



Centro de Neurociencias de Cuba

Tesina del Diplomado

Introducción a las Neurociencias

Título:

“Procesamiento Abstracto de la Familiaridad”.

Autor: Lic. Ana Maria Castro Laguardia.

Asesor: Dr. C. María Antonieta Bobes León.

Fecha: 7 de septiembre de 2018.

Índice

Introducción teórica.....	3
Problema.....	5
Hipótesis.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	6
Materiales y métodos.....	6
Participantes.....	8
Estímulos y procedimiento experimental.....	8
Adquisición de las imágenes funcionales.....	9
Análisis univariado de los datos funcionales.....	9
Cross-validated MANOVA.....	10
Resultados.....	11
Discusión.....	13
Referencias Bibliográficas.....	16

Introducción Teórica

La capacidad de reconocer las identidades de las personas es fundamental en las interacciones sociales humanas. Permite distinguir personas con las que tenemos una gran variedad de experiencias personales. Un componente clave de esta capacidad es asociar la identidad a través de diferentes claves, como la cara o el nombre del individuo.

Bruce y Young (1986) propusieron uno de los modelos funcionales más aceptados para explicar el procesamiento facial. Posteriormente, se ha refinado para abarcar también nombres propios (Valentine et al., 1991). Un creciente cuerpo de evidencia sugiere que existe una especialización hemisférica para los diferentes formatos de información a través de los cuales se puede procesar la identidad de los sujetos. Se ha sugerido una lateralización frecuente del hemisferio derecho de los sistemas sensorio-motores que permite el reconocimiento facial y de voz y una lateralización izquierda frecuente del sistema de reconocimiento verbal de nombres (Gainotti et al., 2013).

El procesamiento de la identidad de una persona consta de tres componentes principales: información relacionada con la cara, información relacionada con el nombre y semántica relacionada con la persona, como su ocupación y sus intereses. Estudios conductuales previos han propuesto que la información relacionada con el nombre no se puede conectar directamente con la información relacionada con la cara, pero esa información semántica relacionada con la persona puede mediar entre los dos (Bruce y Young, 1986, Valentine et al., 1991). Datos conductuales previos han apoyado este modelo psicológico (Craigie y Hanley, 1997), pero se sabe relativamente poco acerca de cómo estos tres componentes se unen y se organizan en el cerebro.

Una amplia y distribuida red de áreas cerebrales subyace al procesamiento facial. El modelo propuesto por Haxby et al. (2000), postula una división entre un sistema central o núcleo, involucrado en el procesamiento de la apariencia visual de las caras y que comprende el área de la cara occipital (OFA), el área de la cara fusiforme (FFA) y el surco temporal superior posterior (pSTS), y un sistema, que involucra áreas parietales, frontales y subcorticales y que participan en inferir

información socialmente relevante de las caras, como la dirección de la atención, las intenciones, las emociones y la identidad de la persona en cuestión. La definición del sistema núcleo se ha ampliado para incluir otras áreas como la circunvolución fusiforme anterior, el área anterior temporal de caras (ATFA) (Collins et al., 2014), el surco temporal anterior superior (aSTS-FA) (Duchaine et al., 2015), y la circunvolución frontal inferior (IFG-FA) (Guntupalli et al., 2017; Axelrod et al., 2015). Aunque se ha establecido que las áreas del sistema núcleo se encargan del análisis visual de las caras, recientemente, los estudios de imágenes funcionales que comparan caras familiares con desconocidas también respaldan el papel de la corteza fusiforme en la representación de la identidad facial (Nestor et al., 2011; Guntupalli et al., 2017; Oleggio-Castello et al., 2017). Los autores de estos estudios sugieren que la representación de la identidad facial se dilucida progresivamente de las características específicas de la imagen a lo largo de la vía visual ventral y mientras que la corteza visual temprana y el área occipital de caras (Ambrus et al. 2017) permiten percibir el rostro independientemente de su identidad, hay un nivel intermedio de representación en el FFA en el que ya es posible reconocer la identidad. La vía de procesamiento de las caras humanas culmina en el ATFA derecha (Yang et al., 2014; Blank et al., 2014) y IFG-FA donde se registra una representación invariable de la identidad de la cara.

La mayoría de los autores coinciden en que, en sujetos normales, los nombres familiares son procesados principalmente por el hemisferio izquierdo. Los estudios documentados de imágenes funcionales, señalan una fuerte evidencia del compromiso del lóbulo temporal izquierdo en el reconocimiento de los nombres propios y en su adecuada recuperación, mientras que mostraron que las áreas especializadas para estímulos famosos comprenden desde las regiones temporo-parietales izquierdas anteriores a las temporo-parietales izquierdas, independientemente de su naturaleza visual (caras) o verbal (nombres). Las activaciones en la región del lóbulo temporal anterior izquierdo (ATL) fueron encontradas por Tsukiura et al. (2002) durante la recuperación de los nombres de las personas familiares y recién aprendidas, por Tsukiura et al. (2006) en un paradigma de aprendizaje de nombre e información semántica asociada y por

Tsukiura et al. (2008), quienes mostraron que el ATL izquierdo media las asociaciones entre los nombres y la información relacionada con la persona.

Reconocer rostros y nombres de personas conocidas debería depender de la coactivación de las redes visuales/faciales y las involucradas en la recuperación de la identidad personal y la memoria autobiográfica, mientras que el reconocimiento de rostros o nombres no familiares debería basarse esencialmente en los pasos perceptivos de la cara y el procesamiento de los nombres. También se han encontrado pruebas que sugieren patrones distintos de respuesta y representaciones neurales superpuestas para nombres y rostros, lo que es consistente con una representación de dominio general (Harris et al., 2015). Comprender los mecanismos cerebrales que subyacen a la capacidad de reconocer una identidad ha sido un tema central desde el inicio de la psicología experimental y la neurociencia cognitiva, pero aún se está lejos de desarrollar una explicación completa.

El presente estudio investiga el código neuronal de identidad a través de caras y nombres propios como inputs, con el objetivo de determinar si se produce un procesamiento abstracto de la familiaridad asociada a dichos estímulos. El problema y objetivo quedan formalizados de la siguiente manera:

Problema

¿Existen áreas cerebrales comunes (áreas abstractas) para caras y nombres que codifican familiaridad con independencia del formato de la información de entrada?

Hipótesis

Un grupo de áreas neurales (áreas abstractas) codifican la familiaridad de los estímulos y su patrón de actividad es independiente del formato de la información de entrada.

Objetivos

Objetivo general: Determinar las áreas que participan en el procesamiento abstracto de la familiaridad en sujetos normales.

Objetivos específicos:

1. Identificar las áreas cerebrales cuya actividad resulta modulada por el procesamiento del formato de presentación del estímulo.
2. Identificar las áreas cerebrales cuya actividad resulta modulada por la familiaridad de los estímulos.
3. Determinar la estabilidad del efecto de familiaridad para caras y nombres.

El método de análisis escogido para los fines de este estudio, el cross-validated MANOVA (cvMANOVA) (Allefeld y Haynes, 2014) está relacionado con estadísticas multivariadas estándar y aplica la validación cruzada para obtener una estimación insesgada del valor de la población, independientemente de la cantidad de datos o su inclusión en el conjunto de “entrenamiento” o “prueba” conjuntos. La estimación del patrón de distintividad (D^{\wedge}), estadígrafo empleado por la prueba y que generaliza la distancia de Mahalanobis a un número arbitrario de clases, puede servir no solo como una estadística de prueba, sino como una medida interpretable del tamaño del efecto multivariado. Dicho método

Ha permitido analizar, no únicamente las áreas que son específicas para el reconocimiento de la familiaridad, así como la estabilidad de los efectos encontrados, medida asociada directamente, en nuestro caso, al grado de abstracción del procesamiento de familiaridad en las áreas neurales.

Materiales y métodos

Participantes

El experimento fue realizado en la Universidad de Granada, España. La muestra consistió de 30 voluntarios sanos (12 hombres) con edades comprendidas entre los 18 y 35 años ($M = 21,4$). Se les pidió que proporcionaran antes de la sesión experimental fotografías de personas familiares (madre, padre, pareja romántica y amigo/a del mismo sexo que el participante). Todos los participantes evaluaron la cercanía relación con cada una de estas personas el día de la sesión de fMRI, como satisfactorias o muy satisfactorias utilizando una escala de Likert de 5 puntos (1 = muy insatisfactorio y 5 = muy satisfactorio). Ninguno de los participantes informó problemas físicos o psicológicos y ninguno estaba bajo tratamiento farmacológico. Todos los participantes proporcionaron un consentimiento informado por escrito en relación al protocolo del estudio y recibieron créditos del curso para su participación. Los Comités de Ética de la Universidad de Granada y el Centro de Neurociencias de Cuba aprobaron el estudio.

Estímulos y procedimiento experimental

Los estímulos se presentaron en el interior del escáner de resonancia, utilizando el software Presentation (Neurobehavioral Systems). Los participantes pudieron ver los estímulos a través de un espejo situado en la bobina de radiofrecuencia. Se utilizaron cuatro categorías diferentes de estímulos: rostros queridos, rostros desconocidos, nombres queridos y nombres desconocidos. Estas categorías pueden ser agrupadas en dos factores: “formato” (caras y nombres) y “grado de familiaridad” (estímulos familiares y desconocidos). Cada categoría comprendía cuatro estímulos diferentes: padre, madre, pareja y amigo (del mismo sexo del sujeto). Para las categorías desconocidas, se usaron los cuatro estímulos de otro participante. Cada estímulo fue presentado 10 veces durante la sesión. Además, la cara de un bebé se presentó 20 veces, intercalada durante toda la sesión. Las instrucciones dadas a los participantes fueron: observar el estímulo presentado en la pantalla y presionar un botón con el dedo índice de su mano derecha cuando observaran una cara de bebé. El objetivo de esta tarea conductual fue mantener la atención del sujeto durante toda la sesión.

Se presentaron un total de 180 ensayos. Cada corrida consistió en un punto de fijación durante 3-5 (media: 4) segundos, seguida de una de las imágenes, presentada durante 2 segundos. Todos los ensayos se ordenaron pseudoaleatoriamente para cada participante, controlando que no se presentaran consecutivamente más de 2 estímulos de la misma categoría. La duración total del experimento fue de 19 minutos.

Todos los estímulos se presentaron visualmente dentro de un círculo gris en el centro de la pantalla. Las fotografías en blanco y negro empleadas mostraban parte del cuello y del cabello de los sujetos con un tamaño y un nivel de brillo homogéneo. Todas las caras miraban directamente a la cámara y mostraban una expresión emocional neutral. Los nombres incluyeron el primer nombre y un apellido. Fueron presentados en tinta negra, fuente Times New Roman, centrados y dentro de un círculo.

Adquisición de las imágenes funcionales

Para adquirir todas las imágenes se utilizó un sistema de escáner Siemens 3T Trio, con una bobina de cabeza estándar para la transmisión/recepción de señales (MAGNETOM, Siemens, Healthcare, Alemania). Las imágenes ecoplanares ponderadas con contraste (EPI) para escaneos funcionales consistieron en 40 cortes axiales intercalados de 2.2 mm. La resolución en el plano fue de 3 x 3 mm, con los siguientes parámetros: FOV = 210 mm, matriz = 70 x 70; TE = 23 ms; TR = 3 s; ángulo de inclinación = 90 °. Los primeros cinco volúmenes de cada ejecución se descartaron. Posteriormente, se adquirió una imagen estructural MPRAGE T1 (resolución 1 x 1 x 1 mm) para el registro simultáneo y la visualización de los datos funcionales, con los siguientes parámetros: TE = 2.52 ms, TR = 2250 ms, ángulo de inclinación = 9 ° y FOV = 256 mm. Resultando en un total de 176 cortes contiguos de 1 mm de grosor en una orientación sagital.

Análisis univariado de datos funcionales

Los datos funcionales se analizaron utilizando SPM8 (Departamento de Neurociencia, UCL, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>). Dado que el método de análisis empleado implicaba la realización de una validación cruzada mediante la técnica de "leave one-run-out", se hizo necesario dividir en tres sets los datos

registrados para cada sujeto. Para ello se dividió el tiempo total de la corrida funcional en segundos ($T_t=1140$ s) entre 3 (número de corridas mínimo necesario para implementar el método) y luego se dividió el tiempo que correspondería a una corrida ($T_c=380$ s) entre el TR (3 s), para obtener el número de volúmenes a incluir en cada corrida funcional (corrida 1 y 2 = 126 volúmenes, corrida 3 = 128 volúmenes).

Se realizó un control de calidad de los datos previos al preprocesamiento, empleando las funciones del ArtRepair, un toolbox que corre sobre MATLAB (Gabrieli Cognitive Neuroscience Lab; <http://cibsr.stanford.edu/tools/ArtRepair/ArtRepair.html>). Posteriormente, se realizaron las correcciones temporales y espaciales de los datos. La imagen anatómica T1 fue corregida con las EPI. La imagen T1 de cada participante se normalizó espacialmente para el espacio MNI y se segmentó en materia gris (GM), sustancia blanca (WM) y líquido cefalorraquídeo, utilizando el procedimiento incluido en el SPM8. Los parámetros para la normalización de la imagen anatómica se usaron para transformar las imágenes funcionales al espacio MNI. Las imágenes normalizadas se suavizaron espacialmente utilizando un kernel gaussiano de 8 mm. Los datos se filtraron con un filtro pasa altas (período de corte de 128 s).

Se aplicó un modelo lineal general univariado masivo (GLM). La presentación de cada condición de los estímulos fue modelada. Los seis parámetros de corrección de movimiento se incluyeron en la matriz de diseño como regresores múltiples.

Cross-validated MANOVA

Numerosos estudios han demostrado que la información sobre procesos cognitivos complejos, como la percepción de la familiaridad, a menudo está más claramente representada por patrones de respuestas neuronales que por la amplitud media de la activación combinada de los vóxeles (Kok et al., 2012; Tong et al., 2012; Bosch et al., 2014).

En este estudio se empleó la técnica de análisis basada en el *searchlight* multivariado desarrollada por Allefeld y Haynes (2014). Este análisis toma las estimaciones de los parámetros de los regresores del GLM como entrada y calcula la “distintividad de patrones” (D) multivariada del contraste de interés.

La D cuantifica la información de las señales cerebrales con respecto a las condiciones experimentales, en este caso, familiares frente a desconocidos y caras vs nombres. Técnicamente, esto refleja la varianza multivariada explicada por un contraste de condiciones dado en relación con la varianza multivariada residual. Los valores de D^{\wedge} significativamente mayores que cero indican la presencia de patrones confiablemente diferentes y, por lo tanto, la representación de información específica de contenido en el área respectiva. D es una medida de distancia al cuadrado y, por lo tanto, no puede tomar valores menores que cero. Si D es cercano a cero o cero, los errores de estimación aumentan en gran medida. Este problema se resuelve mediante la implementación de una validación cruzada (leave one-run-out). Esto lleva al estimador final e insesgado de la distinción de patrones, la distintividad de patrones estandarizada (D^{\wedge}), que se define de la siguiente manera:

$$\bar{D} = \frac{(m-1)f_E - p - 1}{(m-1)n} \times \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m D_i$$

Donde: m es el número de ejecuciones, p una corrección para el tamaño del *searchlight* (en nuestro caso 2 mm) y f_E los grados de libertad residuales.

El método se aplicó a los datos individuales, generando los efectos principales de cada factor (en el presente caso, formato y familiaridad) y la interacción, o sea la medida en que las condiciones de un factor varían en relación a la variación del otro factor. Posteriormente se calculó la estabilidad de los efectos restando a los efectos principales de cada uno, la interacción entre ambos factores.

Modulación paramétrica por el procesamiento de la familiaridad y el formato (efectos principales de cada factor): En primer lugar se pretendía investigar en cuáles áreas la respuesta neural estaba modulada estímulo-por-estímulo por el procesamiento de la familiaridad. Para ello, se usó la mencionada técnica con los contrastes caras y nombres familiares vs desconocidos. Este análisis revela para cada categoría, en cuáles áreas el patrón de respuesta de los vóxeles está modulado por la familiaridad de los estímulos.

Sobrelapamiento de las respuestas a caras y nombres familiares (estabilidad): En segundo lugar, el interés consistía en revelar las similitudes en la representación neural para caras y nombres y, derivado de ello, dónde esta representación estaba modulada por la familiaridad. En el marco del cvMANOVA, el sobrelapamiento de la representación neural puede ser entendido como el complemento de una interacción. Una interacción muestra que las diferencias entre condiciones de un factor cambian en relación a las condiciones del otro factor. En el caso del sobrelapamiento, se trata de demostrar la estabilidad de un factor bajo los cambios del otro (en este caso la estabilidad de la representación de la familiaridad, cuando varía el formato de presentación de la información). Empleando el cvMANOVA, la estabilidad de un factor se define como el efecto principal del factor menos el efecto de interacción con el otro factor.

Para realizar el análisis de grupo, primeramente se normalizaron y posteriormente suavizaron (usando un núcleo de 3 mm) las D^{\wedge} para cada efecto principal y para la interacción, así como como la estabilidad de ambos efectos de cada uno de los sujetos. Luego se calculó una t grupal para cada una de las medidas mencionadas. Los datos fueron luego corregidos empleando un FDR de Benjamini, con un q valor de 0.01 y una corrección por tamaño de clúster usando como mínimo 50 vóxeles en cada uno. El análisis fue restringido a la sustancia gris.

Resultados

Modulación paramétrica por el procesamiento de la familiaridad y el formato

En primer término, se investigó en cuáles áreas neurales la actividad estaba modulada por el procesamiento del formato y en cuales por el procesamiento de la familiaridad. Para esto se empleó el método del cvMANOVA desarrollado por Allefeld y Haynes (2014) (Ver Materiales y Métodos). Para el efecto principal de formato se encontraron clústers significativos bilateralmente en la áreas visuales primarias (explicado por las diferencias de bajo nivel entre los dos formatos de información empleados en el experimento, caras y nombres), en el área occipital de caras (OFA) y en áreas del giro fusiforme correspondientes al área fusiforme de caras (FFA) y al área visual fusiforme de palabras (VWFA). Así mismo se aprecian clústers significativos en regiones más anteriores del cerebro (Figura 1).

Para el efecto principal de familiaridad se encontraron activaciones significativas en: corteza cingulada anterior y posterior, bilateral, en la corteza prefrontal bilateral y en la corteza frontal dorsolateral izquierda (Figura 1).

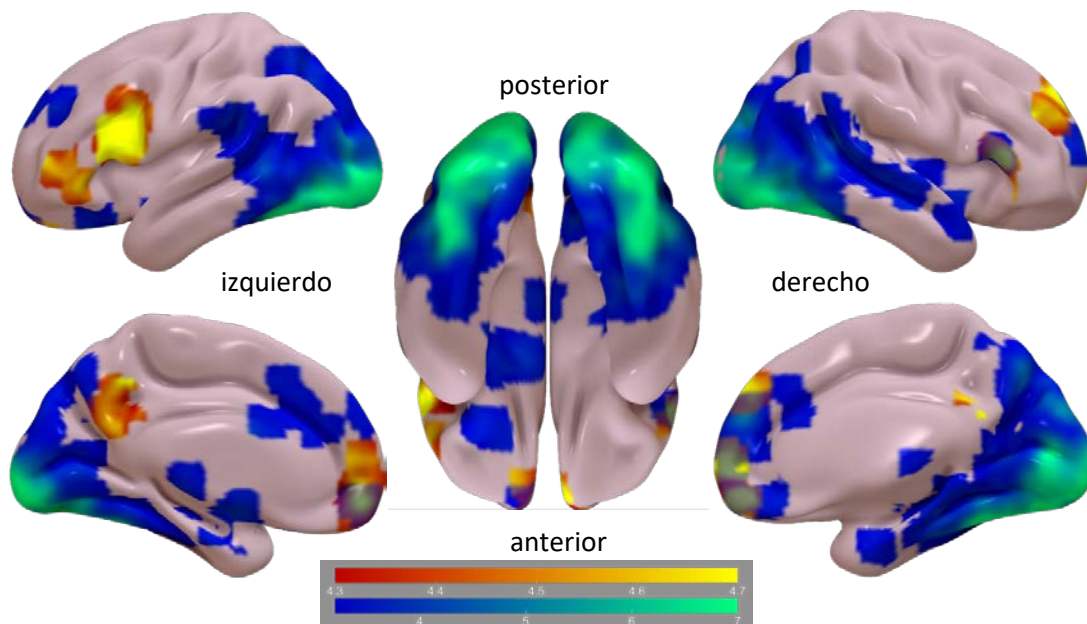


Figura 1: Efectos principales para: escala rojo-amarillo, familiaridad y escala azul-verde, formato. Se muestran los valores de t significativos a nivel de grupo, corregidos con FDR, $q < 0.01$.

Sobrelapamiento de la respuesta a caras y nombres familiares

Para dilucidar la existencia o no de áreas que procesaran familiaridad con independencia del formato de entrada de la información, se realizó el cálculo de la estabilidad del efecto de dicho factor. Para ello se sustrajo del efecto principal de este factor su interacción con el efecto principal de formato. En el contexto del cvMANOVA, la estabilidad de un factor (en este caso familiaridad) se puede entender como la medida en que este factor es similar para ambas categorías del otro factor, a los efectos de este trabajo, se traduciría en que las áreas que procesan familiaridad son las mismas para caras que para nombres, las categorías del factor formato de la información.

Se encontró sobrelapamiento (clústers significativos) en la estabilidad del factor familiaridad tanto para caras como para nombres en: corteza cingulada anterior y posterior, bilateral, en la corteza órbito-frontal medial izquierda, en la corteza prefrontal bilateral, en la corteza frontal dorsolateral izquierda, en áreas temporales anterior y medial y posterior superior izquierdas y en la amígdala izquierda (Figura 2).

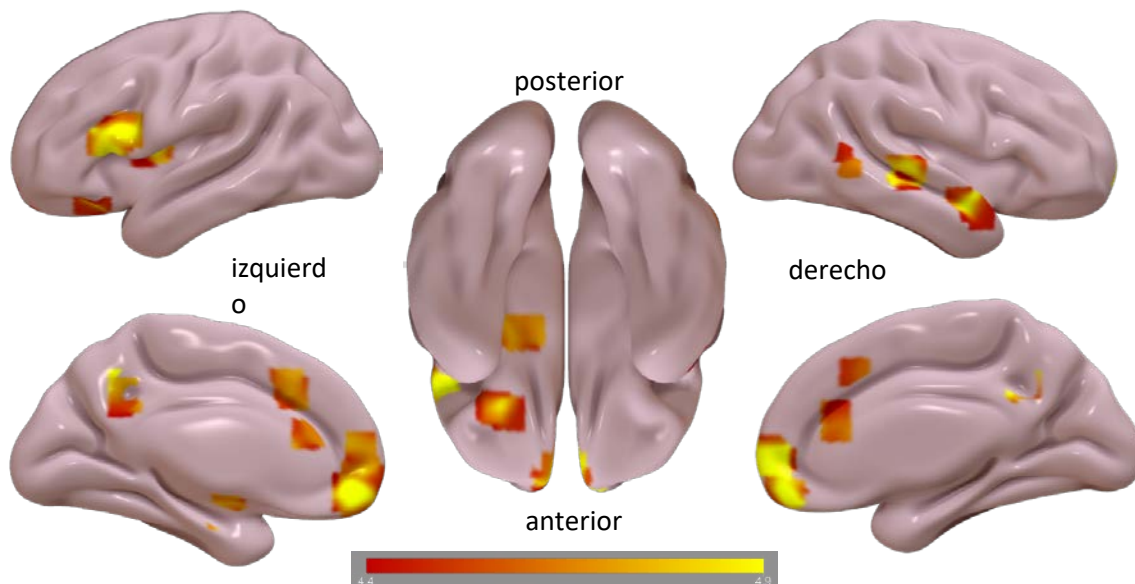


Figura 2: Estabilidad del efecto principal de familiaridad. Se muestran los valores de t significativos a nivel de grupo, corregidos con FDR, $q < 0.01$.

Discusión

En el presente estudio se investigó 1) en cuáles áreas la actividad neural estaba modulada por el formato de entrada de información (caras o nombres), en cuáles por la familiaridad de dichos estímulos y 2) la posible existencia de áreas que procesen rasgos familiares independientemente del formato de entrada de la información.

Como era esperado y en correspondencia con la literatura existente en relación al procesamiento de caras y nombres, los clústers significativos para el efecto de formato se hallaron en regiones occipito-temporales, correspondientes a la corteza visual primaria y a áreas especializadas en el procesamiento de caras y de palabras.

El hallazgo más interesante, resulta sin dudas, la identificación de áreas que parecen procesar rasgos familiares independientemente del formato de la información de entrada. Estas áreas se corresponden con algunas de las que la literatura reconoce como participantes en el procesamiento dinámico de rasgos asociados a las caras y los nombres, como la información biográfica y la valencia emocional. Estos son los casos, fundamentalmente, del temporal anterior izquierdo (Tsukiura et al., 2002, 2008) la corteza prefrontal y la corteza cingulada anterior y posterior (Guntupalli et al., 2017; Axelrod et al., 2015). A la luz del método empleado para el análisis de los datos, el cvMANOVA (Allefeld y Haynes, 2014), se puede interpretar que estas áreas, obtenidas luego de determinar la estabilidad del efecto principal del factor familiaridad, son las que participan en el procesamiento abstracto de la familiaridad, pues su actividad no está ligada a caras o a nombres de forma selectiva, sino que consistente son activadas por la presencia de estímulos familiares, independientemente de su formato.

En general, diversos autores están de acuerdo en que un conjunto diverso de operaciones cognitivas, así como una red neuronal distribuida, participan en el proceso de reconocimiento e identificación de personas familiares, pero los detalles específicos en torno a cómo ocurre este proceso, siguen siendo un tema de debate e investigación considerable. Este estudio aporta una evidencia más a favor de la

existencia de áreas neurales que procesan información abstracta de familiaridad e identidad.

Referencias bibliográficas

- Albers, A. M., Meindertsma, T., Toni, I., & de Lange, F. P. (2017). Decoupling of BOLD amplitude and pattern classification of orientation-selective activity in human visual cortex. *NeuroImage*.
- Allefeld, C., & Haynes, J. D. (2014). Searchlight-based multi-voxel pattern analysis of fMRI by cross-validated MANOVA. *Neuroimage*, 89, 345-357.
- Ambrus, G. G., Dotzer, M., Schweinberger, S. R., & Kovács, G. (2017). The occipital face area is causally involved in the formation of identity-specific face representations. *Brain Structure and Function*, 222(9), 4271-4282.
- Axelrod, V., Bar, M., & Rees, G. (2015). Exploring the unconscious using faces. *Trends in cognitive sciences*, 19(1), 35-45.
- Blank, H., Wieland, N., & von Kriegstein, K. (2014). Person recognition and the brain: merging evidence from patients and healthy individuals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 47, 717-734.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3), 305-327.
- Collins, J. A., & Olson, I. R. (2014). Beyond the FFA: the role of the ventral anterior temporal lobes in face processing. *Neuropsychologia*, 61, 65-79.
- Craigie, M., & Hanley, J. R. (1997). Putting faces to names. *British Journal of Psychology*, 88(1), 157-171.
- di Oleggio Castello, M. V., Halchenko, Y. O., Guntupalli, J. S., Gors, J. D., & Gobbini, M. I. (2017). The neural representation of personally familiar and unfamiliar faces in the distributed system for face perception. *Scientific Reports*, 7(1), 12237.
- Duchaine, B., & Yovel, G. (2015). A revised neural framework for face processing. *Annual Review of Vision Science*, 1, 393-416.
- Freiwald, W., Duchaine, B., & Yovel, G. (2016). Face processing systems: from neurons to real-world social perception. *Annual review of neuroscience*, 39, 325-346.

Gainotti, G. (2013). Laterality effects in normal subjects' recognition of familiar faces, voices and names. Perceptual and representational components. *Neuropsychologia*, 51(7), 1151-1160.

Guntupalli, J. S., & Gobbini, M. I. (2017). Reading faces: from features to recognition. *Trends in cognitive sciences*, 21(12), 915-916.

Harris, R. J., Rice, G. E., Young, A. W., & Andrews, T. J. (2015). Distinct but overlapping patterns of response to words and faces in the fusiform gyrus. *Cerebral Cortex*, 26(7), 3161-3168.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological psychiatry*, 51(1), 59-67.

Haxby, J. V. (2012). Multivariate pattern analysis of fMRI: the early beginnings. *Neuroimage*, 62(2), 852-855.

Kok, P., Jehee, J. F., & De Lange, F. P. (2012). Less is more: expectation sharpens representations in the primary visual cortex. *Neuron*, 75(2), 265-270.

Nestor, A., Plaut, D. C., & Behrmann, M. (2011). Unraveling the distributed neural code of facial identity through spatiotemporal pattern analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(24), 9998-10003.

Tong, F., & Pratte, M. S. (2012). Decoding patterns of human brain activity. *Annual review of psychology*, 63, 483-509.

Tsukiura, T., Fujii, T., Fukatsu, R., Otsuki, T., Okuda, J., Umetsu, A.,... & Kawashima, R. (2002). Neural basis of the retrieval of people's names: evidence from brain-damaged patients and fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(6), 922-937.

Tsukiura, T., Mochizuki-Kawai, H., & Fujii, T. (2006). Dissociable roles of the bilateral anterior temporal lobe in face– name associations: An event-related fMRI study. *Neuroimage*, 30(2), 617-626.

Tsukiura, T., & Cabeza, R. (2008). Orbitofrontal and hippocampal contributions to memory for face–name associations: The rewarding power of a smile. *Neuropsychologia*, 46(9), 2310-2319.

Tsukiura, T. (2012). Neural mechanisms underlying the effects of face-based affective signals on memory for faces: a tentative model. *Frontiers in integrative neuroscience*, 6, 50.

Valentine, T., Bredart, S., Lawson, R., & Ward, G. (1991). What's in a name? Access to information from people's names. *European Journal of Cognitive Psychology*, 3(1), 147-176.

Yang, H., Susilo, T., & Duchaine, B. (2014). The anterior temporal face area contains invariant representations of face identity that can persist despite the loss of right FFA and OFA. *Cerebral Cortex*, 26(3), 1096-1107.