANISMS. *Cognitive Neuropsychology*, 17(1–3), 35–55.
- Bernat, E., Shevrin, H., & Snodgrass, M. (2001). Subliminal visual oddball stimuli evoke a P300 component. *Clinical Neurophysiology*, 112(1), 159–171.
- Bobes, M. A., Castellanos, A. L., Olivares, E. I., Perez, J., Gato, H., Iglesias, J., Valdes, P. (2018). ERP Source Analysis Guided by fMRI During Familiar Face Processing. *Brain Topography*, 0(0), 0.
- Bobes, M. A., Lopera, F., Díaz, L., Galan, L., Carbonell, F., Bringas, M. L., & Valdés-Sosa, M. (2004). Brain potentials reflect residual face processing in a case of prosopagnosia. *Cognitive Neuropsychology*, 21(7), 691–718.
- Bobes, M. A., Quiñones, I., Perez, J., Leon, I., & Valdés-Sosa, M. (2007). Brain potentials reflect access to visual and emotional memories for faces. *Biological Psychology*, 75, 146–153.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3), 305–327. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1986.tb02199.x>
- Caharel, S., Ramon, M., & Rossion, B. (2013). Face Familiarity Decisions Take 200 msec in the Human Brain : Electrophysiological Evidence from a Go/No-go Speeded Task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(1), 81–95.
- Dehaene, S., & Changeux, J. (2011). Review Experimental and Theoretical Approaches to Conscious Processing. *Neuron*, 70(2), 200–227.
- Ellis, H. D., & Lewis, M. B. (2001). Capgras delusion: A window on face recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(4), 149–156.
- Gosling, A., & Eimer, M. (2011). An event-related brain potential study of explicit face recognition. *Neuropsychologia*, 49(9), 2736–2745.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*.
- Henson, R. N., Goshen-Gottstein, Y., Ganel, T., Otten, L. J., Quayle, A., & Rugg, M. D. (2003). Electrophysiological and haemodynamic correlates of face perception, recognition and priming. *Cerebral Cortex*, 13(7), 793–805.
- Herzmann, G., Schweinberger, S. R., Sommer, W., & Jentsch, I. (2004). What's special about personally familiar faces? A multimodal approach. *Psychophysiology*, 41(5), 688–701.
- Hillger, L. A., & Koenig, O. (1985). Separable Mechanisms in Face Processing : Evidence from Hemispheric Specialization. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(1).
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting Mental Chronometry : The P300 as a Measure of Stimulus Evaluation Time. *Science*, 197, 792–95.
- Leveroni, C. L., Seidenberg, M., Mayer, A. R., Mead, L. A., Binder, J. R., & Rao,

- S. M. (2000). Neural Systems Underlying the Recognition of Familiar and Newly Learned Faces. *The Journal of Neuroscience*, 20(2), 878–886.
- Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 9(4), 456–479.
- Santos, Y., Iglesias, J., & Bobes-Leon, A. (2008). Covert and overt face processing in healthy subjects: an ERP study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2(4), 246–260.
- Tanaka, J. W., Curran, T., Porterfield, A. L., & Collins, D. (2006). Activation of Preexisting and Acquired Face Representations : The N250 Event-related Potential as an Index of Face Familiarity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(6), 1488–1497.
- Tranel, D., & Damasio, A. R. (1984). Knowledge without Awareness : An Autonomic Index of Facial Recognition by Prosopagnosics. *Science*, 228(4706), 1453–1454.
- Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1995). Double Dissociation between Overt and Covert Face Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7(4), 425–432.
- Valdés-Sosa, M., Bobes, M., Quiñones, I., Garcia, L., Valdes-Hernandez, P. A., Iturria, Y., ... Asencio, J. (2011). Covert face recognition without the fusiform-temporal pathways. *NeuroImage*, 57, 1162–1176.