



TESIS DOCTORAL

2016

**LA INFLUENCIA DE LA DOBLE TAREA EN EL PROCESAMIENTO DE LAS
EXPRESIONES FACIALES EMOCIONALES: SU IMPACTO EN EL
ENVEJECIMIENTO NORMAL Y EN LAS ENFERMEDADES DE
ALZHEIMER Y PARKINSON**

Autora

Carmen Teresa Casares Guillén

Licenciada en Psicología

Departamento de Psicología Básica II

Facultad de Psicología

Directora

Dra. Beatriz García Rodríguez

TESIS DOCTORAL

Departamento de Psicología Básica II

Facultad de Psicología

Universidad Nacional de Educación a Distancia

La influencia de la doble tarea en el procesamiento de las expresiones faciales emocionales: su impacto en el envejecimiento normal y en las enfermedades de Alzheimer y Parkinson.

Autora:

Carmen Teresa Casares Guillén. Licenciada en Psicología.

Directora:

Dra. Beatriz García Rodríguez

A quienes siempre permanecerán a mi lado.

A mi familia y amigos

Agradecimientos

La presente tesis doctoral simboliza el final de una larga etapa repleta de trabajo y cargada de satisfacciones. A lo largo de estos años, me llevo la recompensa de haber crecido como profesional, gracias a personas que me han ayudado a caminar con entusiasmo y constancia hacia mis objetivos. Ésta es una pequeña muestra de agradecimiento para todas ellas.

En primer lugar, quiero agradecer a la Dra. Beatriz García Rodríguez, directora de la tesis, darme la oportunidad de conocer este apasionante mundo. Gracias a ella, he tenido la posibilidad de participar en un proyecto de investigación que ha supuesto para mí un reto personal en muchos aspectos y del que he salido reforzada, sin lugar a duda. Junto a ella, he aprendido a desenvolverme en el mundo de la investigación y a conocer todos sus recovecos, a menudo, tan complejos y difíciles de desentrañar. Ha sido mi mentora, en el significado más extenso de la palabra, y me ha sabido transmitir el valor de la teoría y el pensamiento crítico como elementos fundamentales para el avance de la ciencia. Por todo ello, la doy las gracias y espero que esta tesis represente un punto y seguido en nuestro trabajo en común.

En segundo lugar, me gustaría dar las gracias a la Universidad de Würzburg (Alemania) y, en especial, al Dr. Heiner Ellgring, catedrático emérito de la misma, el cual nos ha aportado su gran experiencia en el complejo mundo de la cuantificación de las expresiones faciales emocionales. Dar las gracias al Dr. Stefan M. Schulz, que fue la persona encargada de hacerme una estancia muy agradable y con el que pude conocer *in situ* el trabajo experimental mediante nuevas técnicas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional. Gracias al Dr. Paul Pauli, Jefe del Departamento de Psicología I, Psicología Biológica, Psicología Clínica y Psicoterapia, por facilitarme en

todo lo posible mi participación en las actividades del grupo y de la Universidad. Y por último, dar las gracias a Christina Müller, quien fue mi compañera en la elaboración y puesta marcha del experimento y que me ofreció su amistad durante ese tiempo. Guardo un grato recuerdo de todos ellos y de una experiencia personal que fue muy enriquecedora.

En tercer lugar, quiero hacer una mención especial a las instituciones que han colaborado para realizar los diferentes estudios experimentales. Por un lado, al Hospital Universitario La Paz (Madrid), donde se recogieron las muestras de pacientes de Alzheimer. Dar las gracias a la Dra. Anna Frank por poner a nuestra disposición las instalaciones y los pacientes que necesitábamos, así como a Clarissa Vincent, por su participación y su ayuda. Por otro lado, dar las gracias al Hospital Universitario 12 de Octubre (Madrid) el cual nos abrió sus puertas para la recogida de muestra de pacientes de Parkinson. En concreto, dar las gracias al Dr. José Antonio Molina, a la Dra. Rosa Jurado-Barba y a la Dra. Isabel Morales.

A su vez, también quiero agradecer su ayuda a la Dra. Marisa Delgado, quien me facilitó la recogida de datos de los participantes mayores sanos, y así como a los diversos centros de mayores de la Comunidad de Madrid, que me facilitaron las instalaciones para la recoger los datos de la muestra.

También deseo hacer una mención especial a mis compañeros de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, al Departamento de Psicología Básica II, y en especial a, Pilar Toril y a Raquel Rodríguez, quienes se han convertido, a su vez, en muy buenas amigas. Gracias por vuestra ayuda, consejos y esos momentos de risa juntas. Espero que sea así por muchos años.

Por último, doy las gracias a quienes siempre permanecerán a mi lado. A mis padres, a mi hermana, a mis tíos y especialmente a mis abuelos, que me acompañan junto a su recuerdo. Y a ti Noel, mi compañero de vida, por ser la persona que cada día me saca una sonrisa y coge mi mano con fuerza. Sin lugar a duda, vuestro apoyo ha sido, y sigue siendo, el principal bastón en el que apoyarme para caminar por este complicado sendero que es la vida. Gracias a vuestra ayuda y ánimo he conseguido objetivos que nunca me hubiese imaginado. Gracias por vuestra confianza y por creer en mí, eso ha sido el impulso que necesitaba en muchos momentos. Por todo ello, os dedico éste y todos mis futuros logros personales, académicos y profesionales.

Del mismo modo, me gustaría recordar a mi familia elegida. A todos los amigos que durante ésta y otras etapas anteriores, han estado junto a mí y me han dado su cariño y apoyo de muy diferentes maneras. A los de siempre, a los incondicionales y a los que se han ido incorporando a lo largo de los años, muchas gracias.

Por último, quiero mostrar mi especial agradecimiento a todas las personas que de manera voluntaria y desinteresada han participado en los distintos estudios, y sin los cuales no hubiese sido posible esta tesis. En la misma medida, dar gracias a sus familiares, por comprender el valor que éste tipo de aportaciones tiene para el avance científico sobre el envejecimiento y la enfermedad neurodegenerativa, y cuya finalidad es la mejora de la calidad de vida de sus seres queridos.

Una vez más, gracias a todos por formar parte de algo tan importante en mi vida.

La presente Tesis Doctoral se ha desarrollado dentro del Proyecto Alter: Modulación cognitiva del procesamiento emocional: impacto en el envejecimiento y la demencia perteneciente al Ministerio de Ciencia e Innovación (REF: PSI2009-13598-C02-01-02, Programa PSIC), cuyo investigador principal (IP) ha sido la Dra. Beatriz García Rodríguez.

Publicaciones

La presente Tesis Doctoral está basada en las publicaciones que se referencian a continuación:

Casares Guillén, C.T., García-Rodríguez, B., Delgado, M., y Ellgring, H. (2016). Age-related changes in the processing of emotional faces in a dual-task paradigm. *Experimental Aging Research*, 42 (2), 129-143. [Estudio 1]. doi: 10.1080/0361073X.2016.1132819.

García-Rodríguez, B., Casares-Guillén, C. T., Molina, J. A., Rubio, G., Jurado-Barba, R., Morales, I., y Ellgring, H. (2011). Efectos diferenciales de la doble tarea en el procesamiento emocional en pacientes con enfermedad de Parkinson no medicados. *Revista de Neurología*, 53(6), 329-336. [Estudio 2].

García-Rodríguez, B., Casares Guillén, C.T., Jurado Barba, R., Rubio Valladolid, G., Molina Arjona, J.A., y Ellgring, H. (2012). Visuo-spatial interference affects the identification of emotional facial expressions in unmedicated Parkinson's patients. *Journal of Neurological Sciences*, 313, 13–16. [Estudio 3]. doi: 10.1016/j.jns.2011.09.041.

García-Rodríguez, B., Vincent, C., Casares Guillén, C.T., Ellgring, H., y Frank, A. (2012). The effects of different attentional demands in the identification of emotional facial expressions in Alzheimer's disease. *American Journal of Alzheimer Disease & Other Dementias*, 27 (7), 530-536. [Estudio 4]. doi: 10.1177/1533317512459797.

Índice de contenidos

Listado de abreviaturas y símbolos	1
Listado de figuras	2
Resumen	3
Abstract.....	5
El proyecto Alter	7
Planteamiento general y justificación.....	8
Capítulo 1. Introducción	11
1.1. El procesamiento de la expresión facial emocional	11
1.2. El procesamiento emocional en el envejecimiento sano y patológico	13
1.3. Teorías explicativas sobre procesamiento emocional en el envejecimiento	16
1.4. El procesamiento de las emociones: automático <i>versus</i> controlado. El reconocimiento de EFEs y el paradigma de la DT.....	20
Capítulo 2. Objetivo principal e hipótesis	26
2.1. Objetivo principal.....	26
2.2. Hipótesis.....	27
Capítulo 3. Método	28
3.1. Participantes	28
3.2. Estímulos.....	29
3.3. Tareas	31
3.3.1.Tarea primaria: Identificación de EFEs.....	31
3.3.2.Tareas secundarias: Bloques de Corsi y Recuerdo de Dígitos Inversos.....	32
3.4. Condiciones experimentales de DT.....	33

3.4.1. DT con interferencia visual	33
3.4.2. DT con interferencia verbal.....	35
3.5. Procedimiento general.....	36
Capítulo 4. [Estudio 1]. Cambios relacionados con la edad en el procesamiento de caras emocionales en un paradigma de DT.	38
Capítulo 5. [Estudio 2]. Efectos diferenciales de la DT en el procesamiento emocional en pacientes con EP no medicados.	65
Capítulo 6. [Estudio 3]. La interferencia de una tarea visoespacial sobre la identificación de EFEs en pacientes con EP no medicados.....	88
Capítulo 7. [Estudio 4]. El efecto de las demandas atencionales en la identificación de las EFEs en la EA.	106
Capítulo 8. Conclusiones.....	128
Capítulo 9. Discusión final	138
Capítulo 10. Conclusions.....	142
Capítulo 11. Final discussion	151
Referencias	155

Listado de abreviaturas y símbolos

BC. Bloques de Corsi

BDS. Escala de Demencia de Blessed

BDR. Tarea de recuerdo de dígitos inversos

DT. Doble tarea

DTC. Costes de la doble tarea

EA. Enfermedad de Alzheimer

EFE. Expresión Facial Emocional

EP. Enfermedad de Parkinson

FACS. Facial Action Coding System

GDS. Escala de Depresión Geriátrica de Yesavage

MMSE. Mini-Mental State Examination

MSE: Error cuadrático de la media

MT: Memoria de trabajo

p: Significación

RD: Recuerdo de dígitos

η_p^2 : Tamaño del efecto

UA: Unidad de Acción Facial

Listado de figuras

Figura 1. Ejemplo de algunas de las UAs involucradas en la expresión de la alegría:

UA 6 y UA 12 (adaptado de Ekman y Friesen, 1978).

Figura 2. Ejemplo de los estímulos emocionales, de izquierda a derecha (fila 1: alegría, enfado y miedo; fila 2: tristeza, sorpresa y asco).

Figura 3. Ejemplo de un ensayo de la tarea primaria: simple identificación de la EFE.

Figura 4. Ejemplo de un ensayo de la tarea secundaria de naturaleza visual: los Bloques de Corsi.

Figura 5. Ejemplo de un ensayo de la DT durante la codificación con interferencia visual.

Figura 6. Ejemplo de un ensayo de la DT durante la recuperación con interferencia visual.

Resumen

El objetivo de la presente tesis ha sido investigar el papel modulador de los recursos cognitivos en el procesamiento de las expresiones faciales emocionales (EFEs) y su impacto en el envejecimiento normal y en la enfermedad neurodegenerativa.

En primer lugar, la cuestión que se discute es si el procesamiento emocional es un tipo de procesamiento automático o controlado. Estudios recientes cuestionan dicha automaticidad, y defienden la influencia cognitiva en el procesamiento emocional y especialmente, en el procesamiento de las EFEs. Uno de los paradigmas más utilizados en el estudio de la automaticidad es el de la doble tarea (DT), el cual nos permite evaluar la automaticidad de cada una de las tareas cuando se ejecutan de manera simultánea. El declive en dicha ejecución será una de las variables que mejor diferencia entre envejecimiento normal y patológico. Así, en segundo lugar, nos proponemos estudiar la influencia de la capacidad cognitiva en la identificación de EFEs y su impacto en el envejecimiento normal, en la enfermedad de Alzheimer (EA) y en la enfermedad de Parkinson (EP).

Los objetivos específicos a investigar han sido: (i) el momento del procesamiento de la EFE donde aparecen mayores déficits de identificación (codificación o recuperación); (ii) el papel de la naturaleza de la tarea secundaria (visual o verbal) durante dicho procesamiento y; (iii) el impacto de cada una de estas condiciones en el envejecimiento normal y en la enfermedad neurodegenerativa.

Para alcanzar estos objetivos se han llevado a cabo cuatro estudios experimentales en los que participaron: 107 mayores sanos, 40 adultos jóvenes, 15 pacientes de EA, y 30 pacientes de EP. En cada uno de ellos, los participantes tuvieron que identificar 24 EFEs bajo diferentes condiciones experimentales de DT: codificación simultánea y

recuperación. En todos los experimentos la tarea primaria fue la identificación de EFEs y la tarea secundaria fue de naturaleza visual (Bloques de Corsi) o de naturaleza verbal (Recuerdo de Dígitos Inversos).

Los resultados evidencian que: *(i)* la interferencia generada por una tarea secundaria durante el procesamiento de la EFE tiene unos costes en dicho procesamiento y puede provocar un deterioro del mismo; *(ii)* los costes son más elevados cuando la interferencia ocurre en el momento de codificación de la EFE; *(iii)* los costes son más elevados cuando la tarea secundaria es de naturaleza visual y; *(iv)* estos fenómenos se evidencian en todos los grupos de participantes aunque aparecen en mayor medida durante el envejecimiento normal y de manera crítica en el envejecimiento patológico.

Así, parece que la capacidad cognitiva modula la capacidad de procesar EFEs y, por tanto, el procesamiento de las caras emocionales depende, en parte, de los recursos cognitivos que demanda la tarea. De este modo, se pone de relieve el carácter controlado de dicho procesamiento en situaciones complejas, como las relaciones sociales, donde los individuos tienen que atender a varias fuentes de información de manera simultánea (como la EFE y el mensaje de su interlocutor).

A su vez, estos datos empíricos ponen de manifiesto las dificultades de comunicación que pueden presentar las personas mayores y, especialmente, los pacientes neurodegenerativos en sus relaciones interpersonales.

Abstract

The aim of this thesis was to investigate the modulatory role of cognitive resources on emotional facial expressions (EFEs) processing and its impact on normal aging and neurodegenerative disease.

First, the issue discussed is whether the emotional processing is a type of automatic or controlled processing. Recent studies have questioned this automaticity and support the cognitive influence on emotional processing especially in the EFEs processing. One of the most used paradigms to study the automaticity is the dual task (DT), which allows us to evaluate the automaticity of each task when are simultaneously executed. The decline in this performance will be one of the best variables that difference between normal and pathological aging. So, secondly, we propose to study the influence of cognitive ability to identify EFEs and its impact in aging, Alzheimer's disease (AD) and Parkinson's disease (PD).

The specific aims to investigate are: *(i)* the time of EFE processing (encoding or retrieval) where identification deficits are higher *(ii)* the role of secondary task nature (visual or verbal) during such processing and; *(iii)* the impact of each of these conditions in the normal aging and neurodegenerative disease.

To achieve these aims have been carried out four experimental studies where have participate: 107 healthy older adults, 40 young adults, 15 AD patients and 30 PD patients. In each study, the participants had to identify 24 EFEs under different experimental conditions DT: DT at encoding and DT at retrieval. In all experiments, the primary task was the EFEs identification and the secondary task was visual in nature (Corsi Blocks) or verbal in nature (Backward Digit Recall).

The results show that: *(i)* the interference generated by a secondary task during EFE processing has costs in such processing and may cause a decline on it; *(ii)* the costs are higher when the interference occurs at the time of EFE encoding; *(iii)* the costs are higher when the secondary task has visual nature and; *(iv)* these phenomena are evident in all groups of participants although appear greater extent during normal aging and critically in pathological aging.

Thus, it appears that cognitive ability modulates the ability to process EFEs and therefore the processing of emotional faces depends, in part, of cognitive resources required by the task. Thus, it highlights the controlled nature of that processing in complex situations, such as social relations, where people have to attend several sources of information simultaneously (such as EFE and the message of the speaker).

Also, these empirical data show the communication difficulties that may present the elderly and especially neurodegenerative patients in their interpersonal relationships.

El proyecto Alter

La presente tesis doctoral se enmarca dentro del denominado: "Proyecto Alter: modulación cognitiva del procesamiento emocional y su impacto en el envejecimiento y la demencia", financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y cuyo investigador principal (IP) ha sido la Dra. Beatriz García Rodríguez, directora de la presente tesis, durante un periodo de 4 años (2009-2013) y en el cual la doctoranda ha estado contratada como personal investigador, durante el periodo (2010-2013).

Se trata de un proyecto multidisciplinar y coordinado, que se ha realizado en colaboración con otras instituciones, en concreto, con la Universidad de Würzburg (Alemania), el Hospital Universitario La Paz de Madrid y el Hospital Universitario 12 de Octubre, lo que ha permitido integrar la investigación médica y neurocientífica de las emociones en relación con los procesos psicológicos que están principalmente afectados en el envejecimiento, en la EA y en la EP, así como en el Deterioro Cognitivo Leve.

Su finalidad ha sido investigar el papel modulador de los procesos cognitivos en el procesamiento de EFEs y su afectación durante el envejecimiento y las enfermedades neurodegenerativas, mediante una metodología experimental novedosa para el estudio del procesamiento emocional, como es la DT. Desde un punto de vista teórico, plantea una cuestión de gran relevancia científica en la actualidad como es la de la automaticidad del procesamiento emocional. Desde el punto de vista práctico, aporta datos que nos permiten conocer hasta qué punto el envejecimiento sano y la enfermedad neurodegenerativa pueden deteriorar una de las principales funciones de las emociones, la de la comunicación interpersonal.

Planteamiento general y justificación

En las últimas décadas, la Neurociencia Afectiva ha acumulado un robusto cuerpo de conocimiento científico sobre las emociones, como consecuencia del progresivo aumento de la investigación desde disciplinas como la Psicología, la Neurología, la Biología, etc., y cuyo principal interés ha sido recabar conocimiento sobre diferentes aspectos acerca de los principales circuitos cerebrales que subyacen a su funcionamiento, su procesamiento y la relación con otras áreas cognitivas como la memoria, la atención o la motivación, así como la experiencia emocional de cada individuo (Dalglish, 2004).

En línea con este creciente interés por el estudio de las emociones, la literatura científica pone de relieve la interrelación existente en nuestro cerebro entre los procesos cognitivos y emocionales (e.g. Pessoa, 2008, 2010), lo que nos lleva a pensar que el procesamiento emocional depende, en parte, de la capacidad cognitiva del individuo, y por tanto, podría verse afectado por el deterioro de esta capacidad que está asociado al envejecimiento sano y a determinadas enfermedades neurodegenerativas. En este sentido, y basándonos en investigaciones previas, sabemos que el procesamiento de las EFEs sufre un declive tanto en el envejecimiento normal (e.g. Calder, et al., 2003; Isaacowitz, et al., 2007; Keightley, Chiew, Winocur, y Grady, 2007; Keightley, Winocur, Burianova, Honqwanishkul, y Grady, 2006; Phillips, MacLean, y Allen, 2002; Sullivan y Ruffman, 2004; Suzuki, Hoshino, Shigemasu, y Kawamura, 2007; Wong, Cronin-Golomb, y Nearing, 2005; Zsoldos, Cousin, Klein-Koerkamp, Pichat, y Hot, 2016) como en el envejecimiento patológico (e.g. Cadieux y Greve, 1997; Hargrave, Maddock, y Stone, 2002; Kan, Kawamura, Hasegawa, Mochizuki, y Nakamura, 2002; Klein-Koerkampa, Beaudoinb, Baciua, y Hota, 2012; Koff, Zaitchik, Montepare, y

Albert, 1999; Pell y Leonard, 2005; Sprengelmeyer, et al., 2003), especialmente para las EFEs de valencia negativa.

En línea con nuestra posición teórica al respecto, una posible explicación a este fenómeno ha sido dada desde el enfoque cognitivo (para una revisión ver Ruffman, Henry, Livingstone, y Phillips, 2008), el cual entiende que el declive o deterioro cognitivo que acontece durante el envejecimiento sano y especialmente en la enfermedad neurodegenerativa sería, en parte, el responsable de los déficits observados en el procesamiento emocional. Desde esta perspectiva, el procesamiento emocional sería un proceso controlado y no automático, como se venía defendiendo anteriormente (e.g. Öhman, 2002), y podría verse afectado, entre otras variables, por la complejidad de la tarea (e.g. García-Rodríguez, Ellgring, Fusari, y Frank, 2009a; García-Rodríguez, Fusari, y Ellgring, 2008; García-Rodríguez, Fusari, Rodríguez, Zurdo-Hernández, y Ellgring, 2009b; García-Rodríguez, et al., 2011; Orgeta, y Phillips, 2008; Pessoa, McKenna, Gutierrez, y Ungerleider, 2002; Pessoa, y Ungerleider, 2005; Phillips y Henry, 2005; Phillips, Tunstall, y Channon, 2007). De este modo, entendemos que las personas que padecen un mayor deterioro cognitivo tendrán peor rendimiento en la identificación de EFEs en función de los recursos cognitivos que demande la tarea.

Así, considerando lo anteriormente expuesto, el objetivo principal de la tesis ha sido investigar el papel modulador de los recursos cognitivos en el procesamiento de EFEs y su impacto tanto en el envejecimiento normal como en el envejecimiento patológico. La tesis doctoral está basada en una nueva metodología (García, et al., 2009a; García, et al., 2011) para el estudio del procesamiento de EFEs, como es la DT, que nos permitirá valorar los déficits en el procesamiento emocional en función de la demanda cognitiva específica en la que se produce dicho procesamiento. De este modo, nos acercamos al fenómeno emocional de una forma ecológica y, por tanto, similar a como acontece en

las situaciones sociales de la vida diaria, donde los individuos tienen que procesar varias fuentes de información de manera simultánea.

En resumen, nuestros resultados contribuyen a una mejor comprensión de cómo ocurre el procesamiento de las EFEs en contextos estimuladores complejos. Además, nos permiten explicar cómo se realiza dicho procesamiento cuando los recursos cognitivos disponibles en el individuo no son suficientes, como ocurre en el envejecimiento normal y en la enfermedad neurodegenerativa. Por tanto, se aporta a la Neurociencia Afectiva un marco comprensivo sobre la relación entre el procesamiento de la EFE y otros procesos cognitivos, que será útil dentro de la comunidad científica para avanzar a nivel teórico en el estudio de las emociones y como consecuencia, en su vertiente aplicada.

Capítulo 1. Introducción

1.1. El procesamiento de la expresión facial emocional

El procesamiento emocional tiene un papel fundamental para el correcto desenvolvimiento de los individuos en su entorno (Reeve, 1994), facilitando la interacción con otras personas. Nuestra capacidad de expresar y reconocer las emociones a través del rostro y/o el cuerpo, favorece una correcta comunicación y tiene una función relevante para nuestra adaptación al medio y, a su vez, para la regulación de la conducta personal y social.

En la actualidad, desde la Neurociencia Afectiva se ha investigado el procesamiento de las EFEs de manera destacada frente a otros estímulos emocionales, por varias razones:

- 1) Tienen un carácter universal. Estudios previos (Ekman y Friesen, 1971; Ekman, 1972; Izard, 1994) muestran la universalidad de las emociones básicas a través de las diferentes culturas, aunque siempre exista cierta influencia de éstas. Estos datos apoyan lo previamente defendido por Tomkins (1962) y mucho antes por Darwin (1985[1872]).
- 2) Tienen un carácter innato, ya que constituyen en sí uno de los medios de comunicación no verbal más relevante y básico desde que nacemos (Fridlund, 1997; Nelson y Haan, 1997).

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, la EFE constituye un estímulo óptimo para su utilización en la investigación. Su carácter universal e innato, aporta al investigador la seguridad de estar trabajando con un estímulo emocional alejado de connotaciones culturales o de cualquier otra índole (Ekman y Oster, 1979). Como consecuencia de ello, para su estudio dentro del laboratorio, Ekman y Friesen (1978) crearon un sistema para medir la acción facial denominado *Facial Action Coding*

System (FACS). Hoy día, los estímulos del FACS se han convertido en un estándar a la hora de examinar el reconocimiento del comportamiento facial, proporcionando material validado y fiable para evaluar la identificación de EFEs y para facilitar la comparación entre diferentes estudios. El FACS permite medir objetivamente cualquier conducta expresada por el rostro y hacer una interpretación muy aproximada de dicha expresión. Distingue entre 44 Unidades de Acción (UAs) definidas como las unidades mínimas que se pueden separar anatómicamente, así como distinguir visualmente y que están formadas a partir de la actividad de uno o más músculos faciales. Así, cada expresión facial puede desglosarse en una o varias UAs. La Figura 1 muestra un ejemplo de algunas de las UAs involucradas en la expresión de la alegría.



<p><u>UA 6</u> Levantamiento de los Carrillos</p>	<p><u>Músculo facial</u> Orbicular de los ojos, porción orbitaris</p>	
<p><u>UA 12</u> Estiramiento de las comisuras de los labios hacia atrás y hacia arriba</p>	<p>Cigomático mayor</p>	

Figura 1. Ejemplo de algunas de las UAs involucradas en la expresión de la alegría: UA 6 y UA 12 (adaptado de Ekman y Friesen, 1978).

1.2. El procesamiento emocional en el envejecimiento sano y patológico

En relación al envejecimiento sano, ha sido ampliamente investigado y descrito el deterioro cognitivo que acontece con la edad y que implica déficits en la velocidad de procesamiento, la memoria o la atención (Grady, 2008; Woodruff-Pak, 1997). Sin embargo, en las últimas décadas, el estudio del procesamiento emocional ha generado un gran interés, y especialmente, los efectos de la edad en el procesamiento de las EFEs.

Un estudio pionero sobre procesamiento emocional en el envejecimiento (Malatesta, Izard, Culver, y Nicolich, 1978) ya señaló que las personas mayores sanas identifican peor las EFEs que los adultos jóvenes. Posteriormente, otros trabajos (e.g. Calder et al., 2003; Ebner y Fischer, 2014; Isaacowitz et al., 2007; Mather, 2016; Moreno, Borod, Welkowitz, y Alpert, 1993; Phillips, Slessor, Bailey, y Henry, 2014; Ruffman, et al., 2008; Sarabia, Navas, Ellgring, y García-Rodríguez, 2016; Sullivan y Ruffman, 2004; Suzuki et al., 2007; Ziaei, Burianova, Von Hippel, Ebner, Phillips, y Henry, 2016) han confirmado la existencia de este efecto en la identificación de las EFEs en función de la edad. En concreto, parece que las personas mayores identifican peor que las más jóvenes las EFEs de valencia negativa, como el miedo, el enfado y la tristeza (e.g. Calder, et al., 2003; Isaacowitz, et al., 2007; Keightley et al., 2006; Phillips et al., 2002; Sullivan, y Ruffman, 2004; Suzuki, et al., 2007; Wong et al., 2005; para una revisión ver Ziaei y Fischer, 2016).

Este fenómeno se ha podido constatar especialmente en el envejecimiento patológico, sobre todo en las enfermedades de Alzheimer (EA) y de Parkinson (EP). En relación a la EP, la literatura muestra que junto a los síntomas motores existen otros síntomas de tipo cognitivo y emocional que acompañan a la enfermedad (Perón, Dondaine, Le Jeune, Grandjean, y Vérin, 2012). Dichas alteraciones se relacionan con

la pérdida de neuronas dopaminérgicas y una deposición de los cuerpos de Lewy en el sistema nigroestriatal, que rompe el correcto funcionamiento de los circuitos frontoestriatales (Braak y Del Tredici, 2009, 2010), y que a medida que avanza la enfermedad, originan alteraciones en el córtex dando lugar al deterioro de la actividad cognitiva y emocional de los pacientes. Un reciente informe de *Movement Disorder Society* (Litvan, et al., 2011) que analizó la literatura sobre la disfunción mental en la EP, determinó que el deterioro cognitivo es común en los pacientes no dementes y que está asociado con el incremento de la edad, la duración y la severidad de la enfermedad, aunque las distintas investigaciones han revelado grandes discrepancias acerca del alcance de los daños y su evolución (Barone, et al., 2011; Mindham y Hughes, 2000; Zgaljardic, Borod, Foldi, y Mattis, 2003).

De manera simultánea al deterioro de las funciones mentales, los trastornos afectivos y emocionales también son muy frecuentes en los pacientes de EP, incluso muchas veces preceden a los primeros síntomas motores de la enfermedad (Ishihara y Brayne, 2006; Jacob, Gatto, Thompson, Bordelon, y Ritz, 2010; Shiba, et al., 2000; Weisskopf, Chen, Schwarzschild, Kawachi, y Ascherio, 2003), siendo relativamente frecuentes trastornos como la depresión y la ansiedad. A su vez, algunas investigaciones añaden al patrón psicológico asociado a la EP, déficits en la comprensión o procesamiento de las emociones en el transcurso de la enfermedad, especialmente de las EFEs, aunque los resultados acerca de cómo dicha habilidad está afectada por la enfermedad no son concluyentes, existiendo diversos trabajos experimentales que apuntan en distintas direcciones (Dujardin, et al., 2004; Herrera, Cuetos, y Rodríguez Ferreiro, 2011; Kan, et al., 2002; Lawrence, Goerendt, y Brooks, 2007; Marneweck, y Hammond, 2014; Sprengelmeyer et al., 2003). Por ejemplo, algunos autores señalan que los pacientes medicados tienen dificultades para procesar la emoción de asco (e.g. Suzuki, Hoshino,

Shigemasa, y Kawamura, 2006) así como otras emociones negativas (Biseul, et al., 2005; Kawamura y Kobayakawa, 2009; Pell, y Leonard, 2003; Perón, et al., 2010). Sin embargo, otros estudios no han podido corroborar estos hallazgos (Adolphs, Schul, y Tranel, 1998; Pell y Leonard, 2005).

Trabajos recientes defienden la hipótesis de que los déficits en el procesamiento de EFEs característicos de los pacientes de EP dependen del tipo de recursos cognitivos que demanda la tarea (Assogna, Pontieri, Caltagirone, y Spalletta, 2008; Assogna, et al., 2010; Clark, Neargarder, y Cronin-Golomb, 2008; Clark, Neargarder y Cronin-Golomb, 2010; Gray y Degnen, 2010; Garrido-Vásquez, Pell, Paulmann, Sehm, y Kotz, 2016; Narme, Bonnet, Dubois, y Chaby, 2011; Wagenbreth, Wattenberg, Heinze, y Zaehle, 2016), como por ejemplo, recursos visoespaciales y/o atencionales, recursos afectados desde el comienzo de la enfermedad. Según esta hipótesis, el deterioro cognitivo característico de la enfermedad podría ser, en parte, el responsable de las dificultades que manifiestan los pacientes para procesar la información de naturaleza afectiva.

En cuanto a la EA, los estudios revelan que de manera simultánea a los déficits cognitivos tales como la pérdida de memoria, alteraciones en la orientación, desordenes lingüísticos, etc., los pacientes presentan déficits en el procesamiento emocional, ya que desde los primeros estadios de la enfermedad se encuentran dañadas estructuras neurales relacionadas con este proceso tales como la amígdala, estructura íntimamente ligada a las emociones (Cueânod, Denys, y Michot, 1993; JianPeng, PingLei, Rui, HuiFang, 2012; Scott, Dekosky, y Scheff, 1991; Sergerie, Chochol y Armony, 2008). De hecho, se ha encontrado evidencia de deterioro en el reconocimiento de EFEs en pacientes con EA (e.g. Albert, Cohen, y Koff, 1991; Allender y Kaszniak, 1989; Cadieux y Greve, 1997; Hargrave, et al., 2002; Kholer, et al., 2005; Klein-Koerkampa, Beaudoinb, Baciua, y Hota, 2012; McLellan, Johnston, Dalrymple-Alford, y Porter,

2008; Roudier, Marcie y Grancher, 1998; Torres, Santos, Barroso de Sousa, y Simoes, 2015). Otros autores (Lavenú y Pasquier, 2005) apuntan a que los déficits en el procesamiento de EFEs en los pacientes de EA pudieran deberse también a daños corticales. Lavenú y Pasquier (2005) realizaron un estudio longitudinal durante tres años sobre la percepción de emociones faciales. Los autores concluyeron la existencia de deterioro en el reconocimiento de las EFEs en los pacientes con EA que va aumentando con la progresión de la enfermedad y que estaría relacionado con las áreas corticales implicadas.

Sin embargo, a pesar de los incuestionables daños cerebrales asociados a la enfermedad, otros trabajos (Burnham y Hogervorst, 2004) defienden que las dificultades para reconocer EFEs en los pacientes de EA estaría relacionada con el tipo de tarea de identificación emocional y que los pacientes tendrían dificultad para reconocer las emociones en situaciones más complejas que la simple identificación, como el emparejamiento, lo que podría explicarse por una disfunción de tipo visoespacial asociada a su deterioro cognitivo.

En resumen, la literatura muestra que durante el envejecimiento normal y patológico se produce un deterioro en la capacidad para procesar emociones, especialmente en las emociones negativas. Para explicar este fenómeno, desde diversos ámbitos se han propuesto diferentes teorías explicativas.

1.3. Teorías explicativas sobre procesamiento emocional en el envejecimiento

Para explicar los déficits en el procesamiento emocional de emociones negativas que acontecen durante el envejecimiento se han desarrollado tres enfoques teóricos distintos

(Ruffman, et al., 2008), que argumentan desde distintas posturas, los déficits encontrados en el reconocimiento de EFEs.

El enfoque socioemocional

Este enfoque se desarrolla dentro de la denominada *teoría de la Selectividad Socioemocional* (Carstensen, Fung, y Charles, 2003), y explica los cambios emocionales a lo largo del ciclo vital. Esta teoría defiende que la edad lleva asociada una disminución de las relaciones sociales, como parte de un proceso selectivo mediante el cual las personas mayores descartan las relaciones irrelevantes y priorizan las más significativas y positivas (e.g. Carstensen, Isaacowitz, y Charles, 1999; Carstensen, et al., 2003; McConatha, Leone, y Amstrong, 1997; Pasupathi, Carstensen, Turk-Charles, y Tsai, 1998; Phillips, et al., 2002; Mather, 2012), denominando a este fenómeno el “*efecto de positividad*”. Así, la vida afectiva tiene mayor relevancia y esto tiene como consecuencia que las personas mayores expresen con mayor frecuencia los afectos positivos e inhiban los negativos. A pesar de que este enfoque explica los sesgos asociados a la edad en el procesamiento de las emociones negativas, no ha aportado evidencias claras acerca de las dificultades que muestran las personas mayores en la tarea de identificar EFEs, sino que más bien se centra exclusivamente en los aspectos subjetivos de las emociones.

El enfoque neuropsicológico

Este enfoque propone que los cambios en el procesamiento emocional de estímulos de valencia negativa son consecuencia de los cambios neurológicos asociados al paso de los años. Estudios neurológicos con técnicas de neuroimagen (para una revisión ver Reuter-Lorenz, y Park, 2010) han puesto de manifiesto que existen diferencias anatómicas entre los cerebros envejecidos (por encima de los 60 años) y los jóvenes

(entre 18 y 35 años). Por ejemplo, los surcos se hacen más prominentes con la edad, se produce una reducción de las ramificaciones dendríticas, hay una menor concentración de neurotransmisores como la dopamina y la acetilcolina, y también se produce una reducción del flujo sanguíneo. Muchos trabajos (e.g. Adolphs, 2002a; Calder, et al., 2003; Isaacowitz, et al., 2007; Phillips, et al., 2002; St. Jacques, Bessette-Symons, y Cabeza, 2009; Sullivan y Ruffman, 2004; Suzuki, et al., 2007) proponen que las diferencias encontradas en las personas mayores en el procesamiento de EFEs podrían estar relacionadas con los cambios en los sistemas neurales que acontecen durante el envejecimiento, especialmente en áreas responsables del procesamiento emocional como son: la amígdala, el giro fusiforme, la corteza cingulada, la corteza orbitofrontal, etc. Algunos estudios han podido comprobar la baja activación de la amígdala (Gunning-Dixon, et al., 2003; Tessitore, et al., 2005), especialmente cuando identifican emociones de valencia negativa (Iidaka, et al., 2002; Williams, et al., 2006) y otros que relacionan la pérdida de volumen de la amígdala con las dificultades para reconocer las expresiones faciales de miedo y tristeza (e.g. Wright, Wedig, Williams, Rauch, y Albert, 2006). De manera similar, la reducción del volumen y el declive del metabolismo en la corteza cingulada anterior estaría en la base de los déficits para el reconocimiento de la tristeza y el daño en la corteza orbitofrontal se relacionaría con un deterioro en la identificación del enfado (Tisserand, Visser, van Boxtel, y Jolles, 2000; Tisserand, et al., 2002). Otra explicación plausible y defendida recientemente es que en el envejecimiento se establece un patrón distinto de conexiones entre distintas áreas cerebrales cuando las personas mayores tienen que reconocer la expresión emocional (Nashiro, Sakaki y Mather, 2012). Y a su vez, existe una activación diferencial en las áreas implicadas en el reconocimiento de EFEs de valencia negativa o positiva (Keightley, et al., 2007).

Sin embargo, aunque se han podido comprobar las bases neurológicas del procesamiento emocional, los resultados no son concluyentes y se ha propuesto que los déficits encontrados en personas mayores también sean debidos al tipo de operación mental realizada en la tarea de identificación emocional (e.g. simple identificación, discriminación, etc.) o a la complejidad del estímulo emocional. Así, se entiende que no es lo mismo identificar una emoción en un rostro aislado que discriminar una emoción específica entre dos rostros distintos. Esta última tarea, es una tarea más compleja y podría verse afectada, en mayor medida, por los efectos del envejecimiento.

El enfoque cognitivo

Por último, la tercera explicación propuesta destaca la influencia de los procesos cognitivos en el procesamiento emocional. Desde este punto de vista, el deterioro cognitivo general que acontece durante el envejecimiento podría estar relacionado con las dificultades en el procesamiento de EFEs. Una forma de investigar la relación entre el deterioro cognitivo y el reconocimiento de EFEs es examinar la relativa dificultad de las personas mayores para reconocer las distintas expresiones. Según este enfoque, el procesamiento emocional es un proceso controlado y no automático, como se venía defendiendo hace décadas (Öhman, 2002), y podría verse afectado, entre otras variables, por la dificultad de la tarea (e.g. García-Rodríguez, et al., 2008; García-Rodríguez, et al., 2009a; García-Rodríguez, et al., 2009b; García-Rodríguez, et al., 2011; Ortega, y Phillips, 2008; Pessoa, et al., 2002; Pessoa, y Ungerleider, 2005; Phillips y Henry, 2005; Phillips, et al., 2007). De este modo, las personas mayores tendrían peor rendimiento en la identificación de EFEs en función de los recursos cognitivos que demandase la tarea, de las características del estímulo (por ejemplo, la intensidad del mismo) o el tipo de tarea (por ejemplo, simple identificación o identificación en DT, etc.). En resumen, el procesamiento emocional por tanto, se vería afectado en el envejecimiento en la misma

medida que otros procesos cognitivos (Phillips y Henry, 2005), tales como la velocidad de procesamiento (Salthouse, 1996), la memoria operativa (Craik y Byrd, 1982) o la inhibición (Hasher, Stoltzfus, Zacks, y Rympha, 1991).

1.4. El procesamiento de las emociones: automático *versus* controlado. El reconocimiento de EFEs y el paradigma de la DT.

Como hemos visto, la cuestión de si el procesamiento de las emociones se lleva a cabo de manera automática (*bottom-up*) o controlada (*top-down*) por el individuo, es decir, la automaticidad o no del procesamiento emocional, es en la actualidad uno de los aspectos más controvertidos en el estudio de la emoción.

Tradicionalmente las respuestas emocionales se han entendido como reacciones muy rápidas y, por tanto, automáticas, que permiten al individuo adaptarse con una máxima eficacia a las demandas de su entorno. Esta función de supervivencia, tanto filogenética como ontogenéticamente hablando, se ha ligado a la selección natural (Darwin, 1985 [1872]) y entiende las EFEs como una respuesta emocional de carácter innato y universal que permite la transmisión de información relevante de forma rápida al resto de individuos.

Dichas posturas han mantenido que las emociones forman parte de circuitos cerebrales denominados la “*low road*” (Le Doux, 1996) los cuales participan en el procesamiento de los estímulos emocionales sin la influencia cortical. Las áreas implicadas en esta ruta realizarían un procesamiento automático de los estímulos emocionales sin la necesidad de utilizar recursos atencionales (Globisch, Hamm, Esteves, y Öhman, 1999; Öhman, Esteves, y Soares, 1995; Vuilleumier, Armony, Driver, y Dolan, 2001; Vuilleumier y Righart, 2011).

En este sentido, ha sido de especial relevancia el papel otorgado a la amígdala (Sergeyev, et al., 2008), que ha sido la estructura subcortical más ampliamente relacionada con la emoción, y entendida como el centro computacional primario para el registro y proceso de los estímulos emocionales, tanto en animales como en humanos (Le Doux, 1990). Es Le Doux (1986, 1987, 1996) quien plantea que las emociones pueden ser activadas desde estructuras subcorticales, las cuales procesarían la información de un modo rápido y automático, sin necesidad de que dicha información sea procesada por el neocórtex, mediante una activación tálamo-amigdalina.

En la misma línea, Öhman (2002) destaca la importancia de la amígdala en el procesamiento no consciente de estímulos que causan miedo. Así, la amígdala se considera la principal estructura subcortical implicada en el procesamiento emocional de las señales sensoriales, en la respuesta rápida a estímulos emocionales y en la convergencia con la información del contexto. Los estudios con pacientes con afectación cerebral amigdalina y con técnicas de neuroimagen así lo corroboran (Sánchez-Navarro y Román, 2004). Sabemos que la amígdala recibe información sensorial directamente del tálamo, mediante una vía tálamo-amigdalina que permite un procesamiento rápido de estímulos negativos, peligrosos o desagradables, y que se relaciona con estructuras ejecutivas motoras y autonómicas como el hipotálamo.

En relación al procesamiento de EFEs, se ha visto que la lesión amigdalina produce una alteración en el reconocimiento de caras emocionales (Young et al., 1995), reduciendo la capacidad de los pacientes para reconocer la emoción de miedo, así como su intensidad en imágenes de caras humanas (para una revisión ver Adolphs, 2002a). De igual modo, los estudios con técnicas de neuroimagen funcional muestran que la amígdala se activa durante la respuesta de miedo condicionado (La Bar, Gatenby, Gore, Le Doux, y Phelps, 1998), así como durante el procesamiento de caras emocionales en

función del tipo de emoción expresada por la cara (Morris et al., 1996). En general, todos los estudios aportan evidencia de la participación de la amígdala en el procesamiento de estímulos emocionales, especialmente en los de tipo aversivo.

En paralelo al estudio de la amígdala, otros autores (e.g. Damasio, 1998; Davidson, 1995, 2003; Davidson e Irwin, 1999; Davidson, Jackson y Kalin, 2000; Sánchez-Navarro, Martínez-Selva y Román, 2005) han investigado el papel de la corteza prefrontal en la conducta emocional, atribuyendo a esta región una función importante relacionada tanto con la experiencia como con la expresión emocional.

A este respecto, Cummings (1985) ya señaló que en función de la región prefrontal dañada se producirán diferentes alteraciones de tipo emocional. Así, las regiones orbitofrontal o ventral y medial son las que más directamente se encuentran relacionadas con la emoción, mientras que la región dorsolateral se encuentra más relacionada con diferentes funciones cognitivas. En concreto, las regiones prefrontal paralímbica y la corteza orbitofrontal (o prefrontal ventromedial) corrigen las respuestas emocionales y modifican la conducta de acuerdo a la variación del entorno. Estas serían las encargadas de regular las emociones, bajo el compendio de las normas sociales y el aprendizaje previo y tomar así decisiones, así como para el correcto funcionamiento emocional en situaciones sociales que requieren el procesamiento de estímulos complejos (Damasio, 1997). Una lesión en el lóbulo frontal, por ejemplo, produce graves alteraciones conductuales, desadaptación al entorno y como en diversos estudios se ha corroborado, dificultades en el procesamiento emocional (Bechara, Damasio y Damasio, 2000; Keane, Calder, Hodges y Young, 2002; Phillips, Drevets, Rauch, y Lane, 2003). Es por ello, que se considera que la corteza prefrontal juega un papel importante precisamente en el ajuste social de las emociones (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel y Damasio, 1999). En línea con esta idea, el nivel de desarrollo

alcanzado por los procesos afectivos en los seres humanos, ha llevado a cuestionarse la automaticidad de las emociones en ciertos contextos sociales, donde se hace necesaria la implicación de áreas corticales y, por tanto, de otros procesos cognitivos (Pessoa, 2013, 2015) como, por ejemplo, los procesos atencionales (para una revisión ver Yiend, 2010). Así, en contextos complejos, la identificación de la emoción se vuelve un proceso controlado donde la tarea de identificación tiene lugar simultáneamente con otras actividades y el sujeto debe dividir su atención (e.g. decodificar la EFE y relacionarla con un mensaje verbal).

Uno de los paradigmas más habituales para evaluar la automaticidad de un proceso es el paradigma de la DT, que mide la interferencia generada por una tarea secundaria en la ejecución de una primaria, revelando que un proceso automático no se ve afectado por el procesamiento dual. Se trata así, de una tarea útil para la investigación del procesamiento de EFEs, ya que como hemos comentado anteriormente, la identificación de la cara emocional se realiza de manera simultánea a otro tipo de información. Por tanto, la forma de acercarnos al fenómeno, y mantener una mayor validez ecológica es mediante este tipo de tarea dual, que simula al igual que ocurre en situaciones de la vida real, la división de la atención entre la EFE y otras fuentes de información. Los estudios de atención dividida (Baddeley, Della Sala, Papagno y Spinnler, 1997; Cocchini, Logie, Della-Sala, McPherson, y Baddeley, 2002a; Cocchini, Logie, Della-Sala, y MacPherson, 2002b; MacPherson, Della-Sala, Logie, y Wilcock, 2007) evalúan la capacidad para llevar a cabo más de una tarea al mismo tiempo. Cuando tenemos que atender de forma simultánea y continuada a más de un estímulo, parece que la atención se distribuye entre las distintas tareas, y este ha sido el supuesto fundamental de buena parte de los modelos teóricos atencionales actuales. Según estos modelos, el organismo cuenta con una serie de recursos atencionales que se distribuyen en función de las

demandas exigidas en un momento determinado. Sin embargo, la capacidad para atender simultáneamente a dos fuentes de información es limitada (Murdock, 1982). Cuando el sujeto no es capaz de atender simultáneamente a las múltiples demandas del ambiente, el fenómeno más típico que suele producirse es la interferencia. Este fenómeno indica hasta qué punto el deterioro en la ejecución de una tarea se debe a la demanda de atención de otra.

Así, desde este paradigma se asume que (Navon y Miller, 1987):

(1) El sistema cognitivo posee una serie de recursos atencionales distribuidos entre las diversas operaciones y/o tareas concurrentes que el individuo debe realizar,

(2) Cuando las operaciones o tareas concurrentes demandan poca atención su ejecución puede llevarse a cabo sin que exista apenas deterioro en la realización de ninguna de ellas. Sin embargo, cuando las demandas atencionales exigidas por las tareas concurrentes superan la capacidad disponible del sistema cognitivo se produce el fenómeno de la interferencia,

(3) La interferencia se produce porque la cantidad de demandas exigidas para realizar dos tareas es superior a la cantidad de recursos de que dispone el sujeto (Norman y Bobrow, 1975).

Estudios con el paradigma de DT indican que existen variables que intervienen en el procesamiento en DT. Por ejemplo, no todas las fases de la DT están afectadas en la misma medida por la introducción de la tarea secundaria (Logie, Cocchini, Della Sala, y Baddeley, 2004; Naveh-Benjamin, Craik, Gavrilesu, y Anderson, 2000). Los costes asociados son mayores cuando la introducción de la tarea secundaria tiene lugar durante la codificación de la tarea primaria, es decir, en tareas donde la codificación de los estímulos es concurrente (Dolman, Roy, Dimeck, y Hall, 2000; Park, Puglisi, y Smith, 1986; Salthouse, Rogan, y Prill, 1984). Sin embargo, los resultados son menos

concluyentes cuando la tarea secundaria es introducida en el periodo de recuperación de la tarea primaria (Anderson, Craik, y Naveh-Benjamin, 1998; Logie, Della Sala, MacPherson, y Cooper, 2007; Naveh-Benjamin, Craik, Guez, y Dori, 1998; Naveh-Benjamin, Craik, Guez, y Kreuger, 2005).

Por otro lado, respecto a la naturaleza del tipo de tarea (visual, auditiva, semántica, etc.) se sabe que cuando las dos tareas son de la misma naturaleza, es decir, compiten por los mismos recursos, existe una mayor interferencia que cuando son de diferente naturaleza (Logie, et al., 2007).

Por tanto, desde un enfoque cognitivo, será relevante tener en cuenta este tipo de variables a la hora de estudiar el procesamiento emocional en situaciones estimulares complejas que demanden al individuo unos elevados recursos cognitivos. A su vez, en la misma línea será interesante estudiar grupos de población que por sus características propias tengan una merma cognitiva (como en el envejecimiento sano y patológico) y, que permitan investigar como tiene lugar el procesamiento emocional cuando los recursos son escasos.

Capítulo 2. Objetivo principal e hipótesis

2.1. Objetivo principal

El objetivo principal de la presente tesis ha sido investigar el papel modulador de los recursos cognitivos en el procesamiento de EFEs y su impacto en el envejecimiento normal y en la EA y EP. Para ello, se estudió la interferencia que genera la introducción de una tarea secundaria en el procesamiento de la EFE, mediante un paradigma de DT.

En concreto, se investigaron las siguientes variables de DT:

1) El momento de la introducción de la tarea secundaria durante el procesamiento de la EFE (durante la codificación o durante la recuperación).

2) La naturaleza de la tarea secundaria (naturaleza visual o naturaleza verbal).

Dichas variables de DT serán estudiadas en función de: Envejecimiento (mayores sanos *versus* adultos jóvenes) y Salud/Enfermedad (pacientes de EA y EP *versus* mayores sanos respectivamente).

En base a ello, los objetivos específicos a investigar han sido:

- 1) El momento del procesamiento de la EFE donde hay mayores déficits de identificación (codificación o recuperación).
- 2) El papel de la naturaleza de la tarea secundaria (visual o verbal) durante dicho procesamiento.
- 3) El impacto de cada una de estas condiciones en el envejecimiento normal y en la enfermedad neurodegenerativa.

2.2. Hipótesis

La hipótesis general sostiene que el procesamiento de las EFEs se verá afectado por la situación de DT en todos los grupos experimentales. Sin embargo, de manera específica esperamos encontrar:

- 1) Mayores déficits en el procesamiento emocional cuando la tarea secundaria se presente en el momento de codificación de la EFE.
- 2) Mayores déficits en el procesamiento emocional cuando la tarea secundaria sea de naturaleza visual.
- 3) Mayores déficits en el procesamiento de EFEs en función del deterioro cognitivo asociado al envejecimiento y a la enfermedad neurodegenerativa. Así, esperamos que el procesamiento emocional se verá negativamente afectado, en primer lugar, en los pacientes EA y EP, en segundo lugar, en los mayores sanos y, por último, en los adultos jóvenes.

Para poder alcanzar estos objetivos y poner a prueba nuestras hipótesis se han realizado cuatro estudios experimentales (estudios 1, 2, 3 y 4) que se desarrollan en los capítulos (4, 5, 6 y 7, respectivamente) de la presente tesis. Cada estudio experimental se corresponde con un artículo de investigación, referenciado en el apartado de publicaciones.

Capítulo 3. Método

3.1. Participantes

La muestra ha estado formada por un total de 4 grupos, divididos de la siguiente forma:

- (1) 107 mayores sanos (44 hombres, 63 mujeres), con un rango de edad entre 54 y 86 años. Los participantes mayores fueron reclutados en diversos Centros Sociales de la Tercera Edad de la Comunidad de Madrid.
- (2) 40 adultos jóvenes (20 hombres, 20 mujeres) con un rango de edad entre 18 y 31 años. Los adultos jóvenes participaron en el estudio de manera voluntaria y fueron reclutados, en un Centro de Voluntariado Social de la Comunidad de Madrid.
- (3) 30 pacientes con Enfermedad de Parkinson (17 hombres, 13 mujeres), con un rango de edad entre 49 y 86 años. Los pacientes de Parkinson fueron reclutados a través del Hospital Universitario 12 de Octubre de Madrid.
- (4) 15 pacientes con Enfermedad de Alzheimer (6 hombres, 9 mujeres), con un rango de edad entre 65 y 85 años. Los pacientes de Alzheimer fueron reclutados a través del Hospital Universitario la Paz de Madrid.

Los criterios de exclusión para todos los grupos fueron: (i) tener valores por debajo de 25 en la prueba de Mini-Mental State Examination (MMSE, Folstein, Folstein, y McHughes, 1975); (ii) padecer algún tipo de demencia, con valores superiores a 4 en la Blessed Dementia Scale (BDS, Blessed, Tomlinson, y Roth, 1968); (iii) padecer depresión, evaluada por tener valores superiores a 7 en la Geriatric Depression Scale (GDS, Brink, Yesavage, Lum, Heersema, Adey, et al., 1982) y/o; (iv) tener algún tipo de desorden psiquiátrico diagnosticado. Dichas pruebas fueron seleccionadas en virtud de su fácil administración y su comprobada validez, en la detección de deterioro o

trastornos cognitivos (MMSE y BDS), así como de trastornos emocionales (GDS), en el estudio del envejecimiento y la enfermedad neurodegenerativa.

En concreto, el MMSE evalúa brevemente el estado cognitivo del individuo entorno a las siguientes áreas: orientación en el espacio, orientación en el tiempo, codificación, atención y concentración, recuerdo, lenguaje y construcción visual. Por otro lado, la BDS evalúa la capacidad para desarrollar actividades de la vida diaria, con el fin de detectar cambios en los hábitos que sean sintomáticos de deterioro cognitivo. Por último, la GDS nos permite detectar la posible existencia de sintomatología depresiva.

Se puede encontrar una descripción específica de los valores obtenidos por cada grupo de participantes, en el capítulo correspondiente a cada estudio experimental.

3.2. Estímulos

Los estímulos (ver Figura 2) fueron diseñados con un programa (Poser 6 Program, Curious Labs, Santa Cruz, CA) que sirve para generar rostros humanos virtuales y cuyas expresiones se determinan por los cambios descritos en el manual Facial Action Coding System (FACS, Ekman y Friesen, 1978; Ekman, Friesen, y Hager, 2002). Las caras pertenecían a 4 actores virtuales diferentes (2 hombres y 2 mujeres). La codificación de las expresiones fue realizada por un experto codificador del FACS (J. H. Ellgring) activando los músculos faciales según su correspondiente Unidad de Acción Facial (UA). Este conjunto de estímulos ha sido validado en investigaciones previas (García-Rodríguez, et al., 2009a; García-Rodríguez, et al., 2011; Weyers, Mühlberger, Hefele, y Pauli, 2006).



Figura 2. Ejemplo de los estímulos emocionales, de izquierda a derecha (fila 1: alegría, enfado y miedo; fila 2: tristeza, sorpresa y asco).

A continuación, la Tabla 1 muestra la descripción de las UAs implicadas en cada una de las emociones básicas, las cuales han sido utilizadas para la creación de los rostros humanos virtuales usados en todos los estudios experimentales de la presente tesis.

Tabla 1. Descripción de los estímulos emocionales en función de sus UAs.

Emociones	Unidades de Acción Facial
Alegría	6+12+26
Tristeza	1+4+15
Sorpresa	1+2+5+26
Asco	4+9+10+15
Enfado	4+5+24
Miedo	1+4+5+20+26

3.3. Tareas

3.3.1. Tarea primaria: Identificación de EFEs

Identificación de EFEs

Se trata de una tarea de elección múltiple. En la pantalla de un ordenador se presentan un total de 24 rostros humanos virtuales, de uno en uno, y los sujetos deben decidir que emoción es expresada por cada rostro eligiendo entre una de las seis emociones básicas: alegría, tristeza, enfado, miedo, sorpresa y asco. Previo a la aparición de la EFE, se presenta en la pantalla una cruz blanca sobre un fondo negro durante 1.200 milisegundos (ms) con el objeto de fijar la atención de los participantes. Después de una pantalla en negro de 600 ms de duración, aparece una EFE durante 1.200 ms (ver Figura 3). A continuación, los participantes tienen que identificar la emoción que expresa cada uno de los rostros. Durante todo el experimento tienen a su disposición una hoja con el nombre de cada una de las seis emociones.

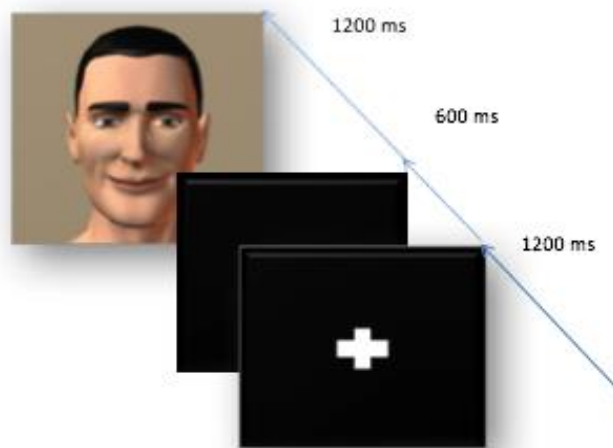


Figura 3. Ejemplo de un ensayo de la tarea primaria: simple identificación de la EFE.

3.3.2. Tareas secundarias: Bloques de Corsi y Recuerdo de Dígitos Inversos

Bloques de Corsi

La tarea de los Bloques de Corsi (BC) se ha utilizado para medir las habilidades de la memoria visoespacial (e.g. Berch, Krikorian, y Huha, 1998; Kessels, Van Zandvoort, Postma, Kappelle, y De Haan, 2000; Orsini, Schiappa, y Grossi, 1981; Vilkki y Holst, 1989). Previo a la aparición de la matriz de los BC, se presenta una cruz en la pantalla durante 1.200 ms con el objeto de fijar la atención de los participantes y posteriormente una pantalla en negro de 600 ms de duración. A continuación, aparece una matriz de 9 círculos colocados en posición horizontal y vertical (3×3), de los cuales siete son de color blanco y dos de color rojo. En cada ensayo de 1.200 ms de duración, se presenta una secuencia diferente de la localización de los círculos rojos, en la que aparece un círculo rojo en una posición durante 600 ms y cuando desaparece éste, aparece el segundo círculo con la misma duración pero en posición diferente (ver Figura 4). Los participantes tienen que indicar la posición de estos círculos en una hoja de respuesta.

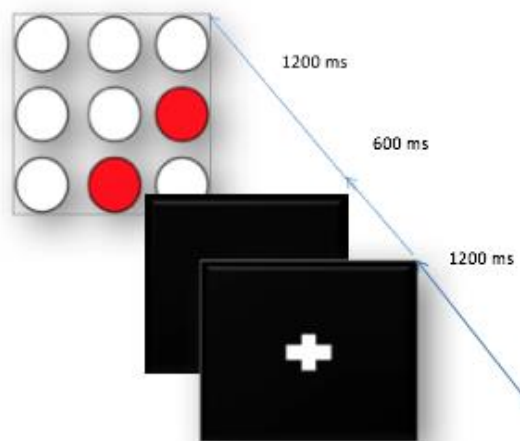


Figura 4. Ejemplo de un ensayo de la tarea secundaria de naturaleza visual: los Bloques de Corsi.

Recuerdo de Dígitos Inversos

La tarea de recuerdo dígitos (RD) inversos se ha utilizado para medir las habilidades de memoria auditiva y la capacidad de la memoria de trabajo (Hedden, y Gabrieli, 2004; Wechsler, 1939, 1981, 1997). A través del ordenador los participantes escuchan pares de números que deben repetir en orden inverso. Previo a la aparición de los dígitos, se presenta una cruz en la pantalla durante 1.200 ms con el objeto de fijar la atención de los participantes y posteriormente una pantalla en negro de 600 ms de duración. A continuación, se escuchan dos números que los participantes deben repetir en orden inverso. Cada ensayo tiene 1.200 ms de duración, y en cada uno aparece una secuencia de números nueva.

3.4. Condiciones experimentales de DT

3.4.1. DT con interferencia visual

La condición de DT con interferencia visual es creada mediante la combinación de la tarea primaria (identificación de la EFE) y la tarea secundaria de los BC. Dicha condición experimental se ha estudiado en dos momentos del procesamiento de la EFE, la codificación y la recuperación. A continuación, se explica con detalle cada uno de ellos.

Identificación en DT durante la codificación

De manera similar, en primer lugar aparece en la pantalla del ordenador una cruz blanca sobre fondo negro para centrar la atención del sujeto durante 1.200 ms. A continuación, se presenta de manera simultánea durante 1.200 ms, una EFE y un ensayo de la tarea de

BC, y posteriormente una pantalla en negro de 1.200ms. Los participantes tienen que responder siempre en el mismo orden, primero a la secuencia de BC y a continuación, a la EFE que habían reconocido. Esta condición experimental se ha trabajado en los estudios 1, 2, 3 y 4.

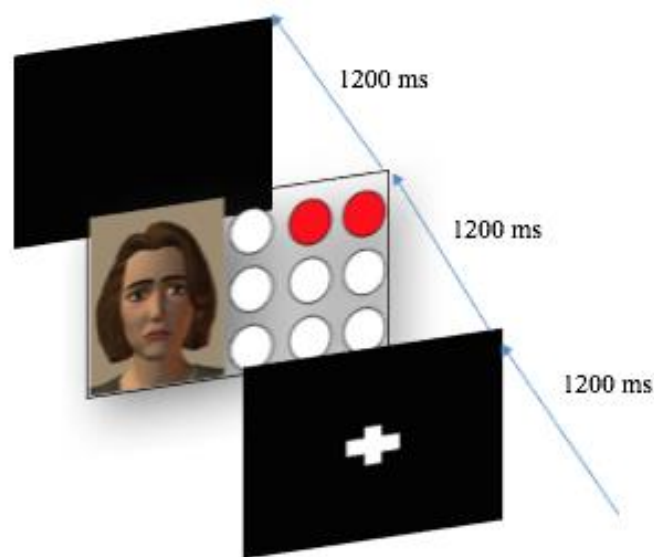


Figura 5. Ejemplo de un ensayo de la DT durante la codificación con interferencia visual.

Identificación en DT durante la recuperación

De manera similar a la anterior condición experimental, en primer lugar aparece en la pantalla negra una cruz blanca con el fin de centrar la atención del sujeto. A continuación, se presenta una EFE durante 1.200 ms y después un ensayo de la tarea de los BC, también de 1.200 ms de duración. Los participantes contestan en el mismo orden que en la condición de codificación, primero a los BC y después a la EFE. Esta condición experimental se ha trabajado en los estudios 1 y 2.

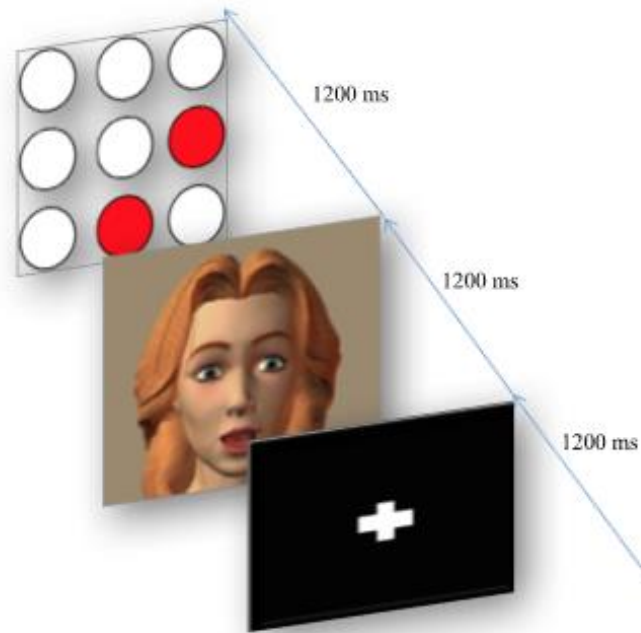


Figura 6. Ejemplo de un ensayo de la DT durante la recuperación con interferencia visual.

3.4.2. DT con interferencia verbal

La condición de DT con interferencia verbal es creada mediante la combinación de la tarea primaria (identificación de la EFE) y la tarea secundaria de RD inversos. Al igual que en la condición con interferencia visual, se ha estudiado en dos momentos del procesamiento de la EFE, la codificación y la recuperación. A continuación, se explica con detalle cada uno de ellos.

Identificación en DT durante la codificación

En primer lugar, aparece una cruz blanca en el centro de la pantalla del ordenador durante 1.200 ms. A continuación, se presenta durante 1.200 ms una EFE y simultáneamente a través del ordenador el sujeto escucha una secuencia de dos dígitos. Después aparece una pantalla en negro de 1.200 ms de duración y posteriormente los participantes tienen que responder siempre en el mismo orden, primero a la secuencia de dígitos, repitiéndolos en orden inverso y a continuación, a la EFE. Esta condición experimental se ha trabajado en los estudios 1 y 4.

Identificación en DT durante la recuperación

En primer lugar, aparece una cruz en el centro de la pantalla del ordenador a modo de estímulo discriminativo. A continuación, se presenta una EFE durante 1.200 ms y después una secuencia de dos dígitos, que son escuchados por el sujeto mientras aparece en la pantalla del ordenador una pantalla en negro también de 1.200 ms de duración. Luego los participantes contestan en el mismo orden que para la condición anterior. Esta condición experimental se ha trabajado en el estudio 1.

3.5. Procedimiento general

Para realizar la recogida de datos cada participante tuvo que pasar por dos sesiones:

1ª Sesión

Evaluación previa. Para comprobar que los participantes podían participar en los experimentos y cumplían los criterios expuestos en el apartado 3.1., se les realizó una evaluación neuropsicológica mediante las siguientes pruebas: el MMSE, la escala de

demencia Blessed, y la escala de depresión GDS. Una vez fueron corregidas las pruebas y se comprobó que los sujetos cumplían los criterios para participar en la investigación, se les informó sobre las condiciones concretas de su participación. Todos los participantes que aceptaron el compromiso de formar parte en alguno de los estudios, firmaron un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Nacional de Educación a Distancia y fueron citados para realizar la segunda sesión.

2ª Sesión

Recogida de datos experimentales. La recogida de datos tuvo lugar siempre en una habitación tranquila y sin ruido que nos habilitaron en cada uno de los centros y hospitales donde fueron reclutados los participantes. A todos se les informó explícitamente de que eran libres para abandonar el estudio en el momento que lo creyeran oportuno. Para evitar efectos de aprendizaje, el orden de realización de las distintas tareas y condiciones experimentales (simples y en DT) fue contrabalanceado. Se dio a los participantes un descanso siempre que fue necesario para evitar los efectos de la fatiga. Las respuestas de los participantes fueron registradas por la doctoranda y en ningún momento se les dio feedback sobre los resultados obtenidos en las pruebas.

Capítulo 4. [Estudio 1]. Cambios relacionados con la edad en el procesamiento de caras emocionales en un paradigma de DT.

Casares Guillén, C.T., García-Rodríguez, B., Delgado, M., y Ellgring, H. (2016). Age-related changes in the processing of emotional faces in a dual-task paradigm. *Experimental Aging Research*, 42 (2), 129-143.

ABSTRACT

Background/ Study Context: Age-related changes appear to affect the ability to identify emotional facial expressions in dual-task conditions (i.e., while simultaneously performing a second visual task). The level of interference generated by the secondary task depends on the phase of emotional processing affected by the interference and the nature of the secondary task. The aim of the present study was to investigate the effect of these variables on age-related changes in the processing of emotional faces.

Methods: The identification of emotional facial expressions (EFEs) was assessed in a dual-task paradigm using the following variables: (a) the phase during which interference was applied (encoding vs. retrieval phase); and (b) the nature of the interfering stimulus (visuospatial vs. verbal). The sample population consisted of 24 healthy aged adults (mean age = 75.38) and 40 younger adults (mean age = 26.90). The accuracy of EFE identification was calculated for all experimental conditions.

Results: Consistent with our hypothesis, the performance of the older group was poorer than that of the younger group in all experimental conditions. Dual-task performance was poorer when the interference occurred during the encoding phase of emotional face processing and when both tasks were of the same nature (i.e., when the experimental condition was more demanding in terms of attention).

Conclusions: These results provide empirical evidence of age-related deficits in the identification of emotional facial expressions, which may be partially explained by the impairment of cognitive resources specific to this task. These findings may account for the difficulties experienced by the elderly during social interactions that require the concomitant processing of emotional and environmental information.

INTRODUCTION

In recent years, psychogerontological research has increasingly focused on age-related changes in emotional processing, particularly in the processing of emotional facial expressions (EFEs). Several studies have shown a decline in the identification of emotions in normal aging (Ruffman, Henry, Livingstone, & Phillips, 2008; Sullivan & Ruffman, 2004), especially when elderly people have to process faces of negative valence, such as fear, anger, and sadness (e.g., Calder, et al., 2003; Isaacowitz, et al., 2007; Phillips, MacLean, & Allen, 2002; Sullivan & Ruffman, 2004; Suzuki, Hoshino, Shigemasu, & Kawamura, 2007).

A review of literature indicates that these age-related changes could be explained from different theoretical approaches. The first one is the *Theory of Socioemotional Selectivity* (for a review, see Carstensen, Fung, & Charles, 2003; Carstensen & Mikels, 2005), based on the idea that older people normally avoid or ignore negative emotions in their social relations and, only keep those that are associated with positive affect. However, this argument has not been able to satisfactorily explain the difficulties of older people to properly process stimuli of negative valence, such as fear faces.

A second theoretical perspective argues that the decline in the identification of emotions in older people is associated with neuropsychological changes that occur in brain areas related to emotional processing, such as the amygdala and prefrontal cortex (e.g., Adolphs, Tranel, Damasio, & Damasio, 1995; Adolphs, 2002a, 2002b; Baena, Allen, Kaut, & Hall, 2010; Cacioppo, Berntson, Bechara, Tranel, & Hawkley, 2011; Calder et al., 2003; Heberlein, Padon, Gilihan, Farah, & Fellows, 2008; Isaacowitz, et al., 2007; Suzuki, Hoshino, Shigemasu, & Kawamura, 2007). Nevertheless, although the neuropathological alterations underlying emotional behavior have been described in discrete brain regions, the functional consequences remain unclear.

The third approach highlights the influence of cognitive processes in emotional processing. Therefore, the general cognitive decline that occurs in aging could be related to difficulties in the EFE processing. Several studies (Adolphs & Damasio, 2001; Barnard, Duke, Byrne, & Davidson, 2007; Storbeck & Clore, 2007) have suggested that EFE processing in aging is a controlled process rather than an automatic process (Öhman, 2002), which could be affected, among other variables, by cognitive resources required by the task (e.g., García-Rodríguez, Ellgring, Fusari, & Frank, 2009; Orgeta & Phillips, 2008; Pessoa, McKenna, Gutierrez & Ungerleider, 2002; Pessoa & Ungerleider, 2005; Phillips & Henry, 2005; Phillips, Tunstall & Channon, 2007; Pollock, Khoja, Kaut, Lien, & Allen, 2012; Verhaeghen & Cerella, 2002).

From a methodological point of view, automaticity has been investigated using the dual task (DT) paradigm. DT performance indicates how the attentional demands of a given task affect the performance of a competing task, the degree to which one task interferes with another reflecting the cognitive demands of each task (Fisk & Schneider, 1983; Naveh-Benjamin, 1987; Naveh-Benjamin & Jonides, 1986; Schneider, Dumais, & Shiffrin, 1984; Schneider & Shiffrin, 1977). Thus, if EFE processing is automatic, it should be unaffected by the interference of a secondary task. Two of the most important variables influencing interference are (a) the phase during which the interference occurs (i.e., the point during the ongoing task at which the secondary task is introduced); and (b) the nature of each of the two tasks. DT costs (DTCs) are generally higher when both tasks are processed concurrently (encoding phase; Naveh-Benjamin, Craik, Gavrilescu, & Anderson, 2000), although the results are less conclusive when the secondary task is introduced during the period of retrieval of the primary task (retrieval phase; Logie, Della Sala, MacPherson, & Cooper, 2007; Naveh-Benjamin, Craik, Guez, & Dori, 1998). Moreover, the degree of interference caused by two tasks that are similar in

nature (e.g., visuospatial/visuospatial) is greater than that caused by two different tasks (e.g., visuospatial/verbal: Logie, Cocchini, Della Sala, & Baddeley, 2004; Logie, et al., 2007).

Research has shown that when a visuospatial secondary task is introduced during the encoding phase of EFE, healthy aged individuals (García-Rodríguez et al., 2009, 2011c) and patients with neurodegenerative disorders (García-Rodríguez, et al., 2001a, 2011b; García-Rodríguez, Vincent, Casares-Guillén, Ellgring, & Frank, 2012) show greater deficits in performance, suggesting that these deficits can be partially explained by impaired access to the cognitive resources required to complete the task at hand. The basic argument is that EFE processing is a fundamentally social behavior that takes place in an environmental context and in parallel with other activities. One of main functions of EFE processing system is to accept or reject verbal messages during interpersonal communication, which involves the simultaneous processing of information from more than one source. The cognitive system is limited, as not all stimuli can always be fully processed and attention must be divided between several sources of information. As such, the ability to process EFEs depends partly on the ability to share attentional resources and to simultaneously process two tasks. Although the elderly have greater difficulty in processing EFEs while simultaneously performing a competing visuospatial task (Ebner & Johnson, 2010; García-Rodríguez, et al., 2009, 2011c), the interfering effects of competing verbal tasks have not yet been studied to date in this paradigm.

The aim of the present study was to investigate age-related changes in EFE processing assessing two DT variables: (1) the phase during which interference occurred (the encoding or retrieval phase); and (2) the nature of the interfering stimulus (visuospatial or verbal). Specifically, we analyzed the ability of elderly and young

subjects to process EFEs in four experimental conditions: in conjunction with a visuospatial DT during encoding or during retrieval; and in conjunction with a verbal DT during encoding or during retrieval.

Based on our previous studies (García-Rodríguez, et al., 2009, 2011c), we hypothesized that the older group would experience maximum interference when the secondary task was (1) introduced during the encoding phase of EFE (i.e., when required with process both tasks simultaneously); and (2) when it was visuospatial in nature (i.e., when both tasks were of a similar nature).

METHODS

Participants

The participants in this study were divided into two groups: an older group of 24 volunteers (12 males and 12 females aged 69–86) recruited from several centers for the aged in Madrid; and a group of 40 young adult volunteers (20 males and 20 females aged 18–31 years) who were recruited from a nongovernmental social support organization. None of the participants experienced any neurological disorders while the study was carried out, nor were they receiving any treatment that could potentially affect cognition. The inclusion criteria were as follows: (i) a cutoff score of ≥ 25 in the Mini-Mental State Examination test (MMSE; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975); (ii) a scores of >4 on the Blessed Dementia Scale (BDS; Blessed, Tomlinson, & Roth, 1968); and (iii) a score of >7 on the 15-item version of the Geriatric Depression Scale (GDS; Yesavage, Brink, & Rose, 1983). MMSE and BDS scores were used to exclude older participants with possible dementia that could affect their performance in the experimental tasks. Participants were excluded if any evidence of psychiatric disorders was reported (e.g., treatment with psychotropic medications, psychiatric hospitalization,

or suicide attempts), or that of substance abuse or brain damage (e.g., history of stroke, seizures, brain tumors). Table 1 shows the educational parameters and the neuropsychological scores (mean and standard deviation) of the participants, broken down by group.

Table 1. *Demographic characteristics of the younger and older adult groups*

	Older adults	Younger adults
	Mean (S.D)	Mean (S.D)
N		
Men	12	20
Women	12	20
Age	75.38 (4.27)	26.90 (3.05)
Education	11.83 (5.26)	18.75 (2.01)
MMSE^a	28.92 (0.97)	30
GDS^b	1 (1.58)	0.10 (0.37)
BDS^c	0.88 (1.04)	0

^a *Mini-Mental State Examination*

^b *Geriatric Depression Scale*

^c *Blessed Dementia Scale*

As expected, the two groups showed significant age differences ($U = 0$, $z = -6.66$, $p < .05$). The younger group had completed more years of education ($U = 163$, $z = -4.74$, $p < .05$), whereas the older group showed greater cognitive impairment (MMSE; $U = 140$, $z = -6.09$, $p < .05$), although no signs of clinical dementia were observed (Iliffe et al., 1990). Finally, the two groups differed significantly in the GDS score ($U = 310$, $z = -3.35$, $p < .05$), suggesting that some of the aged participants had slightly higher depression scores, although no clinical signs of depression were detected.

Experimental Tasks

Simple Tasks

EFE identification. The EFE identification task used here as the primary task has been used in several previous studies (García-Rodríguez, et al., 2009, 2011a, 2011b, 2011c, 2012), allowing us to compare our results with previously published findings. In a forced choice task, participants were presented with 24 EFEs, one at a time. They were asked to identify the emotion that best described the target stimulus from a list of the six basic emotions (happiness, sadness, anger, fear, surprise, and disgust). Each trial commenced with the appearance of a 1200-ms fixation cross coupled to an acoustic signal, after which a black screen was displayed for 600 ms. Subsequently, each EFE was displayed for 1200 ms, again followed by a black screen for 1200 ms. Participants were then asked to identify the EFE.

The stimuli consisted of 24 full-color pictures of faces expressing the six basic emotions (4 pictures for each emotion). The order of the stimuli was randomized for each participant, and no feedback was provided regarding the participants' performance. The stimuli were generated using a three-dimensional (3-D) imaging technique that creates virtual human faces (Poser 6; Curious Labs, Santa Cruz, CA), based on the surface facial changes described in the Facial Action Coding System handbook (FACS; Ekman & Friesen, 1978; Ekman, Friesen, & Hager, 2002). The emotional expressions were portrayed by four virtual actors (two male and two female avatars), and an experienced FACS coder (J.H.E.) created the images by activating the virtual muscles that constitute the individual action units (AUs) (see Figure 1). Electrophysiological studies (Moser et al., 2007; Weyers, Mühlberger, Hefele, & Pauli, 2006) have shown that the emotional facial expressions displayed by avatars produce electromyograph responses and amygdalar activation comparable to those induced by real human

expressions. Thus, this approach is considered a valid method to produce standardized emotional facial expressions and to represent emotions.



Figure 1. Virtual human faces created by a 3-D image technique (POSER 6: Curious Labs, Santa Cruz, CA). From left to right, happiness, anger, fear, sadness, surprise, and disgust portrayed by six virtual actors.

Corsi blocks task. The secondary visuospatial task was a computerized version of the Corsi blocks task, adapted for presentation on a computer screen and consisting of 24 trials. In each 1200-ms trial, a pattern of nine circles (seven white, two red) was displayed in horizontal and vertical positions, with the red circles (targets) appearing in a predetermined random sequence at a rate of one per second. Participants were required to repeat the sequence by pointing to the same circles on a response card, in the same order.

Backward digit recall task. The secondary verbal task used was a reverse version of the Digit Recall Task, a commonly used measure of working memory. A total of 24 sequences of two digits (selected from 1 to 9 without repetition) were delivered orally

by a recorded male human voice at a rate of one per second. Participants were required to recall the digits in the reverse order of presentation.

Dual Tasks

EFE identification by all participants was tested in four experimental DT conditions: in conjunction with a visuospatial DT during encoding or during retrieval; and in conjunction with a verbal DT during encoding or during retrieval.

In the visuospatial DT during encoding condition, each EFE was displayed simultaneously with a Corsi block trial for 1200 ms and after displaying a black screen for 1200 ms, participants were required to first indicate the Corsi block sequence and next to identify the EFE. In the visuospatial DT during retrieval condition, a 1200-ms Corsi block trial was presented after a 1200-ms EFE presentation. The participant was required to indicate the Corsi block sequence and then to identify the EFE. In both protocols (DT during encoding and DT during retrieval), the interval between the onset of EFE and the onset of the response was identical.

The procedure used to study verbal interference was similar to that used for visuospatial interference but using the backward digit recall task as the secondary task.

Procedure

Participants were first given a brief description of the nature of the experiment and asked to provide their written informed consent. All the research protocols involving human subjects were first approved by the ethical board of the university (UNED). Each participant was tested in all of the study conditions in two different sessions separated by a 1-week interval. In the first session, participants were scored using the neuropsychological scales and tested with the simple EFE identification task. In the

second session, they were tested in the visuospatial and verbal DT tasks. The order of presentation of the DT tasks was balanced to avoid learning effects.

All participants were tested individually in a quiet room, and the experiment was conducted using a 17-inch color display. Presentation of the stimuli and the data recording were controlled using E-prime software, which was developed specifically for this experiment. The instructions to the participants were presented on the screen before each test condition, and the experimenter also described the tasks verbally. Participants were asked to select the emotion that best described each face from a list of the six basic emotions. The names of the six emotions were always visible, and the participants were given as much time as they required to make their decision. Responses were recorded by the experimenter.

RESULTS

First, a preliminary descriptive analysis was performed for baseline: simple EFE identification task ($X_{\text{older}} = 13.63$, $SD = 4.16$; $X_{\text{younger}} = 21.20$, $SD = 1.68$), and the four DT conditions: visuospatial DT during encoding ($X_{\text{older}} = 9.29$, $SD = 3.89$; $X_{\text{younger}} = 19.35$, $SD = 2.54$); visuospatial DT during retrieval ($X_{\text{older}} = 11.75$, $SD = 3.05$; $X_{\text{younger}} = 20.73$, $SD = 2.16$); verbal DT during encoding ($X_{\text{older}} = 11.42$, $SD = 3.79$; $X_{\text{younger}} = 20.75$, $SD = 1.99$); and verbal DT during retrieval ($X_{\text{older}} = 12.46$; $SD = 3.16$; $X_{\text{younger}} = 21.03$, $SD = 1.79$).

The analysis revealed a poorer performance in the older than in the younger group in baseline as well as in DT conditions. To determine whether these differences could be related to the variability in the performance of elderly population, the variables were analyzed with the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test in case the data vary significantly

from the pattern expected from a population with a normal distribution, and with the Levene's test to probe the homogeneity of variances across groups.

Baseline Analysis

Regarding simple EFE identification task, these preliminary analyses revealed that performance was not distributed normally ($z = 3.22, p < .05$). Moreover, the Levene's test reached significance ($F(1, 62) = 31.30, p < .05$), meaning that the assumption of homogeneity had to be rejected. Figure 2 shows the data distribution of EFE identification task for each group.

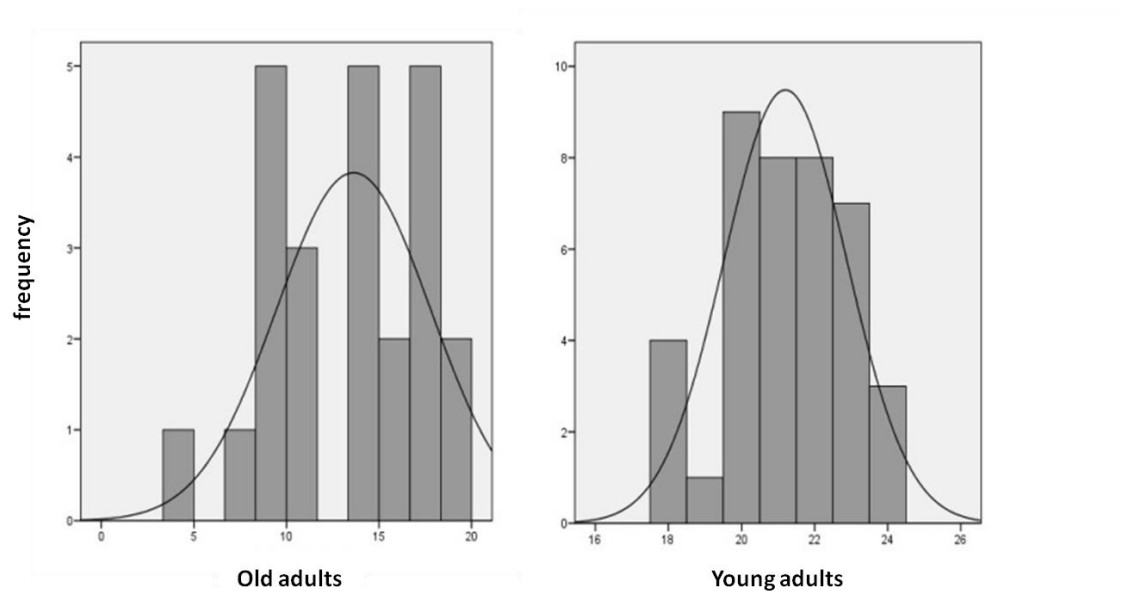


Figure 2. Data distribution obtained for EFEs identification task.

Therefore, group differences were tested using a nonparametric test (Mann-Whitney U test). The accuracy in the simple EFE identification task was determined to calculate the baseline score for each group. The analysis revealed poorer performance in the older than in the younger group in the simple EFE identification task (mean ranks = 13.5 and 43.9, respectively). Also, the Mann-Whitney U test revealed significant differences between the performance of both groups ($U = 24, z = -6.36, p < .05$).

Dual-Task Analysis

Similarly to simple EFE identification task, the DT conditions were analyzed with the K-S test and Levene’s test. The K-S test showed that data were not normally distributed: visuospatial DT during encoding ($z = 3.38, p < .05$), visuospatial DT during retrieval ($z = 3.58, p < .05$), verbal DT during encoding ($z = 3.35, p < .05$), and verbal DT during retrieval ($z = 3.58, p < .05$). Also, Levene’s test showed that the variance was significantly different between groups for all DT variables: visuospatial DT during encoding ($F(1, 62) = 6.58, p < .05$), visuospatial DT during retrieval ($F(1, 62) = 5.46, p < .05$), verbal DT during encoding ($F(1, 62) = 15.64, p < .05$), verbal DT during retrieval ($F(1, 62) = 7.13, p < .05$). Figures 3 and 4 show the data distribution in DT conditions for each group. Once again, we conducted the Mann-Whitney U tests. The analysis revealed that older adults performed poorer than younger adults, as shown by the mean ranks results of each variable (visuospatial DT during encoding = 44.1 vs. 13.7; visuospatial DT during retrieval = 44.16 vs. 13.06; verbal DT during encoding = 43.88 vs. 13.54; verbal DT during retrieval = 44.31 vs. 12.81, respectively).

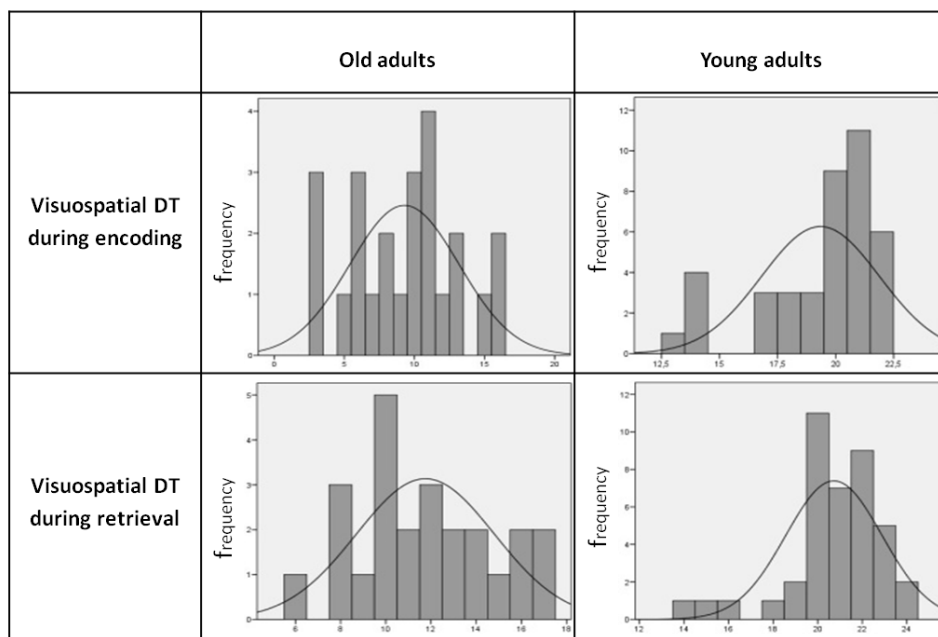


Fig. 3. Data distribution obtained for visuospatial DT conditions.

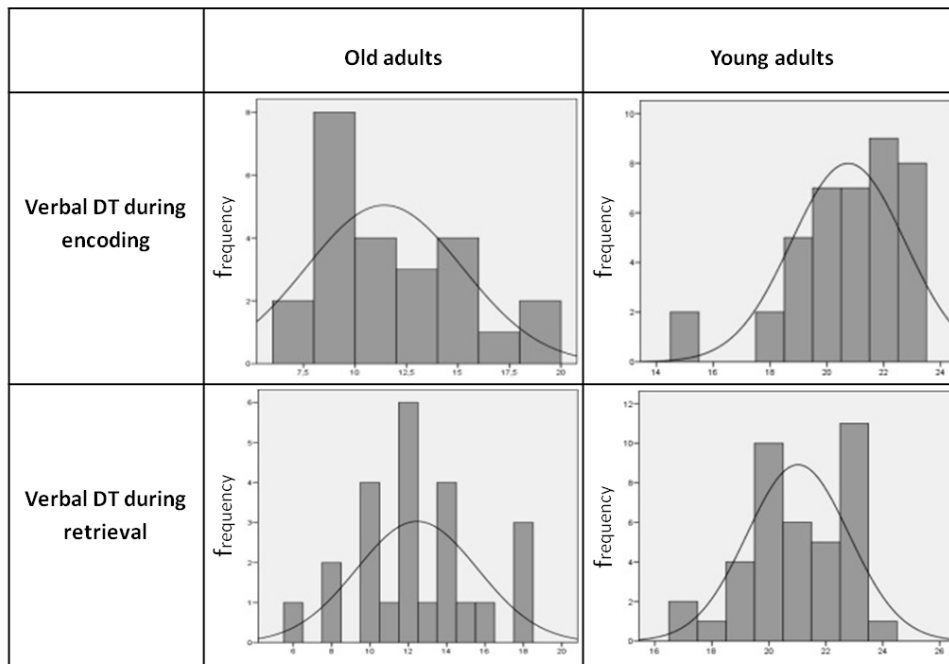


Fig. 4. Data distribution obtained for verbal DT conditions.

Also, differences between groups were significant for each of the four DT conditions: visuospatial DT during encoding ($U = 16$, $z = -6.46$, $p < .05$); visuospatial DT during retrieval ($U = 13.50$, $z = -6.50$, $p < .05$); verbal DT during encoding ($U = 25$, $z = -6.34$, $p < .05$); and verbal DT during retrieval ($U = 7.50$, $z = -6.59$, $p < .05$). The results show that older group has a poorer performance than younger in the simple identification of EFEs and also in DT situations where the EFE is processed with other environmental information.

Analysis of Dual-Task Costs

A large proportion of age-related differences in DT performance is often due to differences in the performance of the simple task; in order to isolate these differences, it is necessary to calculate the DTC. In our case, since both groups showed significant differences in the simple EFE identification task as well as DT conditions, the proportional DTC values were calculated using the accuracy data. Concretely, we applied the following formula: $DTC = [(ACC_{single} - ACC_{dual})/ACC_{single}] \times 100$

(Salthouse, Fristoe, Lineweaver, & Coon, 1995). This formula calculates the total percentage DTC, which represents the cost due exclusively to DT, avoiding the potential influence of differences associated with the simple task.

To calculate the DTC for each experimental condition, we created four new variables (visuospatial DTC during encoding, visuospatial DTC during retrieval, verbal DTC during encoding, verbal DTC during retrieval). Mann-Whitney U test revealed significant differences between groups, in the EFEs identification, when the secondary task was visuospatial in nature: visuospatial DTC during encoding ($U = 226, z = -3.51, p < .05$); and visuospatial DTC during retrieval ($U = 325, z = -2.16, p < .05$).

However, when the secondary task was verbal in nature, we only observed significant differences in performance when the DT was performed during encoding ($U = 277, z = -2.81, p < .05$); and as such, the DTC for EFE identification was significantly greater in the aged versus the young adult group. However, no significant differences were observed between groups when the DT was performed during retrieval ($U = 373, z = -1.47, p > .05$). These results could be explained by working memory model (Baddeley & Della Sala, 1996; Baddeley & Hitch, 1974). First, as the interference was generated by a verbal secondary task, both tasks were processed by different slave systems (visuospatial sketchpad and phonological loop) and therefore didn't compete for the same type of resources, resulting in no significant differences between groups in DT during the retrieval condition. However, encoding during DT conditions resulted in higher DTC for older adults group, possibly because the secondary task required central executive resources; i.e., both tasks were processed at the same time, which didn't happen in the retrieval condition.

Post Hoc analysis of Dual-Task Costs across emotions

Finally, a post hoc analysis was performed across emotions. Similarly to the analysis

above, we created four new variables (visuospatial DTC during encoding, visuospatial DTC during retrieval, verbal DTC during encoding, verbal DTC during retrieval) for each of the emotions. Table 2 shows the data of Mann-Whitney U test for each DTC variable across emotions.

Table 2. Mann-Whitney U-test for each DTC variable across emotions.

	VisuospatialDTC		VerbalDTC	
	Encoding	Retrieval	Encoding	Retrieval
<i>Happiness</i>	U=276, z=-3.22, p<0.01	U=372, z=-1.76, p>0.05	U=419, z=-0.92, p>0.05	U=459, z=-0.02, p>0.05
<i>Surprise</i>	U=302, z=-2.17, p<0.05	U=317, z=-2.18, p<0.05	U=301, z=-2.27, p<0.05	U=337, z=-1.64, p>0.05
<i>Sadness</i>	U=150, z=-4.08, p<0.01	U=236, z=-2.78, p<0.05	U=186, z=-3.49, p<0.01	U=293, z=-1.75, p>0.05
<i>Anger</i>	U=299, z=-2.42, p<0.01	U=416, z=-0.67, p>0.05	U=335, z=-1.92, p>0.05	U=457, z=-0.03, p>0.05
<i>Fear</i>	U=163, z=-2.02, p<0.05	U=192, z=-1.41, p>0.05	U=160, z=-2.09, p<0.05	U=179, z=-1.70, p>0.05
<i>Disgust</i>	U=160, z=-3.64, p<0.01	U=234, z=-2.43, p<0.05	U=273, z=-1.75, p>0.05	U=237, z=-2.35, p<0.05

As expected, the Mann-Whitney U test revealed higher DTC for older adults than younger in all experimental conditions. These differences were statistically significant for most of the emotion conditions. The greatest differences between groups occurred during the visuospatial DT, where the DTCs were reflected by significant differences between groups for all six emotions. By contrast, retrieval under the verbal DTC condition showed the smallest differences between groups.

The performance was similar between groups in the identification of happiness and anger except in the visuospatial DTC condition (i.e., when the cognitive resources required were higher). By contrast, surprise, sadness, and fear were the emotions where the differences between groups were the greatest.

DISCUSSION

The main goal of this present study was to investigate age-related changes in the identification of emotional faces in different DT conditions. We studied the effects of two DT variables: (a) the phase during which interference was applied (encoding or

retrieval); and (b) the nature of the interfering stimulus (visuospatial or verbal). Specifically, we assessed the ability of the participants to process EFEs in four DT conditions: visuospatial DT during encoding or during retrieval; and verbal DT during encoding or during retrieval. In agreement with our hypothesis, we found that the differences between older and young adult subjects were greatest (1) when the secondary task was introduced during the encoding phase of EFE (i.e., when the participants had to divide their attention in order to simultaneously process the EFE and the secondary task); and (2) when both tasks were of a similar nature (i.e., when the interference was generated by a visuospatial task).

The first observation is in line with previous findings, suggesting that the difficulties experienced by the elderly in dividing their attention between tasks is due to limitations imposed on central executive control that regulates attentional resources to simultaneously coordinate two tasks (Salthouse, 2000). Indeed, this executive control appears to be very sensitive to the effects of aging (Baddeley & Della Sala, 1996). As mentioned above, emotional recognition often occurs in social situations in which it is necessary to divide attention between emotional and nonemotional stimuli. Thus, in this type of situation, the elderly may experience difficulties in interpersonal communication.

The second observation is also in line with existing data that have demonstrated increased interference in the DT paradigm when both tasks are similar in nature (Logie, et al., 2004, 2007).

The third observation is deduced from post hoc analysis across emotions, suggesting that older adults have selective difficulties when identifying some of the negative emotions.

These data are in line with the previous literature that has reached a consensus about the decline in the recognition of negative emotions. These studies, however, have not produced consistent results across emotions (Calder, et al., 2003; Isaacowitz, et al., 2007; Ruffman, et al., 2008; Sullivan & Ruffman, 2004; Suzuki, et al., 2007).

In general, our results are consistent with cognitive theory of emotional processing in elderly (García-Rodríguez, et al., 2009, 2011c; Orgeta & Phillips, 2008; Pessoa, et al., 2002; Phillips & Henry, 2005; Phillips, et al., 2007), which argues that deficits in EFE identification are due, at least in part, to age-associated cognitive decline. Thus, the elderly may experience difficulties in processing emotions in complex situations that are cognitively demanding. As we have previously reported, these deficits in emotion recognition are particularly marked in patients with cognitive impairment associated with neurodegenerative disease or dementia (García-Rodríguez, et al., 2011a, 2011b, 2012). Also, the “*positivity effect*” could be explained by the cognitive approach, since negative EFEs are more difficult to process than positive faces (Ekman & Friesen, 1978; Ekman, et al., 2002). Happy faces have different action units, which could result in a better identification of them. However, this effect disappears when the identification task overlaps the cognitive resources; therefore, easy and difficult faces are poorly processed.

Whether EFE identification is an automatic or a controlled process remains the subject of much debate. In the DT paradigm, an automatic process does not require cognitive resources and thus should not be affected by the interference generated by a concurrent task. By contrast, a controlled process consumes cognitive resources. Based on our results, we conclude that the identification of emotional faces is not an automatic process, particularly in complex situations in which EFE identification requires cognitive resources. The conclusion that emotional identification is a controlled,

cognition-dependent process is in line with those of several other studies (Adolphs & Damasio, 2001; Barnard, et al., 2007; Storbeck & Clore, 2007), pointing to a key role of cognitive processes in emotional processing.

This finding suggests that the elderly experience greater difficulty in social contexts in which emotional recognition occurs in tandem with the processing of other visual stimuli (i.e., when the context demands the use of the same cognitive resources for multiple tasks).

The present study offers new insight into the age-related changes in the processing of emotional faces. Our findings further our understanding of the emotional lives of the elderly and of the potential role of cognitive ability in modulating emotional processing in this population, which may explain the difficulties experienced by the elderly in performing some basic activities, such as identifying facial expressions. These difficulties may have a significant impact on daily life, resulting in poorer social and emotional function.

Finally, an important aspect of our study is the use of experimental tasks with a high degree of ecological validity. EFE processing system is always active and ready to process information and play a crucial communicative function (Ekman, 2003). Facial expressions are used to confirm, contradict, or complete verbal messages, necessitating dual processing of information on the part of the recipient. The use of the DT paradigm to study the recognition of emotional faces constitutes a new approach with which to analyze the complex mechanisms underlying EFE identification in a setting that closely approximates to the real world.

In summary, our study provides experimental evidence of the difficulties experienced by the elderly when attempting to attribute emotions to the facial expressions of others,

while simultaneously processing other environmental information. The functional consequences of such impairment should be further investigated in order to improve the emotional and social function of the elderly.

FUNDING

This research was funded by a grant from the Spanish Ministerio de Ciencia e Innovación (Ref: PSI2009-13598-C02-01, Programa PSIC) to Beatriz García-Rodríguez.

REFERENCES

- Adolphs, R. (2002a). Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology*, *12*, 169–177. doi: 10.1016/S0959-4388(02)00301-X
- Adolphs, R. (2002b). Recognizing emotion from facial expressions: Psychological and neurological mechanisms. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, *1*, 21–62. doi: 10.1177/1534582302001001003
- Adolphs, R., & Damasio, A. (2001). The interaction of affect and cognition: A neurobiological perspective. In J. P. Forgas (Ed.), *Handbook of affect and social cognition* (pp. 27–49). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. (1995). Fear and the human amygdala. *Journal of Neuroscience*, *15*, 5879–5891.
- Baddeley, A. D., & Della Sala, S. (1996). Working memory and executive control. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *351*, 1397–1404. doi: 10.1098/rstb.1996.0123

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (pp. 47–89). New York: Academic Press.
- Baena, E., Allen, P. A., Kaut, K. P., & Hall, R. J. (2010). On age differences in prefrontal function: The importance of emotional/cognitive integration. *Neuropsychologia*, *48*, 319–333. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.09.021
- Barnard, P. J., Duke, D. J., Byrne, R. W., & Davidson, I. (2007). Differentiation in cognitive and emotional meanings: An evolutionary analysis. *Cognition & Emotion*, *21*, 1155–1183. doi: 10.1080/02699930701437477
- Blessed, G., Tomlinson, B. E., & Roth, M. (1968). The association between quantitative measures of dementia and of senile change in the cerebral grey matter of elderly subjects. *The British Journal of Psychiatry*, *114*, 797–811. doi: 10.1192/bjp.114.512.797
- Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., Bechara, A., Tranel, D., & Hawkley, L. C. (2011). Could an aging brain contribute to subjective well-being? The value added by a social neuroscience perspective. In A. Todorov, S. T. Fiske, & D. A. Prentice (Eds.), *Social neuroscience: Toward understanding the underpinnings of the social mind* (pp. 249–262). New York, NY: Oxford University Press.
- Calder, A. J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., & Young, A. W. (2003). Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia*, *41*, 195–202. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00149-5
- Carstensen, L. L., Fung, H. H., & Charles, S. T. (2003). Socioemotional selectivity theory and the regulation of emotion in the second half of life. *Motivation and Emotion*, *27*, 103–123. doi: 10.1023/A:1024569803230

- Carstensen, L. L., & Mikels, J. A. (2005). At the intersection of emotion and cognition. Aging and the positivity effect. *Current Directions in Psychological Science*, *14*, 117–121. doi: 10.1111/cdir.2005.14.issue-3
- Ebner, N. C., y Johnson, M. K. (2010). Age-group differences in interference from young and older emotional faces. *Cognition & Emotion*, *24*, 1095–1116. doi: 10.1080/02699930903128395
- Ekman, P. (2003). Emotions revealed. London, UK: Weidenfeld & Nicolson.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). The facial action coding system. Palo Alto, CA: Consult Psychology Press.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Hager, J. C. (2002). Facial action coding system – investigator’s guide. Salt Lake City, UT: Research Nexus.
- Fisk, A. D., & Schneider, W. (1983). Category and word search: Generalising search principles to complex processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *10*, 181–197.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*, 189–198. doi: 10.1016/0022-3956(75)90026-6
- García-Rodríguez, B., Ellgring, H., Fusari, A., & Frank, A. (2009). The role of interference in identification of emotional facial expressions in normal ageing and dementia. The European Journal of Cognitive Psychology. *Special Issue on Aging, Cognition and Neuroscience*, *21*, 428–444. doi: 10.1080/09541440802475793

- García-Rodríguez, B., Casares-Guillén, C., Jurado-Barba, R., Rubio, G., Molina, J. A., & Ellgring, H. (2011a). Visuo-spatial interference affects the identification of emotional facial expressions unmedicated Parkinson's patients. *Journal of Neurological Science*, *313*, 13–16. doi: 10.1016/j.jns.2011.09.041
- García-Rodríguez, B., Casares-Guillén, C. T., Molina, J. A., Rubio, G., Jurado-Barba, R., Morales, I., & Ellgring, H. (2011b). Efectos diferenciales de la doble tarea en el procesamiento emocional en pacientes con enfermedad de Parkinson no medicados. *Revista de Neurología*, *53*, 329–336.
- García-Rodríguez, B., Fusari, A., Fernández-Guinea, S., Frank, A., Molina, J. A., & Ellgring, H. (2011c). Decline of executive processes affects identification of emotional facial expressions in aging. *Current Aging Science*, *4*, 70–75. doi: 10.2174/1874609811104010070
- García-Rodríguez, B., Vincent, C., Casares-Guillén, C. T., Ellgring, H., & Frank, A. (2012). The effects of different attentional demands in the identification of emotional facial expressions in Alzheimer's disease. *American Journal of Alzheimer Disease & Other Dementias*, *27*, 530–536. doi: 10.1177/1533317512459797
- Heberlein, A. S., Padon, A. A., Gilihan, S. J., Farah, M. J., & Fellows, L. K. (2008). Ventromedial frontal lobe plays a critical role in facial emotion recognition. *Journal Cognitive Neuroscience*, *20*, 721–733.
- Iiffe, S., Booroff, A., Gallivan, S., Goldenberg, E., Morgan, P., & Haines, A. (1990). Screening for cognitive impairment in the elderly using the mini-mental state examination. *The British Journal of General Practice*, *40*, 277–279.

- Isaacowitz, D. M., Löckenhoff, C. E., Lane, R. D., Wright, R., Sechrest, L., Riedel, R., & Costa, P. T. (2007). Age differences in recognition of emotion in lexical stimuli and facial expressions. *Psychology and Aging, 22*, 147–159. doi: 10.1037/0882-7974.22.1.147
- Logie, R. H., Cocchini, G., Della Sala, S., & Baddeley, A.D. (2004). Is there a specific executive capacity for dual task co-ordination? Evidence from Alzheimer's disease. *Neuropsychology, 18*, 504–513. doi: 10.1037/0894-4105.18.3.504
- Logie, R. H., Della Sala, S., MacPherson, S. E., & Cooper, J. (2007). Dual task demands on encoding and retrieval processes: Evidence from healthy adult ageing. *Cortex, 43*, 159–169. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70453-2
- Moser, E., Demtl, E., Robinson, S., Fink, B., Gur, R. C., & Grammer, K. (2007). Amygdala activation at 3T in response to human and avatar facial expressions of emotions. *Journal of Neuroscience Methods, 161*, 126–133. doi: 10.1016/j.jneumeth.2006.10.016
- Naveh-Benjamin, M. (1987). Coding of spatial location information: An automatic process?. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition, 12*, 378–386. doi: 10.1037/0278-7393.12.3.378
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F. I. M., Gavrilesco, D., & Anderson, N. D. (2000). Asymmetry between encoding and retrieval processes: Evidence from divided attention and a calibration analysis. *Memory & Cognition, 28*, 965–976. doi: 10.3758/BF03209344
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F. I., Guez, J., & Dori, H. (1998). Effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory: Further support

for an asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *24*, 1091–1104.

Naveh-Benjamin, M., & Jonides, J. (1986). On the automaticity of frequency coding: Effects of competing task load, encoding strategy and intention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *12*, 378–386.

Öhman, A. (2002). Automaticity and the amygdala: Nonconscious responses to emotional faces. *Current Directions in Psychological Science*, *11*, 62–66. doi: 10.1111/1467-8721.00169

Orgeta, V., & Phillips, L. H. (2008). Effects of age and emotional intensity on the recognition of facial emotion. *Experimental Aging Research*, *34*, 63–79. doi: 10.1080/03610730701762047

Pessoa, L., McKenna, M., Gutierrez, E., & Ungerleider, L. G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *99*, 11458–11463. doi: 10.1073/pnas.172403899

Pessoa, L., & Ungerleider, L. G. (2005). Visual attention and emotional perception. In L. Itti, G. Rees, & J. K. Tsotsos (Eds.), *Neurobiology of attention* (pp. 160–166). San Diego, CA: Elsevier.

Phillips, L. H., & Henry, J. D. (2005). An evaluation of the frontal lobe theory of cognitive aging. In J. Duncan, L. H. Phillips, & P. McLeod (Eds.), *Measuring the mind: Speed, control and age* (pp. 191–216). London: Oxford University Press.

- Phillips, L. H., MacLean, R. D. J., & Allen, R. (2002). Age and the understanding of emotions: Neuropsychological and sociocognitive perspectives. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *57*, 526–530. doi: 10.1093/geronb/57.6.P526
- Phillips, L. H., Tunstall, M., & Channon, S. (2007). Exploring the role of working memory in dynamic social cue decoding using dual task methodology. *Journal of Nonverbal Behavior*, *31*, 137–152. doi: 10.1007/s10919-007-0026-6
- Pollock, J. W., Khoja, N., Kaut, K. P., Lien, M.-C., & Allen, P. A. (2012). Electrophysiological evidence for adult age-related sparing and decrements in emotion perception and attention. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *6*, 1–14. doi: 10.3389/fnint.2012.00060
- Ruffman, T., Henry, J. D., Livingstone, V., & Phillips, L. H. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *32*, 863–881. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.01.001
- Salthouse, T. A. (2000). Steps toward the explanation of adult age differences in cognition. In T. Perfect & E. Maylor (Eds.), *Theoretical debate in cognitive aging* (pp. 19–49). London: Oxford University Press.
- Salthouse, T. A., Fristoe, N. M., Lineweaver, T. T., & Coon, V. E. (1995). Aging of attention: Does the ability to divide decline? *Memory & Cognition*, *23*, 59–71. doi: 10.3758/BF03210557

- Schneider, W., Dumais, S. T., & Shiffrin, R. M. (1984). Automatic and control processing and attention. In R. Parasunaman (Ed.), *Varieties of attention* (pp. 1–27). New York: Academic Press.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, *84*, 1–66. doi: 10.1037/0033-295X.84.1.1
- Storbeck, J., & Clore, G. L. (2007). On the interdependence of cognition and emotion. *Cognition & Emotion*, *21*, 1212–1237. doi: 10.1080/02699930701438020
- Sullivan, S., & Ruffman, T. (2004). Emotion recognition deficits in the elderly. *International Journal of Neuroscience*, *114*, 403–432. doi: 10.1080/00207450490270901
- Suzuki, A., Hoshino, T., Shigemasu, K., & Kawamura, M. (2007). Decline or improvement? Age related differences in facial expressions recognition. *Biological Psychology*, *74*, 75–84. doi: 10.1016/j.biopsycho.2006.07.003
- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *26*, 849–857.
- Weyers, P., Mühlberger, A., Hefele, C., & Pauli, P. (2006). Electromyographic responses to static and dynamic avatar emotional facial expressions. *Psychophysiology*, *43*, 450–453. doi: 10.1111/j.1469-8986.2006.00451.x
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., & Rose, T. L. (1983). Development and validation of a geriatric depression screening scale: A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, *17*, 37–49. doi: 10.1016/0022-3956(82)90033-

Capítulo 5. [Estudio 2]. Efectos diferenciales de la DT en el procesamiento emocional en pacientes con EP no medicados.

García-Rodríguez, B., Casares-Guillén, C. T., Molina, J. A., Rubio, G., Jurado-Barba, R., Morales, I., y Ellgring, H. (2011). Efectos diferenciales de la doble tarea en el procesamiento emocional en pacientes con enfermedad de Parkinson no medicados. *Revista de Neurología*, 53(6), 329-336.

RESUMEN

Introducción. Trabajos previos han puesto de manifiesto que la correcta identificación de las expresiones faciales emocionales (EFE) depende de los recursos cognitivos disponibles. En este trabajo investigamos si la capacidad para identificar EFE en un paradigma de doble tarea se ve afectada en la enfermedad de Parkinson (EP).

Objetivo. Investigar la interferencia que genera la introducción de una tarea secundaria en el procesamiento de EFE durante las fases de codificación y recuperación de la expresión facial en pacientes con EP no medicados.

Sujetos y métodos. Un total de 14 pacientes con EP *de novo* y 28 adultos sanos identificaron 24 EFE bajo dos condiciones: codificación simultánea con una tarea secundaria e introducción de la tarea secundaria entre el tiempo que media entre la codificación de la primaria y el tiempo de latencia de la respuesta.

Resultados. Los resultados mostraron que los pacientes con EP identificaron las EFE significativamente peor que los adultos sanos en la condición de codificación simultánea. Por el contrario, no mostraron diferencias cuando la interferencia de la tarea secundaria se produjo en la fase de recuperación de la información de la primaria.

Conclusiones. Los pacientes con EP muestran déficits específicos en el procesamiento de EFE sólo cuando la tarea consume altos recursos de atención dividida, como ocurre en las situaciones cotidianas.

Palabras clave. Atención dividida. Deterioro cognitivo. Enfermedad de Parkinson. Expresión facial emocional. Interferencia visuoespacial. Paradigma de doble tarea.

ABSTRACT

Introduction. Previous research has shown that correct identification of emotional facial expressions (EFE) depends on the cognitive resources that are available. In this study, we examine whether the capacity to identify EFE in a dual task paradigm is affected in Parkinson's disease (PD).

Aim. To investigate the interference generated by introducing a secondary task in EFE processing during the encoding and retrieval phases of facial expressions in non-medicated PD patients.

Subjects and methods. A total of 14 patients *de novo* PD and 28 healthy adults identified 24 EFE under two conditions: simultaneous encoding with a secondary task and introduction of the secondary task between the time that spans the encoding of the primary task and the response time latency.

Results. Results showed that identification of EFE by patients with PD was significantly worse than by healthy adults in the simultaneous encoding condition. In contrast, no differences were found when the interference of the secondary task took place in the retrieval phase of the primary task.

Conclusions. PD patients only display specific deficits in EFE processing when the task consumes high levels of divided attention resources, as occurs in everyday situations.

Key words. Cognitive impairment. Divided attention. Dual task paradigm. Emotional facial expressions. Parkinson's disease. Visuospatial interference.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la neurociencia ha mostrado un creciente interés por investigar las bases neurológicas del procesamiento o identificación de las expresiones faciales emocionales (EFE) y por determinar en qué medida esta capacidad está deteriorada en las enfermedades neurodegenerativas [1-3].

En relación con la enfermedad de Parkinson (EP), a pesar de que muchas investigaciones han encontrado que los pacientes tienen déficits específicos en el procesamiento de EFE, los resultados acerca de cómo la habilidad para identificar EFE está afectada por la enfermedad no son concluyentes [4-7]. Por ejemplo, varios autores señalan que los pacientes medicados tienen dificultades para procesar la emoción de asco [8], así como otras emociones negativas [9-12], y que estos déficits están asociados a la disfunción de los ganglios basales. Sin embargo, otros estudios no han podido corroborar estos hallazgos [13,14]. Trabajos recientes defienden la hipótesis de que los déficits en el procesamiento de EFE característicos de los pacientes de EP dependen del tipo de recursos cognitivos que demanda la tarea [15-19], como, por ejemplo, recursos visuo-espaciales o atencionales, recursos afectados desde el comienzo de la enfermedad. Según esta hipótesis, el deterioro cognitivo característico de la enfermedad podría ser, en parte, el responsable de las dificultades que manifiestan los pacientes para procesar la información de naturaleza afectiva. Hay, fundamentalmente, dos estructuras cerebrales vinculadas al procesamiento emocional: la amígdala [20] y la corteza prefrontal [21]. Muchos estudios neurológicos [22-24] han destacado el papel básico que desempeña la amígdala en el procesamiento del miedo. Esta estructura cerebral proporciona una detección automática y rápida del estímulo emocional, y prioriza el procesamiento de estímulos externos, especialmente de valencia emocional negativa por su vinculación a las funciones de supervivencia de los individuos. Sin embargo, se sabe que este

procesamiento amigdalario es insuficiente cuando se trata de estímulos emocionales complejos o cuando el procesamiento ocurre en situaciones sociales donde hay que coordinar al mismo tiempo varias fuentes de información [25-29]. En estos casos, es importante el papel de la corteza prefrontal como el órgano responsable del correcto funcionamiento de las funciones ejecutivas, proceso psicológico afectado desde los primeros estadios de la EP [30-36].

Por funciones ejecutivas entendemos, entre otros, procesos como la toma de decisiones, el aprendizaje de reglas de categorización o la ejecución de tareas, que demandan recursos de atención dividida, habilidad necesaria para poder descodificar la información emocional en contextos sociales, donde es necesario coordinar al mismo tiempo diversas fuentes de información. Uno de los modelos más utilizados para evaluar la atención dividida es el paradigma de la doble tarea (DT). La DT se basa en la realización simultánea de dos tareas, de tal forma que el deterioro en la ejecución de una tarea se considera un indicio de la demanda de atención de la otra. Mediante trabajos de lesión se ha podido comprobar que la ejecución simultánea es un proceso muy sensible a los efectos del envejecimiento, tanto normal como patológico [37,38]. Los estudios de DT indican que no todos los tipos de doble procesamiento están afectados en la misma medida por la introducción de la tarea secundaria. Las demandas mentales —es decir, los costes— son mayores cuando las dos tareas se codifican simultáneamente [39,40], ya que implica que hay que dividir las capacidades atencionales entre las dos fuentes de información. Por el contrario, cuando la tarea secundaria se introduce en el período que media entre la codificación de la primaria y el tiempo de latencia de la respuesta [41], los costes en la ejecución de las dos tareas no son tan elevados. Esto es especialmente crítico en el envejecimiento, probablemente porque en el primer caso la correcta ejecución de las tareas depende fundamentalmente de la capacidad de la atención

dividida, mientras que en el segundo la correcta ejecución depende de la memoria [42-45], proceso menos sensible al paso de los años. Parece que estos datos son sólidos incluso cuando una de las tareas implicadas consiste en el procesamiento de información emocional.

Trabajos previos [27,29] han puesto de relieve que la introducción de una tarea secundaria afecta al procesamiento de las EFE, tanto en personas mayores como en pacientes de Alzheimer, lo que indica que esta capacidad no implica un procesamiento emocional automático (hipótesis muy aceptada por los investigadores) y, por tanto, que es vulnerable al deterioro cognitivo. Sin embargo, y hasta donde nosotros sabemos, se desconocen los efectos de la DT en el procesamiento de las expresiones faciales en pacientes de EP. Siguiendo la hipótesis de que los déficits en el procesamiento de EFE dependen en parte del tipo de tarea involucrada, el principal objetivo de este trabajo ha sido investigar la interferencia que genera una tarea secundaria en el procesamiento de EFE durante las fases de codificación y recuperación de la DT en un grupo de pacientes de EP no medicados.

De acuerdo con los estudios antes mencionados, esperamos un rendimiento peor del grupo de pacientes cuando la identificación de la EFE ocurre en la fase de codificación que cuando ocurre en la de recuperación, es decir, cuando el recurso cognitivo prioritario demandado por la tarea es la atención dividida.

Los resultados de este trabajo contribuirán a conocer hasta qué punto el deterioro del procesamiento emocional covaría con los déficits cognitivos específicos de los pacientes de EP y ayudarán a comprender mejor las consecuencias funcionales de la EP en la vida afectiva de los pacientes.

SUJETOS Y MÉTODOS

Muestra

En el experimento tomaron parte un total de 42 participantes: 14 pacientes con EP de novo (8 hombres y 6 mujeres) con un rango de edad entre 49 y 86 años, y 28 adultos sanos (11 hombres y 17 mujeres) con un rango de edad entre 56 y 85 años. Todos los pacientes con EP fueron reclutados en el Departamento de Neurología del Hospital 12 de Octubre de Madrid.

Los criterios de inclusión para los pacientes fueron: diagnóstico de EP idiopática de acuerdo con los criterios de Hughes et al [46] y no estar en tratamiento farmacológico en el momento de la evaluación. El grupo de adultos sanos estaba compuesto por voluntarios reclutados de diversos centros sociales para personas mayores y parejas de los pacientes. Los criterios de exclusión para los dos grupos fueron: tener valores por debajo de 25 en la prueba del test Minimental [47], padecer algún tipo de demencia (valores > 4 en la escala de Blessed) [48], padecer depresión mayor (valores > 7 en la escala de depresión geriátrica) [49] y padecer trastornos psiquiátricos. La tabla recoge los datos sociodemográficos de todos los participantes.

Tabla. Características de los participantes (media +/- desviación estándar)

	Pacientes EP	Adultos sanos
	Media (DS)	Media (DS)
N		
Hombres	9	11
Mujeres	7	17
Edad	73,19 (9,21)	72,86 (7,05)
Años escolarización	11 (4,45)	13,11 (5,23)
MMSEa	30,43 (3,56)	32,18 (1,67)
GDSb	2,93 (2,94)	1,20 (1,98)
BDS^c	0,93 (1,81)	1,20 (1,64)

^a Mini-Mental State Examination

^b Geriatric Depression Scale

^c Blessed Dementia Scale

Los dos grupos fueron igualados en edad ($t_{(40)} = 3,53; p > 0,050$), sexo (EP: $\chi^2_{(1)} = 0,28, p > 0,050$; adultos sanos: $\chi^2_{(1)} = 1,28, p > 0,050$) y años de escolarización ($F(40) = 0,40; p > 0,050$). Las puntuaciones en el test Minimental fueron significativamente diferentes en los dos grupos (pacientes con EP, rango: 25 y 35; adultos sanos, rango: 29 y 35; $F(40) = 7,35; p < 0,050$) e indicaron que el grupo de pacientes tenía un ligero deterioro cognitivo, pero no mostraron signos de demencia, ya que las puntuaciones en la escala de Blessed no fueron estadísticamente significativas en los dos grupos ($F(40) = 0,30; p > 0,050$). Por último, encontramos diferencias marginalmente significativas en relación con las puntuaciones en la escala de depresión ($F(40) = 1,65; p < 0,050$) que revelan un estado de ánimo de los pacientes de EP más deprimido que los mayores sanos, pero sin que se pueda hablar de depresión clínica ya que ningún paciente obtuvo una puntuación superior a 7. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Tareas y procedimiento

Tarea primaria: identificación de expresiones faciales emocionales. En total, se presentaron en la pantalla de un ordenador 24 estímulos que mostraban las seis emociones básicas: alegría, tristeza, enfado, miedo, sorpresa y asco, expresadas por cuatro modelos (dos hombres y dos mujeres). Los estímulos se diseñaron con un programa (Poser 6 Program, Curious Labs, Santa Cruz, EE. UU.) que sirve para generar rostros humanos virtuales y cuyas expresiones faciales se determinan por los cambios descritos en el manual Facial Action Coding System (FACS) [50,51]. La codificación de las emociones fue realizada por un experto codificador en el FACS (J.H.E.), que activa los músculos según las correspondientes unidades de acción. Este conjunto de

estímulos se ha validado en investigaciones previas con personas mayores [29] y pacientes con enfermedad de Alzheimer [27]. Antes de la aparición de la expresión emocional y con el objetivo de fijar la atención de los participantes, se presentaba una cruz en la pantalla durante 1.200 ms. Tras una pantalla en negro de 600 ms de duración, aparecía la expresión emocional durante 1.200 ms. A continuación, los participantes tenían que identificar la emoción que expresaba cada una de las caras, teniendo siempre delante el nombre de las seis diferentes emociones. El orden de aparición de los estímulos para cada participante fue aleatorio.

Tarea secundaria: Bloques de Corsi

La tarea de los bloques de Corsi se utiliza para medir las habilidades de la memoria visuoespacial. En la pantalla del ordenador aparece una matriz de nueve círculos colocados en posición horizontal y vertical (3 x 3), siete blancos y dos rojos. En cada ensayo de 1.200 ms de duración se presentaba una secuencia diferente de la localización de los círculos rojos (aparecía un círculo rojo en una posición durante 600 ms y, cuando desaparecía, aparecía el segundo círculo con la misma duración pero en posición diferente). Los participantes tenían que indicar la secuencia de los círculos en una hoja de respuestas. El orden de las secuencias para cada participante fue aleatorizado. Un requisito importante para el experimento fue que la dificultad de la tarea secundaria resultase igual para los dos grupos. Decidimos utilizar la versión de dos círculos rojos porque en pruebas previas al experimento comprobamos que no había diferencias significativas entre un grupo pequeño de pacientes de EP y sus controles.

Procedimiento

La capacidad para identificar las expresiones se evaluó bajo dos condiciones: paradigma de DT durante la codificación y paradigma de DT durante la recuperación. En la primera condición se presentaban juntos durante 1.200 ms una EFE y un ensayo de la tarea de los bloques de Corsi. A continuación aparecía una pantalla en negro de 1.200 ms de duración y después los participantes tenían que responder siempre en el mismo orden, primero a la secuencia de Corsi y a continuación a la EFE. En la segunda condición, primero se presentaba una EFE durante 1.200 ms, después un ensayo de la tarea de los bloques de Corsi (también de 1.200 ms de duración) y a continuación los participantes contestaban en el mismo orden que para la primera condición. Con el objetivo de evitar efectos de aprendizaje, se contrabalanceó el orden de presentación de las dos condiciones. Las instrucciones se explicaron verbalmente y también aparecieron en la pantalla del ordenador al inicio de cada una de las condiciones experimentales. Las respuestas a las dos tareas fueron registradas por el experimentador.

Diseño experimental

En este estudio hemos utilizado un diseño factorial mixto, 2 (grupo: pacientes de EP y adultos sanos) x 2 (tipo de presentación: DT durante la codificación y DT durante la recuperación). El primer factor fue analizado como variable intersujetos, y el segundo, intrasujetos –ANOVA (análisis de la varianza), SPSS v. 17.0–. La variable dependiente fue el número de EFE identificadas correctamente. La puntuación máxima fue de 24 aciertos. El nivel de significación fue del 5%.

RESULTADOS

Análisis de la tarea primaria

Los resultados del ANOVA mostraron que el efecto principal para la comparación intrasujetos del tipo de presentación (DT durante la codificación y DT durante la recuperación) fue estadísticamente significativo ($F(1,40) = 29,23$; error de la raíz cuadrada media, $MSE = 201,52$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,422$). La identificación de las EFE fue más fácil en la condición DT durante la recuperación (media: 13,86) que en la condición DT durante la codificación (media: 11,10) (Fig. 1).

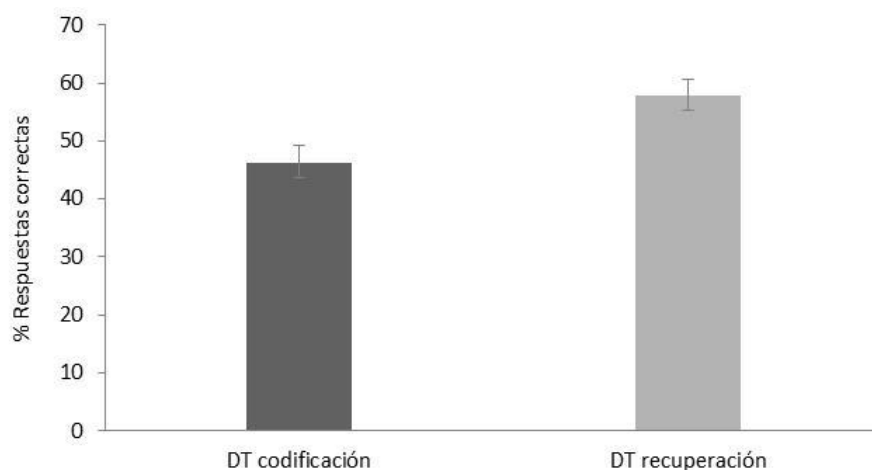


Fig. 1. *Porcentaje de respuestas correctas en la tarea de identificar EFEs en las dos condiciones experimentales*

La comparación entre grupos reveló un efecto de interacción estadísticamente significativo entre grupo y tipo de presentación ($F(1,40) = 29,23$; $MSE = 201,52$; $p < 0,050$; $\eta_p^2 = 0,143$), lo que significa que los dos grupos tuvieron una ejecución diferente dependiendo de la condición experimental. Para analizar estas diferencias entre grupos, realizamos un análisis multivariante de la varianza (MANOVA) con las puntuaciones obtenidas en las dos condiciones.

Los resultados pusieron de manifiesto que la actuación de los pacientes de EP fue peor que la de los controles. Las comparaciones simples mostraron que los pacientes de EP identificaron las EFE significativamente peor cuando la tarea secundaria se introdujo en el tiempo de la codificación de la primaria ($F(1,40) = 13,24$; $MSE = 60,01$; $p < 0,050$; $\eta_p^2 = 0,103$). Por el contrario, los dos grupos no mostraron diferencias estadísticamente significativas cuando la interferencia se produjo en la fase de recuperación de la primaria: $F(1,40) = 3,13$; $MSE = 14,58$; $p > 0,050$; $\eta_p^2 = 0,058$ (Fig. 2).

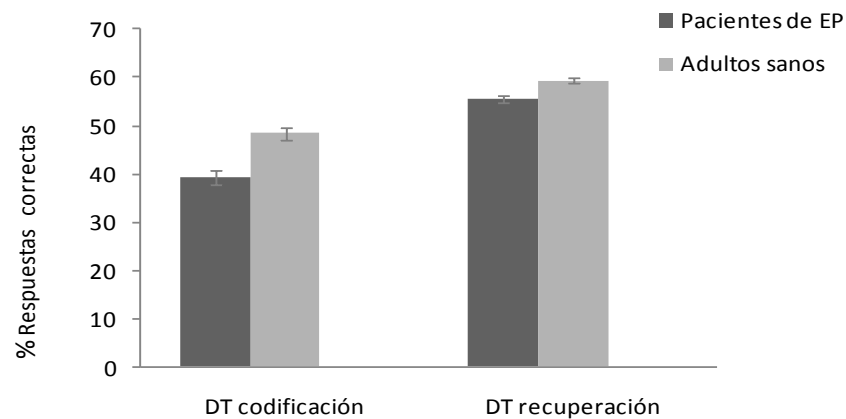


Fig. 2. *Porcentaje de respuestas correctas en la tarea de identificar EFEs en cada una de las condiciones experimentales para los pacientes de EP y el grupo control*

Los resultados ponen de manifiesto que la interferencia de una tarea secundaria en el procesamiento de EFE afecta más a los pacientes de EP que a los adultos sanos, especialmente si ocurre en el período de codificación de la expresión. Parece que los pacientes tienen más dificultades para dividir su atención en la codificación de las dos tareas que los controles.

Para evaluar hasta qué punto estos déficits podr. an explicarse por la hipótesis de la sobrecarga de la agenda visuoespacial [19], analizamos la actuación de ambos grupos en la tarea de los bloques de Corsi en cada una de las condiciones experimentales.

Análisis de la tarea secundaria

Los porcentajes medios de respuesta han sido menores, en las dos condiciones, para el grupo de pacientes de EP que para el grupo control (Fig. 3).

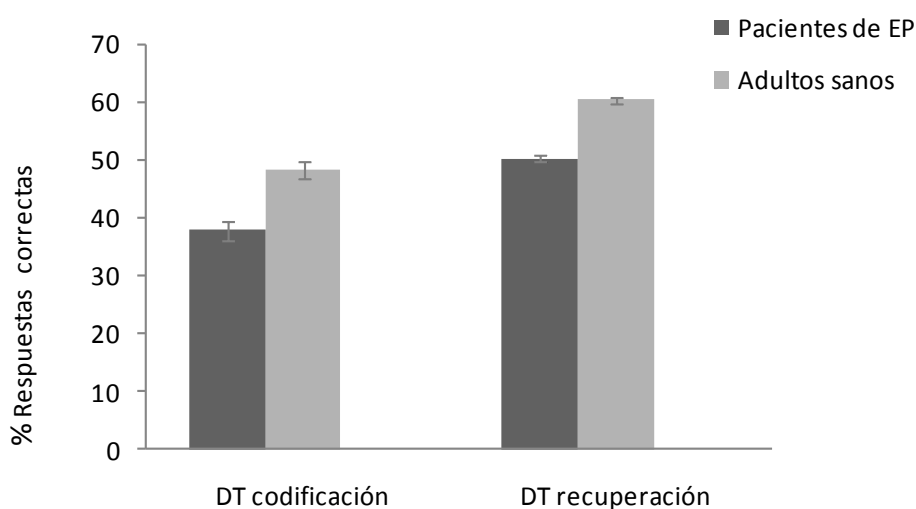


Fig. 3. Porcentaje de respuestas correctas en la tarea de los Bloques de Corsi en cada una de las condiciones experimentales para los pacientes de EP y el grupo control

Para analizar si la actuación de ambos grupos fue estadísticamente significativa realizamos un MANOVA con las puntuaciones obtenidas en las dos condiciones. Los resultados muestran que los dos grupos han tenido una actuación estadísticamente significativa tanto en la condición DT durante la codificación ($F(1,40) = 29,29$; $MSE = 198,10$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,423$) como durante la recuperación ($F(1,40) = 8,62$; $MSE = 138,85$; $p = 0,005$; $\eta^2 = 0,177$). En este caso, los pacientes han tenido una peor

actuación que los controles en las dos condiciones experimentales. En los pacientes de EP, la tarea de los bloques de Corsi parece más vulnerable a los efectos de la DT que la tarea de identificar EFE, que sólo se veía afectada por la DT en la condición de codificación, pero no en la de la recuperación.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar si los déficits en el procesamiento de EFE en los pacientes de EP dependen de las demandas de la tarea. La hipótesis puesta a prueba es que los pacientes de EP tienen mayores dificultades en el procesamiento de EFE cuando el recurso cognitivo demandado es la atención dividida, recurso cognitivo muy sensible a los efectos de la enfermedad. En concreto, hemos estudiado el papel de la interferencia generada en el procesamiento de EFE por la introducción de una tarea secundaria en dos condiciones de DT: en el momento de codificación y en el período que media entre la codificación de la EFE y su respuesta. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto lo siguiente:

- Los pacientes tienen más dificultad que los adultos sanos en identificar EFE cuando han de dividir su atención en dos tareas, en este caso de naturaleza visual, pero no cuando el recurso cognitivo demandado para identificar la EFE correctamente es la memoria.
- Los pacientes han tenido una peor actuación que los controles en la tarea de los bloques de Corsi en cualquiera de las dos condiciones de la DT, es decir, cuando los recursos demandados han sido la atención y la memoria. Estos resultados nos llevan a tres conclusiones. En primer lugar, que los pacientes de EP tienen déficits desde el comienzo de la enfermedad en el procesamiento de EFE en contextos complejos en los que se requiere dividir la atención hacia diversas fuentes de información. Estos trabajos

coinciden con investigaciones previas que han señalado que los déficits en el procesamiento de EFE en pacientes de EP dependen también de la carga cognitiva [15-19].

Un aspecto relevante en este trabajo ha sido la utilización de tareas experimentales de gran validez ecológica en el sentido de que los participantes tenían que codificar las expresiones emocionales al mismo tiempo que procesaban otra información visual. Esto es importante si consideramos que el sistema de procesamiento de EFE es un sistema que esté siempre abierto o preparado para procesar de forma involuntaria [52], y que una de sus funciones es la de aceptar o rechazar otro tipo de mensajes, lo que implica obligatoriamente el procesamiento simultáneo de dos fuentes diferentes de información. Este trabajo permite comprender los déficits reales que encuentran los pacientes en su vida cotidiana cuando intentan integrar la información afectiva con su actividad cognitiva habitual.

En segundo lugar, este trabajo pone de manifiesto que los déficits en la identificación en DT ocurren especialmente cuando los pacientes tienen que codificar al mismo tiempo la expresión facial y otra información, es decir, les cuesta dividir su atención para poder procesar al mismo tiempo los dos estímulos. Por trabajos experimentales previos [53], sabemos que los déficits en el doble procesamiento son mayores cuando coincide la naturaleza perceptiva de las dos fuentes de información, es decir, las dos tareas requieren procesamiento visual, como en nuestro caso. El análisis de la tarea secundaria de los bloques de Corsi parece confirmar el patrón encontrado en la tarea primaria, ya que pone de manifiesto que los pacientes de EP han tenido también más dificultades que el grupo control, lo que parece lógico dada la naturaleza visuoespacial de la tarea secundaria. Estos resultados están en línea con trabajos previos [19] que defienden la hipótesis de que, en los pacientes de EP, las dificultades en el procesamiento de EFE

están relacionadas con los déficits visuoespaciales. Queda abierto a futuras investigaciones comprobar si esta interferencia ocurriría también cuando la información adicional a la EFE fuese de distinta naturaleza, por ejemplo, semántica.

En tercer lugar, un punto relevante que se deriva del trabajo es que cuando la interferencia de la tarea secundaria ha tenido lugar en el período que media entre la codificación de la primaria y su respuesta, los pacientes de EP no han mostrado diferencias significativas con el grupo control, es decir, tienen relativamente preservada esta facultad. Nos parece importante reseñar este dato, pues los déficits en el procesamiento de las EFE no parecen tan graves en la EP como en los pacientes con enfermedad de Alzheimer, que han mostrado déficits en cualquiera de las condiciones de DT [27].

Un aspecto destacable es que nuestros resultados apuntan a la hipótesis de que la complejidad del estímulo por codificar podría ser una variable moduladora en la capacidad para ejecutar en DT. Teniendo en cuenta que una de las cuestiones más debatidas es si los pacientes de EP tienen dificultades en la identificación de las emociones discretas o específicas, será interesante poder determinar si todas las emociones básicas se ven igualmente afectadas por la capacidad de la atención dividida. Es de esperar que las emociones más complejas estuvieran más afectadas que las más simples. En relación con las EFE, no todas las emociones son igual de difíciles de expresar. Mientras que la expresión de alegría sólo necesita tres unidades de acción o movimientos musculares para poder expresarse, otras, como el miedo, necesitan al menos cinco unidades de acción [50,51]. No hemos podido comprobar empíricamente este punto porque en nuestro experimento el número de estímulos para cada EFE ha sido relativamente bajo para evitar efectos de fatiga, especialmente en los pacientes de EP. Pensamos que esta cuestión queda abierta a futuras investigaciones en las que se

estudie con una mayor muestra de estímulos emocionales hasta qué punto la complejidad del estímulo es una variable relevante.

En resumen, queremos poner de manifiesto que nuestros resultados tienen un interés teórico en el campo de la neurociencia afectiva. Como mencionamos al principio, tradicionalmente se ha supuesto que el sustrato neurológico básico involucrado en el procesamiento emocional era de naturaleza subcortical, basándose en la posible naturaleza automática de éste. Sin embargo, una de las formas más habituales de evaluar el grado de automaticidad de cualquier proceso psicológico es mediante el paradigma de la DT. El supuesto básico de este paradigma es que si una tarea es automática, no se ve afectada por su ejecución simultánea con otra. Nuestros datos indican que en los pacientes con EP el procesamiento emocional de las EFE decae significativamente cuando los estímulos emocionales se codifican junto con otra información, lo que demuestra que el procesamiento emocional es probablemente un proceso controlado y dependiente de los recursos cognitivos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] LeDoux J. The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life. New York: Simon & Schuster; 1996.
- [2] Garc.a-Rodr.guez B, Fusari A, Ellgring H. Procesamiento emocional de las expresiones faciales en el envejecimiento normal y patol.gico. Rev Neurol 2008; 46: 609-17.
- [3] Bucks RS, Radford SA. Emotion processing in Alzheimer's disease. Aging Ment Health 2004; 8: 22-32.
- [4] Kan Y, Kawamura M, Hasegawa Y, Mochizuki S, Nakamura K. Recognition of emotion from facial, prosodic and written verbal stimuli in Parkinson's disease. Cortex

2002; 38: 623-30.

[5] Sprengelmeyer R, Young AW, Mahn K, Schroeder U, Woitalla D, Buttner T, et al. Facial expression recognition in people with medicated and unmedicated Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2003; 41: 1047-57.

[6] Dujardin K, Blairy S, Defebvre L, Duhem S, Noel Y, Hess U, et al. Deficits in decoding emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2004; 42: 239-50.

[7] Lawrence AD, Goerendt IK, Brooks DJ. Impaired recognition of facial expressions of anger in Parkinson's disease patients acutely withdrawn from dopamine replacement therapy. *Neuropsychologia* 2007; 45: 65-74.

[8] Suzuki A, Hoshino T, Shigemasu K, Kawamura M. Disgust-specific impairment of facial expression recognition in Parkinson's disease. *Brain* 2006; 129: 707-17.

[9] Pell MD, Leonard CL. Processing emotional tone from speech in Parkinson's disease: a role for the basal ganglia. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2003; 3: 275-88.

[10] Kawamura M, Kobayakawa M. Emotional impairment in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord* 2009; 15: 47-52. www.neurologia.com *Rev Neurol* 2011; 53 (6): 329-336 335.

[11] Perón J, Biseul I, Leray E, Vicente S, Le Jeune F, Drapier S, et al. Subthalamic nucleus stimulation affects fear and sadness recognition in Parkinson's disease. *Neuropsychology* 2010; 24: 1-8.

[12] Biseul I, Sauleau P, Haegelen C, Trebon P, Drapier D, Raoul S, et al. Fear recognition is impaired by subthalamic nucleus stimulation in Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2005; 43: 1054-9.

[13] Adolphs R, Schul R, Tranel D. Intact recognition of facial emotion in Parkinson's disease. *Neuropsychology* 1998; 12: 253-8.

- [14] Pell MD, Leonard CL. Facial expression decoding in early Parkinson's disease. *Brain Res Cog Brain Res* 2005; 23: 327-40.
- [15] Assogna F, Pontieri FE, Caltagirone C, Spalletta G. The recognition of facial emotion expressions in Parkinson's disease. *Eur Neuropsychopharmacol* 2008; 18: 835-48.
- [16] Clark US, Nearing S, Cronin-Golomb A. Specific impairments in the recognition of emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2008; 46: 2300-9.
- [17] Gray HM, Degnen LT. A meta-analysis of performance on emotion recognition tasks in Parkinson's disease. *Neuropsychology* 2010; 24: 176-91.
- [18] Clark US, Nearing S, Cronin-Golomb A. Visual exploration of emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2010; 48: 1901-13.
- [19] Assogna F, Pontieri FE, Cravello L, Peppe A, Pierantozzi M, Stefani A, et al. Intensity-dependent facial emotion recognition and cognitive functions in Parkinson's disease. *J Int Neuropsychol Soc* 2010; 16: 867-76.
- [20] Adolphs R. Fear, faces and the human amygdala. *Curr Opin Neurobiol* 2008; 18: 166-72.
- [21] Heberlein AS, Padon, AA, Gilihan SJ, Farah MJ, Fellows LK. Ventromedial frontal lobe plays a critical role in facial emotion recognition. *J Cogn Neurosci* 2008; 20: 721-33.
- [22] Adolphs R, Tranel D, Damasio H, Damasio A. Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature* 1994; 372: 669-72.
- [23] Calder AJ, Young AW, Rowland D, Perrett DI, Hodges JR, Ectoff NL. Facial emotion recognition after bilateral amygdala damage-differentially severe impairment

of fear. *Cognit Neuropsychol* 1996; 13: 699-745.

[24] Sato W, Kubota Y, Okada T, Murai T, Yoshikawa S, Sengoku A. Seeing happy emotion in fearful and angry faces-qualitative analysis of facial expression recognition in a bilateral amygdaladamaged patient. *Cortex* 2002; 38: 727-42.

[25] Bechara A, Damasio H, Damasio A. Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cereb Cortex* 2000; 10: 295-307.

[26] Phillips ML, Drevets WC, Rauch SL, Lane R. Neurobiology of emotion perception I: the neural basis of normal emotion perception. *Biol Psychiatry* 2003; 54: 504-14.

[27] García-Rodríguez B, Ellgring H, Fusari A, Frank A. The role of interference in identification of emotional facial expressions in normal ageing and dementia. *Eur J Cogn Psychol Aging Cogn Neurosci* 2009; 21: 428-44.

[28] García-Rodríguez B, Fusari A, Rodríguez B, Zurdo-Hernández JM, Ellgring H. Differential patterns of implicit emotional processing in Alzheimer's disease and healthy aging. *J Alzheimers Dis* 2009; 18: 541-51.

[29] García-Rodríguez B, Fusari A, Fernández-Guinea S, Frank A, Molina JA, Ellgring H. Decline of executive processes affects identification of emotional facial expressions in aging. *Curr Aging Sci* 2011; 4: 70-5.

[30] Lewis SJ, Dove A, Robbins TW, Barker RA, Owen AM. Cognitive impairments in early Parkinson's disease are accompanied by reductions in activity in frontostriatal neural circuitry. *J Neurosci* 2003; 23: 6351-6.

[31] Monchi O, Petrides M, Doyon J, Postuma RB, Worsley K, Dagher A. Neural bases of set-shifting deficits in Parkinson's disease. *J Neurosci* 2004; 24: 702-10.

[32] Green J, McDonald WM, Vitek JL, Evatt M, Freeman A, Haber M, et al. Cognitive impairments in advanced PD without dementia. *Neurology* 2002; 59: 1320-4.

- [33] Brand M, Labudda K, Kalbe E, Hilker R, Emmans D, Fuchs G, et al. Decision-making impairments in patients with Parkinson's disease. *Behav Neurol* 2004; 15: 77-85.
- [34] Price AL. Explicit category learning in Parkinson's disease: deficits related to impaired rule generation and selection processes. *Neuropsychology* 2006; 20: 249-57.
- [35] Filoteo JV, Maddox WT, Ing AD, Song DD. Characterizing rule-based category learning deficits in patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2007; 45: 305-20.
- [36] Rodríguez-Constenla I, Cabo-López I, Bellas-Lamas P, Cebrián E. Trastornos cognitivos y neuropsiquiátricos en la enfermedad de Parkinson. *Rev Neurol* 2010; 50 (Supl 2): S33-9.
- [37] Hedden T, Gabrieli JD. Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nat Rev Neurosci* 2004; 5: 87-96.
- [38] Hallet M, Wu T. Dual task interference in Parkinson's disease. *Eur Neurol Rev* 2009; 4: 34-7.
- [39] Naveh-Benjamin M, Craik FI, Guez J, Dori H. Effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory: further support for an asymmetry. *J Exp Psychol Learn Mem Cognit* 1998; 24: 1091-104.
- [40] Logie RH, Cocchini G, Della Sala S, Baddeley AD. Is there a specific executive capacity for dual task co-ordination? Evidence from Alzheimer's disease. *Neuropsychology* 2004; 18: 504-13.
- [41] Naveh-Benjamin M, Craik FI, Gavrilesco D, Anderson ND. Asymmetry between encoding and retrieval processes: evidence from divided attention and a calibration analysis. *Mem Cognit* 2000; 28: 965-76.

- [42] Salthouse TA, Rogan JD, Prill KA. Division of attention: age differences on a visually presented memory task. *Mem Cognit* 1984; 12: 613-20.
- [43] Logie RH, Della Sala S, MacPherson SE, Cooper J. Dual task demands on encoding and retrieval processes: evidence from healthy adult ageing. *Cortex* 2007; 43: 159-69.
- [44] Naveh-Benjamin M, Craik FI, Guez J, Kreuger S. Divided attention in younger and older adults: effects of strategy and relatedness on memory performance and secondary task costs. *J Exp Psychol Learn Mem Cognit* 2005; 31: 520-37.
- [45] Anderson ND, Craik FI, Naveh-Benjamin M. The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: I. Evidence from divided attention costs. *Psychol Aging* 1998; 13: 405-23.
- [46] Hughes AJ, Daniel E, Kilford L, Lees A. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992; 55: 181-4.
- [47] Lobo A, Esquerra J, Gomez-Burgada F, Sala JM, Seva A. El mini-examen cognoscitivo: un test sencillo y práctico para detectar alteraciones intelectuales en pacientes médicos. *Actas Luso Esp Neurol Psiquiatr Cienc Afines* 1979; 3: 189-202.
- [48] Blessed G, Tomlinson BE, Roth M. The association between quantitative measures of dementia and of senile changes in grey matter of elderly subjects. *Br J Psychiatry* 1968; 114: 797-811.
- [49] Sheikh JI, Yesavage JA. Geriatric Depression Scale (GDS): recent evidence and development of a shorter version. In Brink TL, ed. *Clinical gerontology: a guide to assessment and intervention*. New York: Haworth Press; 1986. p. 165-73.
- [50] Ekman P, Friesen WV. *The facial action coding system*. Palo Alto, CA: Consult Psychology Press; 1978.

[51] Ekman P, Friesen WV, Hager JC. Facial action coding system –investigator’s guide. Salt Lake City, UT: Research Nexus; 2002.

[52] Ekman P. Emotions revealed. London: Weidenfeld & Nicolson; 2003.

[53] Salway AF, Logie RH. Visuospatial working memory, movement control and executive demands. Br J Psychol 1995; 86: 253-69.

Capítulo 6. [Estudio 3]. La interferencia de una tarea visoespacial sobre la identificación de EFEs en pacientes con EP no medicados.

García-Rodríguez, B., Casares Guillén, C.T., Jurado Barba, R., Rubio Valladolid, G., Molina Arjona, J.A., y Ellgring, H. (2012). Visuo-spatial interference affects the identification of emotional facial expressions in unmedicated Parkinson's patients. *Journal of Neurological Sciences*, 313, 13–16.

ABSTRACT

There is evidence that visuo-spatial capacity can become overloaded when processing a secondary visual task (Dual Task, DT), as occurs in daily life. Hence, we investigated the influence of the visuo-spatial interference in the identification of emotional facial expressions (EFEs) in early stages of Parkinson's disease (PD). We compared the identification of 24 emotional faces that illustrate six basic emotions in, unmedicated recently diagnosed PD patients (16) and healthy adults (20), under two different conditions: a) simple EFE identification, and b) identification with a concurrent visuo-spatial task (Corsi Blocks). EFE identification by PD patients was significantly worse than that of healthy adults when combined with another visual stimulus

INTRODUCTION

Motor symptoms in Parkinson's disease (PD) [1] are usually accompanied by cognitive impairments that include deficits in planning, sequencing and working memory [2–6], all of which are tasks associated with the frontal lobe. Even at early stages of the disease, deficits in cognitive functions may be evident in PD patients [7,8]. However, the effects on the processing of emotional facial expressions (EFEs) remain controversial. Deficits in EFE identification in PD patients, particularly in recognizing disgust [9–14] and anger [15], have been attributed to basal ganglia [11,16] and insula dysfunction [17–19]. By contrast, some studies have failed to identify deficits in emotional processing in PD patients [20], indicating little consensus as to whether the identification of EFEs per se is affected in PD patients or whether the deficits depend on other factors, such as motor ability or cognitive competence. The capacity to identify EFEs can be confounded with general cognitive abilities, such as attention [21–23], working memory [24–27] and visuo-spatial skills. Indeed, it has been suggested that all types of facial recognition, with or without emotional content, are dependent upon visuo-spatial resources [28–32]. Like frontal lobe tasks, PD patients were found to have visuo-perceptual disorders and difficulties in visual tracking tests have been confirmed in PD patients [33,34], some of which may be attributed to deficits in visuo-spatial memory [35–37]. Significantly, abnormalities in facial perception have been cited as one of the sequelae of PD [38], suggesting that the underlying problem is a visuo-spatial dysfunction [39].

In everyday life, facial expressions are normally perceived in conjunction with many other visual stimuli, implying that EFEs are processed concurrently with other interfering stimuli. As such, the ability to process EFEs depends partly on the ability to share attention resources and to process two tasks simultaneously. Dual Task (DT)

paradigm studies indicate that the attention demands of the secondary task decrease performance in the primary task, interfering with processing. Among other factors, the cost or the amount of interference depends on the nature of both the tasks and when they are both of the same nature, competition for the same resources results in greater interference than when tasks are of a different nature [40]. Here we sought to compare the effects of visuo-spatial interference on EFE processing in PD patients and healthy adults. We hypothesized that this interference would be greater in PD patients and that their ability to identify EFEs is impaired when visuo-spatial capacity is overloaded by other visual stimuli.

METHODS

Participants

A total of 36 subjects participated in this study: 16 *de novo* outpatients with a clinical diagnosis of idiopathic PD (9 males, 7 females: aged 49–86 years) and 20 healthy adults (8 males, 12 females: aged 54–86 years). PD patients were diagnosed at the Neurology Department of the Hospital 12 de Octubre (Madrid) and they all met the following inclusion criteria: (i) a diagnosis of idiopathic PD on the basis of the UK Parkinson's Disease Society Brain Bank [41]; and (ii) not yet receiving dopaminergic medication. The severity of the disease corresponded to Hoehn and Yahr stages I–II [1] and secondary causes of PD were excluded through MRI. The healthy adults were recruited from volunteers at a social Centre for the Aged in Madrid and from the partners of PD patients with no indications of neurological disease.

The exclusion criteria for both groups were as follows: (i) dementia, as indicated by the DSMIV clinical diagnostic criteria and scores ≤ 25 on the Spanish version [42] of Folstein's Mini-Mental State Examination [43] (maximum achievable score is 35 points,

cut-off score for dementia is $\geq 23/24$ points); (ii) dementia, as indicated by scores ≥ 4 on the Blessed Dementia Scale [44]; (iii) major depression, as indicated by scores ≥ 7 on the 15-item version of the Geriatric Depression Scale [45,46]; and (iv) any psychiatric disorder. Background data for both groups of participants is summarized in Table 1.

Table 1. *Participant characteristics*

	PD patients Mean (SD)	Healthy adults Mean (SD)
N		
Men	9	12
Women	7	8
Age	73.19 (9.21)	69.95 (10.2)
Education	11 (4.45)	13.45 (4.66)
MMSE^a	30.43 (3.56)	32.45 (1.93)
GDS^b	2.93 (2.94)	1.20 (1.98)
BDS^c	0.93 (1.81)	0.90 (1.28)

^a *Mini-Mental State Examination*

^b *Geriatric Depression Scale*

^c *Blessed Dementia Scale*

Both groups were matched with respect to age [$t_{(34)}=0.98$, $p=0.331$], gender ratio [PD: $\chi^2(1)=1.00$, $p=0.317$; healthy adults: $\chi^2(1)=0.80$, $p=0.371$], years of education [$t_{(34)}=-1.59$, $p=0.119$], Mini-Mental State Examination [PD patients, range 23–35; healthy adults, range 29–35; $t_{(34)}=-2.13$, $p=0.041$], Blessed Scale [$t_{(34)}=0.04$, $p=0.996$] and Geriatric Depression Scale [$t_{(34)}=1.60$, $p=0.122$].

Tasks and procedure

Primary task: EFE identification

A forced-choice recognition task was used for EFE identification. Participants viewed 24 virtual faces on a computer screen that represented the six basic emotions (happiness, sadness, surprise, anger, fear and disgust), as described previously [26, 27]. The subjects were then asked to identify the emotion that best described the target stimulus

from a set of six possible responses. The order of the stimuli was randomized and the emotions were represented by four virtual characters created by 3D imaging (two male and two female avatars). The expressions were generated by an experienced Facial Action Coding System [47, 48] coder (JHE) by activating the virtual muscles with respect to single Action Units.

Each trial began with an acoustic signal, the tone “F” at a frequency of 500 Hz that lasted 150 ms, and a 1200 ms white plus sign on a black screen as a visual signal presented simultaneously with the acoustic signal. For 600 ms a black screen was presented before the emotional stimuli were displayed within a 16Å~16 cm square for 1200 ms. After each stimulus, another black screen appeared for 600 ms before the following EFE was presented. Participants were asked to identify the emotional expression and the number of correct identifications was recorded as the dependent variable. This score could vary between 0 and 4 within each emotion, and the maximum total number of correct answers was 24.

Secondary task: Corsi Blocks

The Corsi Blocks task was employed as a secondary task. This task is commonly used to assess visuo-spatial short-term memory performance in adults [e.g. 49], children [e.g. 50] and patients with neuropsychological deficits [e.g. 51]. The Corsi Blocks task involves representing nine circles in a 3Å~3 horizontal and vertical array within a 16Å~16 cm square on a 17 in. computer monitor. In each 1200 ms trial, a specific arrangement of the nine circles (7 white, 2 red) was displayed, with the two red circles (targets) appearing in a predetermined sequence at a rate of one per second. Participants are asked to mark the correct sequence of the red circles on an answer sheet. A key prerequisite of this study was to ensure that a standard level of difficulty was maintained in the Corsi Blocks task in order to equate the performance of the PD

patients and healthy adults. On the basis of prior tests with other samples of elderly people, we decided to use the 2-circle condition to ensure that all participants could solve the secondary task within the 600 ms time interval.

Conditions

EFE performance was tested under two conditions: a) simple EFE identification; and b) EFE identification concurrent with the secondary task.

Procedure

At the beginning of the experiment, the nature of the study was explained to each participant and written informed consent approved by the Ethical Committee of the University of UNED was obtained. Participants were informed that they were free to terminate their participation in the study at any point, although this did not occur. All participants were tested individually in a quiet room. The experiment was conducted using a 17 in. color display with stimulus presentation and data recording controlled by the E-prime software developed for this experiment. To avoid learning effects, the order in which the two conditions were carried out was balanced. The instructions were given orally and presented on screen before each test condition. For the simple EFE identification, participants were asked to select from the six emotions that best described each expression. The emotions were visible and the participants were given as much time as necessary to make their decision. In the Dual Task (DT) condition, the EFE was displayed simultaneously with the Corsi Blocks for 1200 ms, after which participants were required to indicate the sequence of the Corsi Blocks and identify the EFE, in this order. In each display, the position (left or right) of the EFE and Corsi Blocks was randomized (see Fig. 1). All responses were recorded by the experimenter.

Experimental design

The experiment was of a mixed factorial design with 2 (group: PD patients and healthy adults) x (condition: simple EFE identification and EFE identification with a secondary task) factors. The within subjects variable was “condition”, and the between-subjects variable “group”. The dependent variable was the number of correct responses provided for all emotional faces.

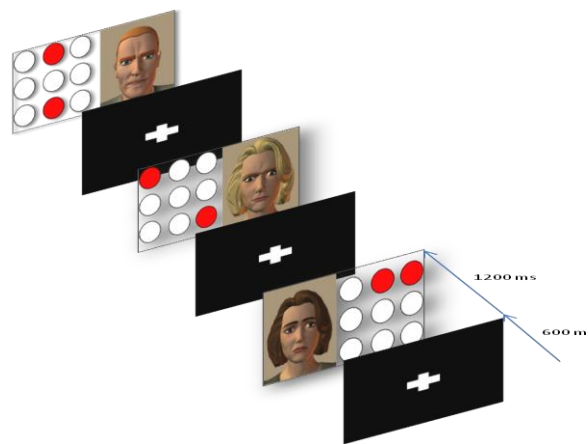


Figure 1. Examples of trials of EFE identification concurrent with the secondary task condition. With the aim to fix the attention first, appeared a black screen with a white plus sign simultaneously with a tone signal. After that, each EFE was displayed concurrent with a Corsi Blocks trial.

RESULTS

Corsi Blocks task

In order to ensure that the differences between the groups were not attributable to performance in the Corsi Blocks task, univariate ANOVA was performed. No significant differences were detected between the groups [$F(1,34)=1.15$, $MSE=37.65$, $p>0.291$, $\eta_p^2=0.03$], indicating that PD patients ($m=11.21$) and healthy adults ($m=13.35$) performed in a comparable manner in this test.

Identification of EFEs

The performance of the subjects in terms of the correct identification in both conditions (simple EFE identification and EFE identification with secondary task) is summarized for both groups in Fig. 2.

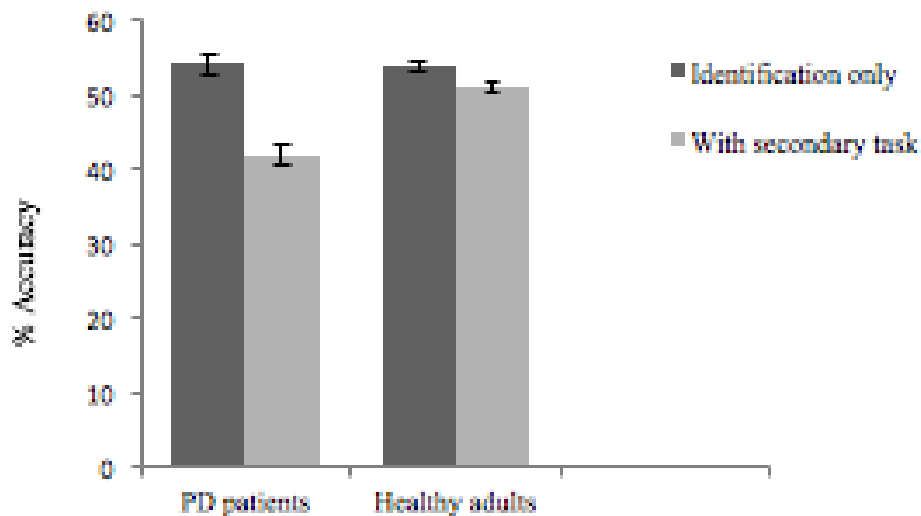


Figure 2. Accuracy rates for EFE identification (%) of PD patients and controls in the simple EFE identification task and the EFE identification with a secondary task.

ANOVA revealed a significant main effect of condition [$F(1,34)= 54.50$, $MSE=72.90$, $p>0.001$, $\eta_p^2=0.61$], indicating that all participants identified more emotional stimuli in the simple EFE identification condition ($m=13.03$) than when required to perform a concurrent secondary task ($m=11.11$). Moreover, a significant interaction was found between condition and group [$F(1,34)=12.63$, $MSE=16.90$, $p=0.001$, $\eta_p^2=0.27$]. To account for potential differences in DT performance due to effects already present at baseline, proportional DT costs (DTC) were calculated:

$DTC = ((ACC \text{ single} - ACC \text{ dual}) / ACC \text{ single}) \times 100$ [52]. The DTCs were analyzed by univariate ANOVA, revealing a main effect of group [$F(1,34)=12.75$, $MSE=7131.65$, $p=0.001$, $\eta_p^2=0.27$], indicating that DTCs were significantly higher in PD patients (~32%) than in healthy adults (~3.5%; Fig. 3).

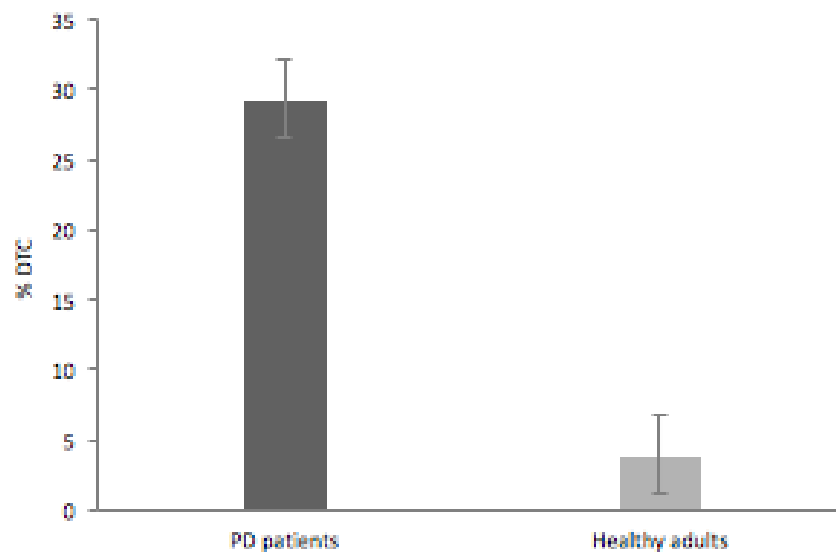


Figure 3. Differences in the proportional Dual Task Costs (DTC%) for EFE identification by PD patients and controls.

In conclusion, these results revealed no deficits in EFE identification in PD patients, although EFE identification in a DT condition was significantly impaired in these patients.

DISCUSSION

The effects of visuo-spatial interference on the ability to identify EFEs have been examined in both non-medicated PD patients and healthy adults. As predicted, the

identification of EFEs was significantly impaired in PD patients when compared with healthy adults, specifically when confronted with a visuo-spatial interference task in the DT condition.

Thus, while emotional processing appears to remain intact in the early stages of Parkinson's disease, impairments in EFE identification occur when cognitive resources are split between two tasks. Although no deficits in PD patients were evident in the simple EFE identification test, as supported by previous studies [20], deficits have been described by other authors, particularly in the processing of disgust [9–14]. It should be noted that simple EFE identification in PD patients can be influenced by many variables, including disease stage and medication. For example, when greater deficits in the identification of disgust were detected in unmedicated compared with medicated PD patients, both groups also differed in terms of disease stage [10]. Thus, more advanced disease progression may result in greater deficits in emotional recognition, which may be reduced with dopaminergic therapy.

As predicted, our findings in the DT condition demonstrated that PD patients exhibit functional deficits in identifying EFEs when confronted with simultaneous visual tasks that overload their visuospatial capacity. However, several important methodological limitations should be borne in mind when considering these findings. One of the principal criticisms of EFE identification research is the absence of ecological validity (i.e., the use of static images of facial expressions) without considering the processing of additional social information [53], as occurs in everyday social contexts. In fact, one of the main functions of nonverbal communication is to provide additional information to further understand the words and actions of others. Emotional facial expressions have been considered as a key signaling system that is processed simultaneously with information from multiple sources [54]. Indeed, from a cognitive point of view, divided

attention plays an important role in this type of processing. Given that PD patients exhibit attention deficits and problems in visual processing, the interference in our study may have been particularly strong [33, 34] since two visuo-spatial tasks were used. This may have led to cognitive overload in these patients that was reflected in a poorer performance.

The findings in DT conditions support the deficits we identified previously when normal elderly persons were compared with young adults [17]. However, this age related effect was significantly augmented in PD patients, reflecting a stronger potential interference associated with this disease. It is reasonable to assume that impaired frontal lobe activity mediates this effect. From a theoretical point of view, the Dual Task paradigm models the allocation of attention resources that are required to resolve two tasks simultaneously. When one of the two tasks consumes more resources, the execution of the other task is compromised, generating interference. Further research will be necessary to determine whether this interference has the same effect when primary and secondary tasks involve different modalities (e.g., a visuo-spatial emotional task and a secondary auditory task). The present findings represent an important contribution to our understanding of emotional processing in normal and pathological aging. Specifically, we demonstrate that intact cognitive resources are required for adequate emotional processing of stimuli that presumably represent universal facial expressions of emotion.

From a practical point of view, these results may help better understand the affective problems that arise in early Parkinson's disease.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was funded by a grant from the Ministerio de Ciencia e Innovación, Spain (Ref: PSI2009-13598-C02-01, Programa PSIC) awarded to Beatriz García-Rodríguez.

REFERENCES

- [1] Hoehn M, Yahr M. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967; 17(5):427–42.
- [2] Taylor AE, Saint-Cyr JA, Lang AE. Frontal lobe dysfunction in Parkinson's disease: the cortical focus of neostriatal outflow. *Brain* 1986; 109(5):845–83.
- [3] Farina E, Cappa SF, Polimeni M, Magni E, Canesi M, Zecchinelli A, et al. Frontal dysfunction in early Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand* 1994; 90(1):34–8.
- [4] Green J, McDonald WM, Vitek JL, Evatt M, Freeman A, Haber M, et al. Cognitive impairments in advanced PD without dementia. *Neurology* 2002; 59(9):1320–4.
- [5] Higginson CI, King DS, Levine D, Wheelock VL, Khamphay NO, Sigvardt KA. The relationship between executive function and verbal memory in Parkinson's disease. *Brain Cogn* 2003; 52(3): 343–52.
- [6] Zgarljardic DJ, Borod JC, Foldi NS, Mattis P. A review of the cognitive and behavioral sequelae of Parkinson's disease: relationship to frontostriatal circuitry. *Cogn Behav Neurol* 2003; 16(4): 193–210.
- [7] Lees AJ, Smith E. Cognitive deficits in the early stages of Parkinson's disease. *Brain* 1983; 106(2):257–70.
- [8] Cooper JA, Sagar HJ, Jordan N, Harvey NS, Sullivan EV. Cognitive impairment in early, untreated Parkinson's disease and its relationship to motor disability. *Brain* 1991; 114(5):2095–122.
- [9] Kan Y, Kawamura M, Hasegawa Y, Mochizuki S, Nakamura K. Recognition of

emotion from facial, prosodic and written verbal stimuli in Parkinson's disease. *Cortex* 2002; 38(4):623–30.

[10] Sprengelmeyer R, Young AW, Mahn K, Schroeder U, Woitalla D, Buttner T, et al. Facial expression recognition in people with medicated and unmedicated Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2003; 41(8):1047–57.

[11] Dujardin K, Blairy S, Defebvre L, Duhem S, Noel Y, Hess U, et al. Deficits in decoding emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2004; 42(2):239–50.

[12] Suzuki A, Hoshino T, Shigemasu K, Kawamura M. Disgust-specific impairment of facial expression recognition in Parkinson's disease. *Brain* 2006; 129:707–17.

[13] Assogna F, Pontieri FE, Caltagirone C, Spalletta G. The recognition of facial emotion expressions in Parkinson's disease. *Eur Neuropsychopharmacol* 2008; 18:835–48.

[14] Assogna F, Pontieri FE, Cravello L, Peppe A, Pierantozzi, Stefani A, et al. Intensitydependent facial emotion recognition and cognitive functions in Parkinson's disease. *J Int Neuropsychol Soc* 2010; 16:867–76.

[15] Lawrence AD, Goerendt IK, Brooks DJ. Impaired recognition of facial expressions of anger in Parkinson's disease patients acutely withdrawn from dopamine replacement therapy. *Neuropsychologia* 2007; 45:65–74.

[16] Phan KL, Wager T, Taylor SF, Liberzon I. Functional neuroanatomy of emotion: a metaanalysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage* 2002; 16:331–48.

[17] Phillips ML, Young AW, Senior C, Brammer M, Andrews C, Calder AJ, et al. A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature* 1997; 389:495–8.

- [18] Adolphs R, Tranel D, Damasio AR. Dissociable neural systems for recognizing emotions. *Brain Cogn* 2003; 52:61–9.
- [19] Wicker B, Keysers C, Plailly J, Royet JP, Gallese V, Rizzolatti G. Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron* 2003; 40:655–64.
- [20] Adolphs R, Schul R, Tranel D. Intact recognition of facial emotion in Parkinson's disease. *Neuropsychology* 1998; 12(2):253–8.
- [21] Pessoa L, McKenna M, Gutierrez E, Ungerleider LG. Neural processing of emotional faces requires attention. *Proc Natl Acad Sci USA* 2002; 99:11458–63.
- [22] Pessoa L, Ungerleider LG. Visual attention and emotional perception. In: Itti L, Rees G, Tsotsos JK, editors. *Neurobiology of attention*. San Diego, CA: Elsevier; 2005.
- [23] García-Rodríguez B, Fusari A, Rodríguez B, Zurdo Hernández JM, Ellgring H. Differential patterns of implicit emotional processing in Alzheimer's disease and healthy aging. *J Alzheimers Dis* 2009; 18(3):541–51.
- [24] Phillips LH, Tunstall M, Channon S. Exploring the role of working memory in dynamic social cue decoding using dual task methodology. *J Nonverbal Behav* 2007; 31(2):137–52.
- [25] Phillips LH, Channon S, Tunstall M, Hedenstrom A, Lyons K. The role of working memory in decoding emotions. *Emotion* 2008; 8(2):184–91.
- [26] García-Rodríguez B, Ellgring H, Fusari A, Frank A. The role of interference in identification of emotional facial expressions in normal ageing and dementia. *Eur J Cogn Psychol Aging Cogn Neurosci* 2009; 21(2–3):428–44.
- [27] García-Rodríguez B, Fusari A, Fernández-Guinea S, Frank A, Molina JA, Ellgring H. Decline of executive processes affects identification of emotional facial expressions in aging. *Curr Aging Sci* 2011; 4:70–5.

- [28] Buitelaar JK, van der Wees M, Swaab-Barneveld H, van der Gaag RJ. Verbal memory and performance IQ predict theory of mind and emotion recognition ability in children with autistic spectrum disorders and in psychiatric control children. *J Child Psychol Psychiatry* 1999; 20:869–81.
- [29] Haxby JV, Hoffman EA, Gobbini MI. The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn Sci* 2000; 4:223–33.
- [30] Maurer D, Le Grand R, Mondloch CJ. The many faces of configural processing. *Trends Cogn Sci* 2002; 6:255–60.
- [31] Curby KM, Gauthier I. A visual short-term memory advantage for faces. *Psychon Bull Rev* 2007; 14:620–8.
- [32] Morgan HM, Klein C, Boehm SG, Shapiro L, Linden DEJ. Working memory load for faces modulates P300, N170, and N250r. *J Cogn Neurosci* 2008; 20(6):989–1002.
- [33] Proctor F, Riklan M, Cooper IS, Teuber HL. Judgement of visual and postural vertical by Parkinsonian patients. *Neurology* 1964; 14:287–93.
- [34] Bowen FP, Hoehn MM, Yahr MD. Cerebral dominance in relation to tracking and tapping performance in patients with Parkinsonism. *Neurology* 1972; 22:32–9.
- [35] Horne DJ. Performance on delayed response tasks by patients with Parkinsonism. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1971; 34:192–4.
- [36] Danta G, Hilton RC. Judgement of the visual vertical and horizontal in patients with Parkinsonism. *Neurology* 1975; 25:43–7.
- [37] Flowers KA. Visual ‘closed-loop’ and ‘open-loop’ characteristics of voluntary movement in patients with Parkinsonism and intention tremor. *Brain* 1976; 99:269–310.
- [38] Pell MD, Leonard CL. Facial expression decoding in early Parkinson's disease. *Cogn Brain Res* 2005; 23:327–40.
- [39] Cousins R, Hanley J, Davies A, Turnbull C, Playfer J. Understanding memory for

faces in Parkinson's disease: the role of configural processing. *Neuropsychologia* 2000; 38:837–47.

[40] Salway AFS, Logie RH. Visuospatial working memory, movement control and executive demands. *Br J Psychol* 1995; 86:253–69.

[41] Hughes AJ, Daniel E, Kilford L, Lees A. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992; 55:181–4.

[42] Lobo A, Esquerro J, Gómez Burgada F, Sala JM, Seva A. El Mini-Exámen Cognoscitivo: un test sencillo y práctico para detectar alteraciones intelectuales en pacientes médicos. *Actas Luso Esp Neurol Psiquiatr* 1979; 3:189–202.

[43] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12 (3): 189–98.

[44] Blessed G, Tomlinson BE, Roth M. The association between quantitative measures of dementia and of senile changes in grey matter of elderly subjects. *Br J Psychiatry* 1968; 114:797–811.

[45] Sheikh JI, Yesavage JA. Geriatric Depression Scale (GDS): recent evidence and development of a shorter version. In: Brink TL, editor. *Clinical gerontology: a guide to assessment and intervention*. New York: Haworth Press; 1986.

[46] Yesavage JA, Brink TL, Rose TL. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatry Res* 1983; 17:37–49.

[47] Ekman P, Friesen WV. *The facial action coding system*. Palo Alto, California: Consult Psychology Press; 1978.

[48] Ekman P, Friesen WV, Hager JC. *Facial action coding system — investigator's guide*. Salt Lake City: Research Nexus; 2002.

- [49] Smyth MM, Scholey KA. Determining spatial span: the role of movement time and articulation rate. *Q J Exp Psychol* 1992; 45(A):479–501.
- [50] Orsini A, Schiappa O, Grossi D. Sex and cultural differences in children's spatial and verbal memory span. *Percept Mot Skills* 1981; 53(1):39–42.
- [51] Vilkki J, Holst P. Deficient programming in spatial learning after frontal lobe damage. *Neuropsychologia* 1989; 27:971–6.
- [52] Salthouse TA, Fristoe NM, Lineweaver TT, Coon VE. Aging of attention: does the ability to divide decline? *Mem Cognit* 1995; 23(1):59–71.
- [53] Adolphs R. Recognizing emotion from facial expressions: psychological and neurological mechanism. *Behav Cogn Neurosci Rev* 2002; 1:21–62.
- [54] Ekman P. Emotions revealed. U.K.: Weidenfeld & Nicolson; 2003.

Capítulo 7. [Estudio 4]. El efecto de las demandas atencionales en la identificación de las EFEs en la EA.

García-Rodríguez, B., Vincent, C., Casares Guillén, C.T., Ellgring, H., y Frank, A. (2012). The effects of different attentional demands in the identification of emotional facial expressions in Alzheimer's disease. *American Journal of Alzheimer Disease & Other Dementias*, 27, 530-536.

ABSTRACT

Alzheimer's disease (AD) is characterized by the progressive impairment of mental and emotional functions, including the processing of emotional facial expression (EFE). Deficits in decoding EFE are relevant in social contexts in which information from 2 or more sources may be processed simultaneously. To assess the role of contextual stimuli on EFE processing in AD, we analyzed the ability of patients with AD and healthy elderly adults to identify EFE when simultaneously performing another task.

Each of the 6 basic EFEs was presented to 15 patients with AD and 35 controls in a dual task paradigm that is in parallel with a visuospatial or a semantic task. Results show that the decoding of EFEs was impaired in patients with AD when they were simultaneously processing additional visuospatial information, yet not when they were performed in conjunction with a semantic task. These findings suggest that the capacity to interpret emotional states is impaired in AD.

KEYWORDS

Alzheimer's disease, emotional facial expressions, dual task performance, visuospatial/semantic interference

INTRODUCTION

Alzheimer's disease (AD) is a progressive neurodegenerative disorder that produces severe deficits in cognitive function, affecting memory, planning, working memory, attention, and communication. The deterioration of communication skills is directly related to deficits in the nonverbal communication of emotions, including the ability to recognize the emotional states of others¹, and more specifically the ability to interpret emotional facial expression (EFE).

The greatest known risk factor for AD is increasing age and indeed, the majority of patients with AD are over 65 years of age. The impact of aging on the ability to recognize EFE is well documented. Aging has been linked with impairment of the ability to identify facial expressions of anger, sadness, and fear but not happiness, surprise, or disgust²⁻⁴. The accepted hypothesis is that in normal aging, these specific deficits are induced by deterioration in brain areas that mediate emotional processing; sadness is processed via the anterior and subcallosal cingulate⁵, while fear and disgust are processed in the amygdala^{6,7} and basal ganglia,^{8,9} respectively. Structural and morphological brain damage in patients with AD is more pervasive than that observed in healthy aged adults, in these patients, affecting certain basic emotions more than others^{10,11}. Several studies have described specific deficits in patients with AD in identifying discrete emotional faces that is negative emotions¹²⁻¹⁴, with the exception of recognizing disgust, which is preserved¹⁵. Importantly, results can vary depending on the type of the EFE identification task employed. Thus, patients with AD exhibit deficits in EFE decoding in Tasks that demand a high level of cognitive effort, such as discrimination¹⁶ and matching,¹³ and these observations are supported by neuroimaging studies^{17,18} demonstrating damage to the emotional processing areas of AD brains. However, the origin and nature of this impairment remains unclear. When reviewing the

facial emotion recognition in AD¹⁹ several methodological inconsistencies in the literature were highlighted, arguing that the identification of deficits is dependent on the cognitive resources associated with each type of task (discriminating, matching, or identifying EFEs). Indeed, it was concluded that patients with AD have no difficulties in identifying particular EFEs, suggesting that studies in this area should employ tasks that more closely approximate to basic social interactions.

In social contexts, nonverbally communicated emotions are processed constantly, and they must be interpreted correctly during communication²⁰. This processing provides additional information to facilitate the interpretation of other people's words and actions in everyday life. As interpersonal communication takes place in parallel with other activities, information from various sources must be processed simultaneously (eg, decoding EFEs while linking them to verbal information). This continuous flow of information requires a network of processes that simultaneously manipulate and evaluate information from multiple sources. As EFE processing depends partly on the ability to split attention resources between at least 2 concurrent tasks, emotional dual task (DT) paradigms offer the most accurate means of assessing the processing of emotional stimuli that occurs in everyday life. The majority of studies investigating deficits in divided attention employ DT paradigms in which 2 tasks are performed individually or in combination. Studies of DT^{21,22} indicate that the division of attention is associated with a decrement in task performance, particularly when both tasks are of the same nature (eg, visual or semantic)²³. Our prediction that patients with AD perform poorly in attention-demanding tasks is supported by an abundance of behavioural and neurological data,²⁴⁻³⁰ demonstrating a disproportionate impairment in the simultaneous performance of 2 tasks.

Given that successful communication and appropriate interactions are dependent on the ability to detect and react to the affective state of others while processing information from additional sources, it is important to determine whether these fundamental processes are impaired in AD. As patients with AD exhibit deficits in the simultaneous performance of 2 tasks,^{31,32} functional deficits in EFE identification associated with this disease may influence the impaired interpersonal communication observed in these patients in social contexts.

The main objective of this study was to investigate the role of context stimuli in the interpretation of facial expressions by patients with AD. Specifically, we assessed the capacity of patients with AD to identify EFEs while simultaneously performing a visuospatial or semantic task. We predicted greater deficits in EFE identification in patients with AD when required to simultaneously process additional information. Moreover, we predicted greater DT impairment when EFE identification was performed in parallel with a visuospatial rather than a semantic task (ie, when both tasks depend on the same cognitive resources). This hypothesis was based on our previous studies of emotional processing,³³⁻³⁶ which revealed that neurological patients performed worse than healthy elderly adults in a DT paradigm, demonstrating that deficits in EFE identification are due to pathological effects rather than those of aging.

METHODS

Participants

The AD patient group was comprised of 15 individuals (9 female and 6 male), ranging in age from 65 to 85 years (mean, 76.87; standard deviation [SD], 6.64), who were recruited from the outpatient practices of the Hospital Universitario La Paz in Madrid. All patients had a diagnosis of probable AD according to National Institute of

Neurologic, Communicative Disorders and Stroke-Alzheimer's Disease and Related Disorders Association (NINCDS-ADRDA) criteria.³⁷ Individuals with a history of cerebrovascular accident, head injury, neurological disorders (other than AD), cardiovascular disease, chronic alcoholism, and/or drug abuse were excluded from the study. No participants were using neuroleptic medications, and all performed normally in general medical and neurological screening tests.

Inclusion criteria also included normal corrected eyesight and a mild stage of the disease process, as determined by the Mini-Mental State Examination³⁸ (MMSE) and the Blessed Dementia Scale³⁹ (BDS). The lower cutoff for mild impairment was 18 out of 30 and the mean MMSE score for participants with AD was 23.33 (SD, 3.37; range, 18-29). The control group was composed of 35 healthy adult volunteers (22 female and 13 male), from 66 to 85 years of age (mean, 73.86; SD, 3.94). The same criteria described above were applied to the control participants, with an MMSE score of 24 or higher as the cutoff for inclusion as a control participant to screen out individuals with undiagnosed clinical impairments^{40,41}. The mean MMSE score for the control group was 29.31 (SD, 0.71; range, 27-30). Participants in the control group were recruited from a variety of communitybased social organizations for the elderly individuals. An additional exclusion criteria for dementia was a BDS score >4. A final exclusion criterion for both groups was major depression, as indicated by scores >7 on the 15-item version of the Geriatric Depression Scale (GDS),^{42,43} and a diagnosis of any psychiatric disorder. Written informed consent was obtained from all participants or from caregivers when appropriate. Background data for both groups are presented in Table 1.

Table 1. Demographic Characteristics of Alzheimer’s Disease (AD) and Control Group

Characteristics	AD patients				Control group			
	No.	<i>M</i>	<i>SD</i>	Range	No.	<i>M</i>	<i>SD</i>	Range
Sex (male, female)	6,9				13,22			
Age (years)		76.87	6.64	65-85		73.86	3.94	66-85
Education (years)		9.20	6.20	1-19		13.17	6.48	5-40
MMSE score		23.33	3.37	18-29		29.31	0.71	27-30
GDS score		2.40	1.59	0-4		1.37	1.88	0-8
BDS score		5.57	3.33	0-16		0.34	0.77	0-4

^aMini-Mental State Examination; ^bGeriatric Depression Scale; ^cBlessed Dementia Scale
M, mean; SD, Standard deviation

The control and AD groups did not differ significantly in terms of age, $t_{(48)} = 1.99$, $p > .050$; gender ratio, AD: $\chi^2_{(1)} = 0.60$, $p > .05$; Control group: $\chi^2_{(1)} = 2.31$, $p > .050$; or years of education, $t_{(48)} = -2.00$, $p > .050$; or GDS $t_{(48)} = 1.85$, $p = .050$. As expected, significant differences in MMSE, $t_{(48)} = -10.09$, $p > .000$, and BDS scores, $t_{(48)} = 8.39$, $p > .000$, were observed between groups, demonstrating the impaired cognitive capacity of the AD group with respect to controls.

Experimental Tasks

Emotional facial expression identification task. The EFE identification was performed as described previously, thereby facilitating comparison with the present findings.³³⁻³⁶

In a forced-choice task, participants were presented 24 EFEs one at a time (4 representing each basic emotion: happiness, sadness, anger, fear, surprise, and disgust), and they were asked to identify the emotion that best described the target stimulus. The participants were provided with a response list with the names of the 6 emotions and they were given as much time as necessary to make their decision. The stimuli were

generated using a 3-dimensional (3D) imaging technique (Poser 6, Curious Labs, Santa Cruz, California), which creates virtual human faces whose expressions are determined by the single action units described in the handbook of the Facial Action Coding System (FACS).^{44,45} The emotions were portrayed by 4 virtual actors (2 male and 2 female avatars) and the expressions were enacted by an experienced FACS coder (Johannes Heiner Ellgring [JHE]), activating their virtual muscles with respect to single action units in the computer animation. These stimuli elicit facial electromyographical reactions⁴⁶ and amygdalar activation,⁴⁷ and thus they represent a valid method for producing standardized expressions of emotions for the assessment of emotional processing. The main dependent variable was accuracy (ie, the number of correct EFEs identified). The total score ranged from 0 to 4, with a maximum of 24 correct responses. “Correctness” was defined as an answer corresponding to the label given according to the Facial Action Units. The chance level was considered as 1 correct answer for a single emotion and 4 for the entire set of 24 items.

Visuospatial task (Corsi Blocks).

The Corsi Blocks (CB) task was used to create visuospatial interference. This task is commonly used to assess short-term visuospatial memory in adults, children, and patients with neuropsychological deficits. The CB task involves a representation of 9 circles in a 3 x 3 horizontal and vertical array. In each trial, a specific arrangement of the 9 circles (7 white and 2 red) was displayed, with the 2 red circles (targets) appearing in a predetermined sequence at a rate of 1 per second. Participants were asked to mark the correct sequence of the red circles on an answer sheet.

Semantic task (Backward Digit Recall).

For semantic interference, we used a backward version of the digit recall task (BDR), a commonly used measure of working memory. A total of 24 sequences of 2 digits (selected from 1 to 9 without repetition) were presented aurally at a rate of 1 per second from a recording of a male human voice. Participants were required to recall the digits in the reverse order of presentation. To calculate any loss in DT performance, all participants also performed the single tasks described above.

Dual Tasks

To experimentally simulate EFE processing in a social context, participants performed an EFE identification task while simultaneously processing a visuospatial or semantic task.

The EFE identification concurrent with a visuospatial task (EFE/ CB). Participants performed the EFE identification task concurrent with a CB trial. A total of 24 trials were conducted, each beginning with an acoustic signal, the tone “F” at a frequency of 500 Hz that lasted 150 ms. A visual signal was presented simultaneously, consisting of a white plus sign on a black screen that remained visible for 1200 ms. Subsequently, a black screen was displayed for 1200 ms beginning 600 ms prior to the EFE/CB trial. Each test was followed by another black screen displayed for 600 ms before the subsequent trial. Participants were required to indicate the sequence in the CB test and identify the EFE, always in this order. In each trial, the order of the EFE and the position (left or right) of the EFE and CB were randomized.

The EFE identification concurrent with a semantic task (EFE/ BDR). As in the EFE/CB DT, each EFE was displayed simultaneously with a BDR trial for 1200 ms. After a black screen was displayed for 600 ms, the participants were required to first indicate the sequence of the BDR and to then identify the EFE, always in this order.

Procedure

Before beginning the experiment, the aims of the study were explained to each participant and written informed consent was obtained. Participants were informed that they were free to terminate their participation in the study at any point, although this did not occur. The protocols for research involving human participants were approved by the Ethical Committee of the University (UNED).

The trials were split into 2 different sessions. In the first session, participants performed the single tasks and they were assessed using neuropsychological scales. The DT trials were performed in the second session and the order in which the tasks were presented was counterbalanced to avoid learning effects. All participants were tested individually in a quiet room and the experiment was conducted using a 17-inch color display. Stimulus presentation and data recording was controlled by E-prime software developed for this experiment, and instructions were given verbally and presented onscreen before each test condition. All responses were recorded by the experimenter.

Experimental Design

The experiment was of a mixed factorial design with 2 x 2 factors: group, AD patients and controls; condition, EFE identification concurrent with a visuospatial task and EFE identification concurrent with a semantic task. The withinsubjects variable was

“condition” and the between-subjects variable was “group.” The dependent variable was the number of correct responses provided for all EFEs.

RESULTS

The EFE Identification Tasks

A primary analysis compared the accuracy of patients with AD and control participants in EFE identification in the 3e conditions tested. The number of EFEs correctly identified revealed that patients with AD performed worse than healthy controls in the simple EFE identification task (12.27 vs 15.29, respectively), as well as when EFE identification was performed concurrent with a visuospatial task (9.47 vs 12.83, respectively) or a semantic task (10.07 vs 13.43, respectively; Figure 1).

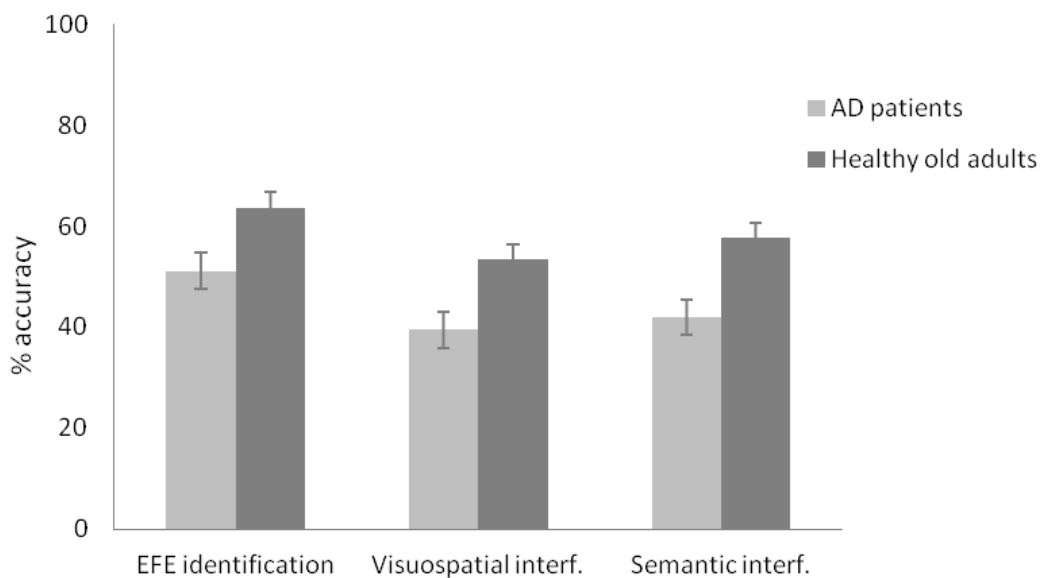


Figure 1. Accuracy of EFE identification (%) by patients with AD and control participants in the 3 experimental conditions. EFE indicates emotional facial expression; AD, Alzheimer’s disease.

Correct responses in each of the 3 conditions were analyzed by multivariate analysis of variance (MANOVA), which revealed significant differences in the single EFE identification task, $F(1, 48) = 6.48$, $MSE = 95.70$, $p < .050$, $\eta_p^2 = 0.11$, in the EFE identification concurrent with a visuospatial task, $F(1, 48) = 13.98$, $MSE = 118.67$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .22$, and in EFE identification concurrent with a semantic task, $F(1, 48) = 8.28$, $MSE = 118.67$, $p < .050$, $\eta_p^2 = .15$. Thus, the performance of patients with AD was significantly poorer than that of the control group in all conditions.

Visuospatial Task

The number of correct responses in the CB task was lower for patients with AD than their control counterparts in both the simple CB task (18.73 vs 23.51, respectively) and the CB DT (7.27 vs 14.51, respectively). The performance of patients with AD was significantly poorer than that of the control group in both conditions, and MANOVA revealed significant differences for the simple CB task, $F(1, 49) = 27.32$, $MSE = 240.00$, $P = .000$, $\eta_p^2 = .36$, and CB DT, $F(1, 49) = 26.64$, $MSE = 551.54$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .35$.

Semantic Task

Fewer correct responses were obtained from the patients with AD than the control group in the simple BDR task (23.97 vs 24, respectively), yet in the BDR DT (21.93 vs 23.69, respectively), the performance of the AD group was significantly poorer than that of the control group in the DT condition. Indeed, MANOVA revealed no significant differences in the single BDR task, $F(1, 49) = .42$, $MSE = .009$, $p > .050$, $\eta_p^2 = .00$, but a significant worsening in the performance of patients with AD in the BDR DT condition, $F(1, 49) = 8.97$, $MSE = 32.24$, $p < .005$, $\eta_p^2 = .15$.

Dual Task Performance

To determine whether the differences in DT performance can be attributed to effects already present at baseline or whether they are due to combining the tasks, and to account for the various strategies adopted when simultaneously performing 2 tasks, a formula has been proposed to calculate an overall decrement score: $\mu = (1 - [(P_m + P_t)/2]) * 100$, where μ is the combined DT score, P_m is the proportional decrease in correct EFE responses between single (X_{single}) and DT (X_{dual}) conditions $[(X_{\text{single}} - X_{\text{dual}})/X_{\text{single}}]$, and P_t is the equivalent proportional decrease in the scores of the visuospatial task (CB) or the semantic task (BDR) task.⁴⁸ Thus, a score of 100% indicates no change in the DT score, while lower scores reflect a decrease in this value. We calculated 2 new variables, for the DT combining EFE identification and a visuospatial task (EFE/CB), and for EFE identification combined with a semantic task (EFE/BDR). Analysis of these variables by MANOVA revealed larger decrement scores in the EFE/CB, $F(1, 49) = 7.77$, $MSE = 5709.72$, $p < .005$, $\eta_p^2 = .14$, than the EFE/BDR combination, $F(1, 49) = 4.00$, $MSE = 850.51$, $p > .050$, $\eta_p^2 = .08$, with significant differences between the 2 groups only in the former. When the EFE task was performed in conjunction with the CB task, the observed decrease in accuracy was greater in the AD group (47.44%) than in the control group (70.76%). However, when EFE identification was performed in parallel with the BDR task, similar decreases in accuracy were observed in AD and control groups (86.58% and 95.58%, respectively; Figure 2).

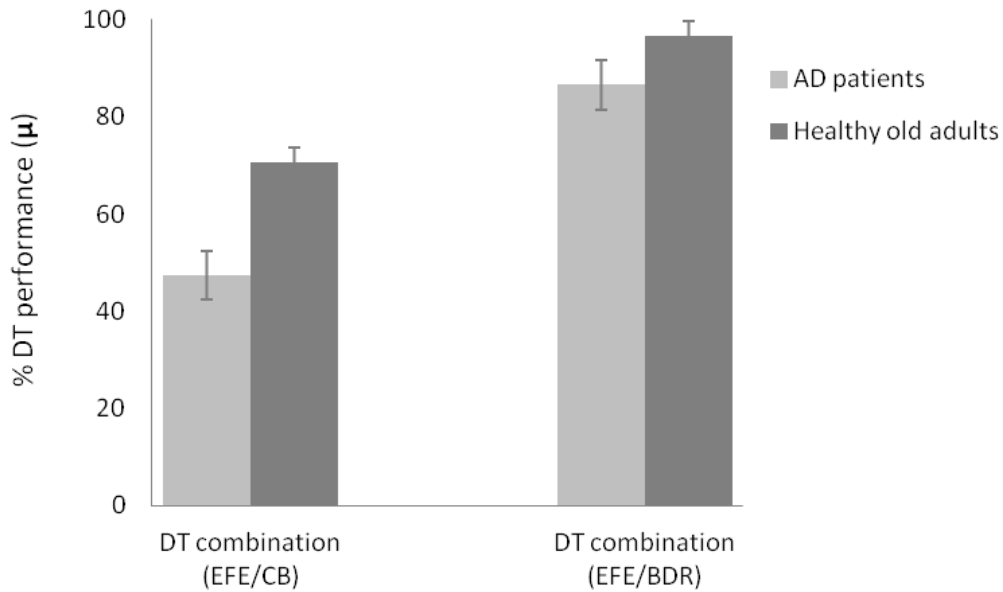


Figure 2. Performance (%) for each DT combination of the AD and control groups. DT indicates dual task; AD, Alzheimer's disease.

In summary, our results show that EFE identification is impaired in patients with AD as compared with controls, and that the performance of these patients decreases significantly and disproportionately when tested while concurrently performing a visuospatial but not a semantic task. These results suggest that patients with AD have more difficulty integrating information relating to affective states with other environmental stimuli, leading to difficulties in interpersonal communication.

DISCUSSION

The aim of the present study was to assess the role of context stimuli in the interpretation of EFEs by patients with AD. We assessed the capacity of both groups to identify EFEs while simultaneously processing other stimuli that occur during interpersonal communication. The performance of the AD group was significantly poorer than that of the control group in all experimental conditions, EFE identification both alone and in the DT conditions. These findings demonstrate that patients with AD

have difficulties identifying EFEs even when not processing additional information. In agreement with previous reports,^{5,49} these findings suggest that the specific neurodegeneration associated with AD may provoke such deficits, that is pathological alterations in the neural substrates underlying emotion processing impair EFE recognition. Analyzing EFE identification in DT conditions revealed that as predicted, patients with AD exhibited functional deficits in identifying emotional faces while simultaneously processing other stimuli. Moreover, when facial emotional processing was performed in parallel with another visuospatial task, competition for the same resources resulted in greater DT decrements than when the concurrent task was of semantic nature. This effect was especially evident in the AD patient group, suggesting that emotional processing is impaired in patients with AD when performed in parallel with a task of the same nature. This is probably an important factor in the social communication deficits described in patients with AD. The present findings corroborate those of our previous studies,³³⁻³⁶ demonstrating that neurodegenerative diseases are associated with deficits in emotional processing in complex stimuli contexts, particularly when processing 2 tasks of the same nature. These results challenge the proposed automaticity of emotional processing,⁵⁰ and show that cognitive resources are required to interpret the emotional content of stimuli, suggesting that emotional identification is a nonautomatic process dependent on cognitive state. The basic assumption of the DT paradigm is that automatic tasks are unaffected by simultaneous execution of another task. In AD patients, EFE identification and visuospatial processing were significantly impaired when performed concurrently, indicating that both are controlled processes that are dependent on normal cognitive resources. Moreover, in line with previous studies,²⁴⁻²⁶ we show that attentional control of executive function declines in the early stages of AD and that the performance of 2

simultaneous tasks is markedly impaired, suggesting specific DTprocessing deficits. A key aspect of the present study is the use of experimental tasks with significant ecological validity. The facial emotional processing system is constantly activated and ready,²⁰ and one of the key functions of this system is to accept or reject other messages, which involves the simultaneous processing of information from more than one source. This study identifies some of the specific challenges experienced by patients with AD when attempting to integrate affective information with normal cognitive activity.

The present findings represent an important contribution to our understanding of deficits in facial emotional recognition in with AD. Communication in everyday life depends on correct perception and interpretation of different emotional and nonemotional cues in a social context. Accurate interpretation of these cues plays an important role in maintaining successful relationships and healthy psychological function. The difficulties of AD patients in recognizing facial expressions may contribute to their impaired social behavior, resulting in poor communications and interpersonal relations, or inappropriate social behavior. Furthermore, EFE recognition may represent an important indicator of well-being and quality of life in these patients.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was funded by a grant from the Ministerio de Ciencia e Innovación, Spain (Ref: PSI2009-13598-C02-01, Programa PSIC) awarded to Beatriz García-Rodríguez.

Declaration of Conflicting Interests The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

REFERENCES

- [1] Shimokawa A, Yatomi N, Anamizu S, et al. Influence of deteriorating ability of emotional comprehension on interpersonal behavior in Alzheimer-type dementia. *Brain Cogn.* 2001; 47(3): 423-433.
- [2] Sullivan S, Ruffman T. Emotion recognition deficits in the elderly. *Int J Neurosci.* 2004; 114(3):403-432.
- [3] Ruffman T, Henry JD, Livingstone V, Phillips LH. A metaanalytic review of emotion recognition and aging: implications for neuropsychological models of aging. *Neurosci Biobehav Rev.* 2008; 32(4):863-881.
- [4] Suzuki A, Hoshino T, Shigemasu K, Kawamura M. Decline or improvement? Age-related differences in facial expressions recognition. *Biol Psychol.* 2007; 74(1):75-84.
- [5] Phan KL, Wager T, Taylor SF, Liberzon I. Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage.* 2002; 16(2):331-348.
- [6] Vuilleumier P, Pourtois G. Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia.* 2007; 45(1):174-194.
- [7] Whalen PJ, Rauch SL, Etcoff NL, McInerney SC, Lee MB, Jenike MA. Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *J Neurosci.* 1998; 18(1):411-418.
- [8] Phillips ML, Williams LM, Heining, et al. Differential neural responses to overt and covert presentations of facial expressions of fear and disgust. *Neuroimage.* 2004; 21(14):1484-1496.
- [9] Sprengelmayer R, Schroeder U, Young AW, Epplen JT. Disgust in pre-clinical Huntington's disease: a longitudinal study. *Neuropsychologia.* 2006; 44(4):518-533.

- [10] Adolphs R, Tranel D. Impaired judgments of sadness but not happiness following bilateral amygdala damage. *J Cognitive Neurosci*. 2004; 16(3):453-462.
- [11] Adolphs R, Tranel D, Hamann S, et al. Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. *Neuropsychologia*. 1999; 37(10):1111-1117.
- [12] Hargrave R, Maddock RJ, Stone V. Impaired recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer's disease. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 2002; 14(1):64-71.
- [13] Bucks RS, Radford SA. Emotion processing in Alzheimer's disease. *Aging Ment Health*. 2004; 8(3):222-232.
- [14] Burnham H, Hogervorst E. Recognition of facial expressions of emotion by patients with dementia of Alzheimer type. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2004; 18(1):75-79.
- [15] Henry JD, Ruffman T, McDonald S, et al. Recognition of disgust is selectively preserved in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*. 2008; 46(5):1363-1370.
- [16] Albert MS, Cohen C, Koff E. Perception of affect in patients with dementia of the Alzheimer's type. *Arch Neurol*. 1991; 48(8):791-795.
- [17] Lavenu I, Pasquier F, Lebert F, Petit H, Van der Linden M. Perception of emotion in frontotemporal dementia and Alzheimer disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord*. 1999; 13(2):96-101.
- [18] Rosen HJ, Wilson MR, Schauer GF, et al. Neuroanatomical correlates of impaired recognition of emotion in dementia. *Neuropsychologia*. 2006; 44(3):365-373.
- [19] McLellan T, Johnston L, Dalrymple-Alford J, Porter R. The recognition of facial emotion in Alzheimer's disease: a review of findings. *Acta Neuropsychiatr*. 2008; 20: 236-250.
- [20] Ekman P. *Emotions Revealed*. New York, NY: Henry Holt; 2003

- [21] Logie RH, Cocchini G, Della Sala S, Baddeley AD. Is there a specific executive capacity for dual task co-ordination? Evidence from Alzheimers´disease. *Neuropsychology*. 2004; 18(3):504-513.
- [22] Naveh-Benjamin M, Craik FI, Gavrilesco D, Anderson ND. Asymmetry between encoding and retrieval processes: evidence from divides attention and a calibration analysis. *Mem Cognit*. 2000; 28(6):965-976.
- [23] Salway AFS, Logie RH. Visuospatial working memory, movement control and executive demands. *Br J Psychol*. 1995; 86(pt 2):253-269.
- [24] Baddeley AD, Baddeley HA, Bucks RS, Wilcock GK. Attentional control in Alzheimer’s disease. *Brain*. 2001; 124(pt 8):1492-1508.
- [25] Baddeley AD, Bressi S, Della Sala S, Logie R, Spinnler H. The decline of working memory in Alzheimer’s disease: A longitudinal study. *Brain*. 1991; 114(pt 6):2521-2542.
- [26] Parasuraman R, Haxby J. Attention and executive deficits in Alzheimer’s disease: a review. *Neuropsychol*. 1993; 7:242-272.
- [27] MacPherson SE, Della Sala S, Logie RH, Wilcock GK. Specific AD impairment in concurrent performance of two memory task. *Cortex*. 2007; 43(7):858-865.
- [28] Ramsden CM, Kinesella GJ, Ong B, Storey E. Performance of everyday actions in mild Alzheimer’s disease. *Neuropsychology*. 2008; 22(1):17-26.
- [29] Baddeley A, Della Sala S, Papagno C, Spinnler H. Dual-task performance in dysexecutive and nondysexecutive patients with a frontal lesion. *Neuropsychology*. 1997; 11(2):187-194.
- [30] Adcock RA, Constable RT, Gore JC, Goldman-Rakic PS. Functional neuroanatomy of executive processes involved in dual-task performance. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2000; 97(7): 3567-3572.

- [31] Crossley M, Hiscock M, Foreman JB. Dual-task performance in early stage dementia: differential effects for automatized and effortful processing. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2004; 26:332-346.
- [32] Sebastian MV, Menor J, Elosua MR. Attentional dysfunction of the central executive in AD: evidence from dual task and perseveration errors. *Cortex*. 2006; 42(7):1015-1020.
- [33] García-Rodríguez B, Ellgring H, Fusari A, Frank A. The role of interference in identification of emotional facial expressions in normal ageing and dementia. *Eur J Cog Psychol Aging Cog Neurosci*. 2009; 21(2-3):428-444.
- [34] García-Rodríguez B, Fusari A, Fernández-Guinea S, Frank A, Molina JA, Ellgring H. Decline of executive processes affects identification of emotional facial expressions in aging. *Curr Aging Sci*. 2011; 4(1):70-75.
- [35] García-Rodríguez B, Casares C, Jurado R, Rubio G, Molina JA, Ellgring H. Visuo-spatial interference affects identification of emotional facial expressions in unmedicated Parkinson's patients. *J Neurol Sci*. 2012; 313(1-2):13-16.
- [36] García-Rodríguez B, Casares C, Molina JA, et al. Differential effects of dual tasks on emotional processing in non-medicated patients with Parkinson's disease. *Rev Neurología*. 2011; 53(6): 329-336.
- [37] McKhann G, Drachman D, Folstein M, Katzman R, Price D, Stadlan EM. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ADRDA Work Group under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's disease. *Neurology*. 1984; 34(7):939-944.
- [38] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state." A practical guide for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975; 12(3):189-198.

- [39] Blessed G, Tomlinson BE, Roth M. The association between quantitative measures of dementia and of senile changes in grey matter of elderly subjects. *Brit J Psychiatr.* 1968; 114(512):797-811.
- [40] Cullum CM, Smernoff EN, Lord SE. Utility and psychometric properties of the Mini-Mental Examination in healthy older adults. *J Clin Exp Neuropsych.* 1991; 13: 88-89.
- [41] Galasko D, Klauber MR, Hofstetter R, Salmon D, Lasker B, Thal LJ. The Mini-Mental State Examination in the early diagnosis of Alzheimer's disease. *Arch Neurol.* 1990; 47(1):49-52.
- [42] Sheikh JI, Yesavage JA. Geriatric Depression Scale (GDS): recent evidence and development of a shorter version. In: Brink TL, ed. *Clinical Gerontology: A Guide to Assessment and Intervention.* New York, NY: Haworth Press; 1986.
- [43] Yesavage JA, Brink TL, Rose TL. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatry Res.* 1983; 17(1):37-49.
- [44] Ekman P, Friesen WV. *The Facial Action Coding System.* Palo Alto, CA: Consult Psychology Press; 1978.
- [45] Ekman P, Friesen WV, Hager JC. *Facial Action Coding System— Investigator's Guide.* Research nexus. Salt lake City, UT, 2002.
- [46] Weyers P, Muhlberger A, Hefele C, Pauli P. Electromyographic responses to static and dynamic avatar emotional facial expressions. *Psychophysiology.* 2006; 43(5):450-453.
- [47] Moser E, Demtl E, Robinson S, Fink B, Gur RC, Grammer K. Amygdala activation at 3 T in response to human and avatar facial expressions of emotions. *J Neurosci Methods.* 2007; 161(1): 126-133.
- [48] Baddeley AD, Della Salla S, Colin G, Papagno C, Spinnler H. Testing central

executive functioning with a pencil-and-paper test. In: P. Rabbitt, ed. *Methodology of Frontal and Executive Functions*. Hove, UK: Psychology Press; 1997:61-80.

[49] Norris CJ, Chen EE, Zhu DC, Small SL, Cacioppo JT. The interaction of social and emotional processes in the brain. *J Cogn Neurosci*. 2004; 16(10):1818-1829.

[50] Öhman A. Automaticity and the amygdala: nonconscious responses to emotional faces. *Curr Dir Psychol Sci*. 2002;11: 62-66.

Capítulo 8. Conclusiones

El objetivo principal de la tesis ha sido investigar el papel modulador de los recursos cognitivos en el procesamiento de EFEs y su impacto en el envejecimiento normal y en la EA y EP. Para poder alcanzar este objetivo, se han desarrollado cuatro estudios experimentales en los que mediante un paradigma de DT se han estudiado las siguientes variables: (i) el momento de la introducción de la tarea secundaria durante el procesamiento de la EFE (codificación o recuperación) y, (ii) la naturaleza de la tarea secundaria (visual o verbal).

La hipótesis general defendida asume que el procesamiento de las EFEs se vería afectado por la situación de DT, en todos los grupos experimentales. A su vez, de manera específica, esperábamos encontrar: (i) mayores déficits en el procesamiento de EFEs cuando la tarea secundaria se presentara en el momento de codificación de la EFE; (ii) mayores déficits en el procesamiento de EFEs cuando la tarea secundaria fuese de naturaleza visual y; (iii) mayores déficits en el procesamiento de EFEs en función del deterioro cognitivo asociado al envejecimiento normal y a la enfermedad neurodegenerativa.

Tomados en conjunto, los datos obtenidos nos permiten confirmar dichas hipótesis, y extraer conclusiones, por un lado, respecto al papel de la DT en el procesamiento de las EFEs y, por otro, respecto su impacto en el envejecimiento sano y patológico.

En primer lugar, en relación al procesamiento de EFEs podemos concluir que:

- 1) La interferencia generada por una tarea secundaria durante el procesamiento de EFEs, provoca unos costes en dicho procesamiento. Este fenómeno acontece en todos los grupos experimentales, en mayor o menor medida, incluso en el de adultos jóvenes.

2) Los costes asociados a la interferencia de la tarea secundaria siempre son más elevados cuando la interferencia ocurre en el momento de codificación de la EFE, es decir, cuando ambas tareas se procesan de manera simultánea.

3) Los costes asociados a la interferencia de la tarea secundaria también son siempre más elevados cuando dicha tarea es de naturaleza visual.

En consonancia con estudios cognitivos previos sobre DT (Baddeley, et al., 1997; Cocchini, et al., 2002a; Cocchini, et al., 2002b; Cowan y Morey, 2007; Fougne y Marois, 2006; Fougne y Marois, 2009), nuestros resultados muestran una disminución en el rendimiento de los participantes como consecuencia de la interferencia generada por la tarea secundaria. La existencia de costes debidos a la DT, nos permite afirmar que el procesamiento de EFEs, en situaciones estímulares complejas, no tiene un carácter tan automático como algunos autores habían supuesto (e.g. Öhman, 2002) y demanda la intervención de recursos cognitivos como la memoria de trabajo (MT). Así, la correcta ejecución de la DT se vincula con el correcto funcionamiento de la MT (Baddeley, 1986; Baddeley y Hitch, 1974), cuyo modelo de memoria nos permite explicar cómo mantenemos y manipulamos la información durante un breve periodo de tiempo mientras realizamos una o varias tareas simultáneamente. Cuando hablamos de DT, es el ejecutivo central, elemento central en el modelo de Baddeley (1986), el que se encarga de la coordinación de ambas tareas y la asignación de la cantidad necesaria de recursos cognitivos a cada una de ellas.

Así, cuando ambas tareas son codificadas al mismo tiempo y, por tanto, requieren la división de la atención entre la codificación de la EFE y la tarea secundaria, los costes asociados son significativamente mayores, es decir, se produce una mayor interferencia debido a que los recursos atencionales administrados por el ejecutivo central compiten

en el procesamiento simultáneo de ambas tareas. Sin embargo, cuando la codificación no es simultánea y los recursos atencionales no compiten en el mismo momento temporal, la ejecución no se ve afectada en la misma proporción. Este fenómeno ha sido explicado por la limitación del ejecutivo central para gestionar una capacidad atencional limitada (Baddeley, 1986; Fougne y Marois, 2011; Pashler, 1994), y que se vería sobrepasada por el solapamiento en la codificación de dos tareas concurrentes (Cowan y Morey, 2007)

Del mismo modo, en cuanto a la naturaleza de la tarea secundaria, hemos comprobado que existe una mayor interferencia cuando ambas tareas son de la misma naturaleza, es decir, cuando la naturaleza de la tarea secundaria también es visual. Por el contrario, cuando la tarea secundaria es de naturaleza verbal, la interferencia que genera en el procesamiento de EFEs es menor, dado que ésta es una tarea visual y por tanto no afecta en la misma medida la limitación propia de cada sistema de almacenamiento (el bucle fonológico y/o la agenda visoespacial) de la MT. Estos datos coinciden con trabajos previos donde se ha podido demostrar que los costes en DT son mayores cuando las dos tareas son de la misma naturaleza sensorial (e.g. Fougne y Marois, 2006; Salway y Logie, 1995) y compiten por el mismo tipo de recursos cognitivos. Una explicación aportada desde los estudios de neuroimagen sugiere que cuando la tarea demanda los mismos recursos cognitivos, hay una activación simultánea de las mismas áreas del córtex, como el lóbulo frontal y parietal, que provocaría la interferencia y los costes asociados a la DT (e.g. Klingberg, 1998).

En segundo lugar, respecto al impacto de la DT en el envejecimiento sano y patológico, nuestros datos muestran que:

1) Las personas mayores sanas (Estudio 1) tuvieron un peor rendimiento que los adultos jóvenes en todas las condiciones experimentales. Estas diferencias fueron significativas en todos los casos, excepto cuando se estudiaron los costes de la condición de DT durante la recuperación con interferencia verbal, es decir, cuando las dos tareas no competían al mismo tiempo por los mismos recursos cognitivos. Por el contrario, la mayor diferencia entre grupos apareció en la condición de DT durante la codificación con interferencia visual, es decir, cuando tuvieron que dividir su atención para procesar las dos tareas al mismo tiempo y además eran de la misma naturaleza. Estos resultados nos sugieren que los déficits encontrados en el procesamiento de EFEs en mayores sanos, podrían relacionarse con el declive cognitivo asociado a la edad.

2) Los pacientes de EP (Estudio 2 y Estudio 3), también presentaron dificultad para reconocer las EFEs bajo situaciones de DT. Así, todos los participantes tuvieron peor rendimiento en el procesamiento de EFEs cuando tenían que realizar de manera simultánea la tarea visual, siendo significativamente peor su actuación que la de los mayores sanos, cuando tuvieron que dividir su atención. Como sabemos (Kemps, Szmalec, Vandierendonck y Crevits, 2005) los pacientes de EP tienen, entre otros déficits cognitivos, dificultades para el manejo de la agenda visoespacial. Por ese motivo, en el Estudio 2 para comprobar que los déficits encontrados no se debían a una sobrecarga de la agenda visoespacial, además, se analizaron los datos de la tarea secundaria. Los resultados mostraron que respecto a los mayores sanos, el rendimiento de los pacientes de EP fue peor en la tarea de los BC, la cual se vio afectada negativamente por la situación de DT. Resumiendo, parece que los pacientes con EP muestran el mismo patrón de deterioro que las personas mayores, pero más acentuado. Este deterioro frente al grupo de mayores sanos podría relacionarse con los déficits visoespaciales asociados a la enfermedad.

3) Por último y respecto a los pacientes de EA (Estudio 4), hay que señalar que tuvieron un peor rendimiento respecto a los mayores sanos en todas las condiciones experimentales, tanto en las simples como en las condiciones de DT. Para determinar qué porcentaje del déficit era debido a la situación de DT, se analizaron los costes. Los resultados de este análisis pusieron de manifiesto que los pacientes de EA tienen un decremento significativo en su eficacia para realizar la tarea de identificar EFEs de manera simultánea a la tarea visual. Sin embargo, no existieron diferencias significativas en los costes cuando la identificación de EFEs se realizó junto a la tarea verbal.

En resumen, los resultados respecto al envejecimiento sano y patológico apuntan en la misma dirección de lo anteriormente expuesto, la elevada demanda de recursos cognitivos por la situación de DT genera una pérdida en la eficacia en el procesamiento de EFEs, lo que conlleva un rendimiento significativamente peor para las personas mayores sanas respecto a los adultos jóvenes y para los pacientes de EA y EP en relación a mayores cognitivamente sanos. En línea con nuestros estudios previos (García-Rodríguez, et al., 2008; 2009a; 2009b; 2011), parece que el declive cognitivo asociado a la edad y, en mayor medida, a la enfermedad neurodegenerativa podría estar en la base de las dificultades encontradas para procesar EFEs en estos grupos de participantes.

Estos resultados, nos abren la puerta a una discusión teórica centrada en el tipo de déficit mostrado por nuestros participantes para procesar EFEs. Fundamentalmente, podemos confirmar que dicho déficit está asociado a situaciones de atención dividida, y por tanto, podría ser debido a las limitaciones del ejecutivo central, muy sensible al deterioro del lóbulo frontal (Stuss y Alexander, 2000) causado, entre otros, por el envejecimiento y la enfermedad neurodegenerativa (Baddeley, Bressi, Della Sala, Logie

y Spinnler, 1991; Baddeley y Della Sala, 1996). Así como, a las dificultades para la regulación *top-down* por parte de la corteza prefrontal que afectaría, entre otros, al funcionamiento de la memoria de trabajo (Gazzaley, 2013; Gazzaley y D'Exposito, 2007), y que se reflejaría en su ineficacia para coordinar dos tareas simultáneamente (Salthouse, 2000; Salthouse, Fristoe, Lineweaver, y Coon, 1995). Esto se manifiesta de manera destacada en la EP (Assogna, et al., 2008; Assogna, et al., 2010; Clark, et al., 2008; Clark, et al., 2010; Gray y Degnen, 2010), donde el tipo de déficit cognitivo asociado a la enfermedad podría estar en la base del deterioro en el procesamiento de las EFEs. Parece que los pacientes ya desde el comienzo de la enfermedad (en este punto me gustaría recordar que nuestros pacientes de EP estaban recién diagnosticados y todavía sin medicar) pueden tener dificultad para reconocer EFEs, como consecuencia de su déficit ejecutivo (Dalrymple-Alford, Kalders, y Jones, y Watson, 1994; Kudlicka Clare y Hindle, 2011), que les impide distribuir de manera adecuada los recursos atencionales para reconocer la cara emocional y realizar la otra tarea visual. Y, por el contrario, no presentarían un deterioro para reconocer las emociones, *per se*, sino para hacerlo en contextos complejos que demandan un control ejecutivo por parte del individuo. Otra interpretación teórica proviene de autores (e.g. Wu y Hallet, 2009) que defienden que estos pacientes tienen su capacidad atencional relativamente preservada, pero ejecutan las tareas menos automáticamente que los sujetos sanos. Según estos autores, los pacientes usan más recursos atencionales para cada una de las tareas lo que hace más difícil su coordinación simultánea. En este sentido, se ha abierto una línea de investigación sobre la EP cuyo objetivo es investigar los déficits en el procesamiento automático de la información, que aunque menos evidente, podrían ser los causantes de la disfunción ejecutiva característica de estos pacientes. En línea con esta postura, varios trabajos (Myers, et al., 2003; Osman, Wilkinson, Beigi, Castaneda, y Jahanshahi, 2008;

Soliveri, Brown, Jahanshahi, Caraceni, y Marsden, 1997; Swainson, et al., 2000) ya han señalado que los pacientes de EP, presentan dificultades para aprender nuevos automatismos, así como para conservar hábitos o conductas automáticas previamente adquiridas, y que tendrían una relación directa con la severidad de la enfermedad. Sin embargo y en nuestra opinión, esta explicación no es adecuada para interpretar nuestros resultados, puesto que los datos apuntan claramente a que la habilidad de entender las expresiones emocionales no es un proceso automático y que la eficacia depende de los recursos cognitivos disponibles, fenómeno que aparece no sólo en los pacientes de EP sino en los mayores cognitivamente sanos e incluso en los adultos jóvenes, que ven afectado su rendimiento por la situación de DT.

Respecto a los pacientes de EA, hemos comprobado que tienen dificultades para identificar EFEs incluso en situaciones donde la EFE aparece de manera aislada. Este hecho podría explicarse por el mayor deterioro cognitivo asociado a los cambios neuropatológicos típicos de esta enfermedad (Klein-Koerkampa, et al., 2012), que limitarían en gran medida su capacidad para reconocer emociones. Así, en mayor medida que los pacientes de EP, los pacientes de EA tienen comprometida su capacidad para identificar EFEs en situaciones de DT (Baddeley, Baddeley, Bucks, y Wilcock, 2001; MacPherson, et al., 2007), lo que llevado al plano social y comunicativo, dificultaría la codificación del estado emocional de su interlocutor, provocando un deterioro en la vida socio-emocional de estos pacientes.

De manera alternativa a la posición teórica aquí asumida, se han dado otro tipo de argumentaciones para explicar el deterioro que aparece en el procesamiento de EFEs en el envejecimiento. Algunos autores defienden que las diferencias encontradas entre los mayores sanos y los adultos jóvenes, no se explicarían por el peor funcionamiento de estructuras como la corteza prefrontal (Mather, 2016) sino que se relacionan con la

utilización de diferentes tipos de estrategias cognitivas a la hora de procesar los estímulos emocionales, tendiendo a la priorización de los estímulos positivos frente a los negativos (Mather, 2012; Nashiro, 2012). Es decir, el denominado “*efecto de positividad*” encontrado en la literatura (Carstensen et al., 2003) no sería causado por el peor funcionamiento de estructuras relacionadas con el procesamiento de la emoción, como la amígdala o la corteza prefrontal, sino por la mejora en la capacidad de regulación de la actividad emocional (St. Jaques, et al., 2013), posiblemente consecuencia de una compensación funcional del cerebro que aumenta la función de la corteza prefrontal frente a la disminución de la actividad de la amígdala ante estímulos negativos. Con los datos aportados por nuestros estudios no podemos posicionarnos al respecto, ya que no hemos estudiado sistemáticamente el efecto de la valencia del estímulo afectivo por diversas causas, como por ejemplo, la necesidad de incluir más presentaciones en cada condición experimental ya que podrían inevitablemente conducirnos a efectos de fatiga. Sin embargo, desde nuestra posición teórica entendemos que las diferencias encontradas en el envejecimiento son consecuencia, entre otros aspectos, de la complejidad de la tarea (Sassi, Campoy, Castillo, Inuggi, y Fuentes, 2014) o el funcionamiento cognitivo del individuo (Labouvie-Vief, 2009). Es más, pensamos que la composición estimular de cada expresión emocional podría repercutir en la identificación de las emociones discretas y podría estar en la base de dicho “*efecto de positividad*”. Como hemos comentado en la parte introductoria, el FACS (Ekman y Friesen, 1978) representa el número de movimientos de los músculos faciales (UAs) que contiene cada una de las emociones básicas. Desde el punto de vista de los recursos cognitivos, consideramos un aspecto relevante el número de UAs que contiene cada emoción, y que podría dificultar la tarea de identificar EFes. Esto se

corresponde con el mayor número de UAs de las emociones negativas, y podría explicar la peor ejecución en la identificación de emociones como el miedo o la tristeza.

En cualquier caso, el conjunto de datos aportados nos permiten concluir con bastante contundencia que el procesamiento de las expresiones emocionales depende de los recursos cognitivos disponibles y, por tanto, no es un procesamiento automático. Sin embargo, en nuestra opinión, no se trata de una discusión dicotómica entre procesamiento automático *versus* procesamiento controlado. No todos los estímulos emocionales se procesan de la misma manera, sino que creemos que el procesamiento emocional está en función de las características del estímulo emocional y de la relevancia biológica que tenga para el individuo. Desde un punto de vista fisiológico, por tanto, no se entiende una única vía subcortical en el procesamiento de las emociones “*low road*” tradicionalmente relacionada con la amígdala, sino la existencia de varias vías “*many roads*” que incluyen otras áreas corticales (Pessoa y Adolphs, 2010). Así, según la inmediatez o no de la respuesta del individuo que demande cada situación potencialmente emocional, será necesaria un tipo de respuesta u otro. Si nos enfrentamos a estímulos que nos demandan una respuesta inmediata en el tiempo sería probablemente imprescindible que procesásemos el estímulo de manera muy rápida, a costa de ser poco precisos en nuestra respuesta (por ejemplo, el clásico ejemplo de Öhman y la serpiente en el jardín). Situación distinta es por ejemplo, tener miedo a padecer una enfermedad en el futuro. Aunque este pensamiento nos lleve a la acción, por ejemplo, revisiones médicas, mejorar el estilo de vida, etc., esta situación no nos demanda una reacción eficaz en milisegundos, por tanto, aquí esta emoción de miedo surgiría de un procesamiento controlado de la información, donde los pensamientos o la carga cognitiva relacionada con la experiencia previa de cada individuo jugaría un papel esencial.

En línea con este punto de vista, se ha cuestionado (Pessoa, 2013, 2015) la tradicional idea de un “modelo de procesamiento dual”, que diferencia entre áreas cerebrales ligadas al procesamiento de las emociones y áreas cerebrales ligadas a otras funciones cognitivas. Hoy por hoy, sabemos que la función de la amígdala va más allá del procesamiento emocional y que participa de manera directa en una red cerebral extensa, en la que trabaja junto a distintas áreas corticales como la corteza prefrontal, en las interacciones cognitivo-emocionales de nuestro cerebro (Pessoa, 2010). Es más, parece que la corteza prefrontal, no solo se relaciona con el procesamiento de estímulos emocionales, o la toma de decisiones emocionales, sino que también se conecta de manera directa en la identificación de EFEs cuando se procesan bajo una DT (Hermann, Neueder, Troeller y Schulz, 2016). En este sentido, la corteza prefrontal podría jugar un papel modulador en el procesamiento de EFEs, dependiendo del contexto y/o de la complejidad de la tarea. Así, el nuevo acercamiento de la Neurociencia Afectiva a las emociones pasa por entender nuestro cerebro como una red donde se coordinan áreas que en el pasado se entendían como estructuras cerebrales individuales y que formaban piezas compartimentadas de distintas áreas del cerebro. De este modo, parece que la dicotomía entre procesamiento automático y procesamiento controlado es una simplificación excesiva de nuestro funcionamiento cerebral y que, para ser aclarada definitivamente, necesita continuar siendo investigada (Keren y Shul, 2009).

Capítulo 9. Discusión final

En suma, nuestros resultados aportan evidencia empírica de la interacción entre procesamiento emocional y cognición. Tomados en su conjunto, nos posibilitan realizar una serie de reflexiones finales en relación a la automaticidad de las emociones y su impacto en el envejecimiento sano y patológico.

En primer lugar, hemos abierto una nueva línea de investigación en emoción que nos permite conocer con mayor profundidad el funcionamiento de nuestra capacidad para identificar expresiones emocionales. Como se ha comentado anteriormente, dado el carácter universal de las EFEs (Ekman, 1972), éstas son el estímulo óptimo que nos permite estudiar las emociones garantizando que dejamos a un lado cualquier connotación de tipo ambiental, contextual o cultural. En este sentido, la tesis tiene una finalidad teórica y los estudios experimentales que se aportan intentan arrojar luz a un fenómeno complejo, como es la automaticidad o no del procesamiento emocional. Una discusión añadida a este respecto, se encuentra en la voluntariedad que se le presume al procesamiento emocional de las EFEs. Es cierto, tal y como ya señaló Ekman (2003) que el procesamiento de EFEs es involuntario y se define como un sistema siempre “*on*”, es decir, siempre estamos procesando las emociones de los otros. Sin embargo, creemos que esto no deberíamos confundirlo con la automaticidad del procesamiento, ya que hemos comprobado que cuando fallan los recursos cognitivos, como en el caso de las personas mayores y especialmente en los pacientes de EA y EP, hay déficits en la comprensión emocional de los rostros. Es decir, la falta de automaticidad que entendemos tiene el procesamiento de EFEs en contextos de DT, no implica que entendamos que el procesamiento de EFEs deba ser voluntario. Obviamente, está fuera de nuestro control voluntario procesar las EFEs que están en nuestro contexto, ya que es conocida y documentada la primacía que tienen los estímulos emocionales frente a los

neutrales para el ser humano (Bargh, Chaiken, Govender y Pratto, 1992; Bargh, Chaiken, Raymond y Hymes, 1996; Zajonc, 2000). Sin embargo, si creemos compatible, que el procesamiento de la EFE se pueda realizar de manera involuntaria y a la vez requiera de recursos cognitivos para su correcta ejecución.

Por otro lado, entendemos que los resultados aquí encontrados no son necesariamente generalizables a otro tipo de estímulos emocionales, como por ejemplo la prosodia de un discurso, una determinada escena visual, etc. Si bien es cierto que las dificultades encontradas en el procesamiento de EFEs en el envejecimiento (Ruffman, et al., 2008) se han encontrado con otro tipo de estímulos afectivos, en nuestro caso, creemos que sería necesaria la realización de nuevos estudios experimentales, que pudieran confirmar nuestras hipótesis.

En segundo lugar, pensamos que esta tesis muestra una tecnología novedosa (García, et al., 2009a; García, et al., 2011) en el estudio del procesamiento emocional y que proporciona un valor añadido a la tesis y a los resultados que de ella se desprenden. Estudiar las emociones bajo un paradigma de DT, nos ha permitido acercarnos al fenómeno emocional desde una perspectiva más natural y ecológica (Isaacowitz, y Stanley, 2011; Ruffman, 2011) y similar a tal y como acontece en las situaciones de la vida real, donde los individuos procesan EFEs de manera concurrente a otra información ambiental. A su vez, evita una de las principales críticas metodológicas que se han hecho a trabajos experimentales sobre emociones, como ha sido la falta de validez ecológica, por ejemplo, al trabajar con imágenes aisladas, sin considerar el procesamiento de la información social adicional (Adolphs, 2002b).

En tercer lugar, este trabajo nos permite conocer los cambios que aparecen en la habilidad de identificar emociones cuando se envejece y especialmente cuando el envejecimiento conlleva severos daños cerebrales.

En este sentido, queremos poner de relieve las limitaciones que ha supuesto trabajar con este tipo de muestra. Como era de esperar, los pacientes neurodegenerativos han condicionado nuestro trabajo tanto en la obtención del número adecuado de participantes para cada estudio como, a nivel metodológico, en la elaboración de las tareas experimentales. En el caso de los pacientes de EP por ser pacientes recién diagnosticados y no medicados, fue una muestra difícil de conseguir. En cuanto a los pacientes de EA, la limitación surgió por el deterioro cognitivo asociado a su enfermedad y su fatiga excesiva ante la situación experimental.

Sin embargo, a pesar de las limitaciones, este trabajo permite comprender los déficits reales que encuentran las personas mayores y los pacientes neurodegenerativos en su vida cotidiana cuando intentan integrar la información afectiva con su actividad cognitiva habitual. La dificultad que muestran para percibir y reconocer adecuadamente las emociones en los demás, les puede acarrear severas consecuencias en el plano interpersonal. Así, dicho deterioro podría provocar una pérdida de la capacidad comunicativa de los individuos, derivando en un peor funcionamiento social y emocional, peor calidad de vida y que en casos extremos en su aislamiento social.

Desde un punto de vista aplicado, el conocimiento por parte de los profesionales y las familias de este tipo de déficits les puede ayudar a enfocar su ayuda, en estos aspectos, con el fin de mejorar la comunicación con estos pacientes y aminorar los efectos del envejecimiento y/o de la enfermedad. Así, los resultados de la presente tesis ponen de relieve la importancia de la evaluación e intervención de los procesos de

identificación emocional en mayores, pacientes EA y EP, así como en otras formas de deterioro cognitivo como el Deterioro Cognitivo Leve, a menudo antesala de la demencia. La finalidad sería el diseño de programas de intervención específicos para mejorar su calidad comunicativa, desde una mejora de sus habilidades para reconocer emociones, y generalizarlo a su vida cotidiana. Así mismo, se podría informar y dar pautas a los familiares sobre la forma más óptima para relacionarse y dirigirse a ellos, con el fin de tener una comunicación lo más satisfactoria posible.

Por último, queremos destacar la relevancia de nuestro trabajo de cara a futuras investigaciones. Somos conscientes que el alcance teórico de nuestros resultados entraña la necesidad de seguir investigando en esta misma dirección. En nuestra opinión, se abre una nueva línea de investigación que no ha de concluir aquí, sino que creemos es el inicio de un nuevo camino en el estudio de las emociones. De manera indiscutible, podemos concluir que la capacidad para identificar emociones, y en concreto expresiones emocionales en el rostro, se ve afectada cuando la capacidad cognitiva se encuentra comprometida y por tanto, no es un proceso automático. Sin embargo, en el futuro deberemos poder responder a cuestiones que hemos planteado y que todavía quedan sin contestar como, por ejemplo, la influencia en las distintas emociones discretas. Del mismo modo, en el futuro deberemos ser capaces de incluir nuestras argumentaciones teóricas dentro de teorías explicativas más amplias. Para ello, nos será de utilidad la aportación de las técnicas de neuroimagen, que nos proporcionarán información directa de los substratos cerebrales subyacentes a la identificación de EFEs en situaciones estimulares complejas. La implicación de áreas corticales en el procesamiento de EFEs, apoyaría los resultados expuestos en la presente tesis y arrojaría luz en el debate abierto sobre la automaticidad del procesamiento emocional y las interacciones cognitivo-emocionales.

Capítulo 10. Conclusions

The main aim of the thesis was to investigate the modulatory role of cognitive resources on EFEs processing and its impact on normal aging, AD and PD. To achieve this goal, had been developed four experimental studies in which, through a DT paradigm, have been studied the following variables: (i) the time of the introduction of the secondary task during EFE processing (encoding or retrieval) and (ii) the nature of the secondary task (visual or verbal).

The general hypothesis defended assumes that EFEs processing would be affected by the DT situation, in all experimental groups. As well, specifically, we expected to find: (i) higher deficits in EFEs processing when the secondary task was presented at the time of EFE encoding; (ii) higher deficits in EFEs processing when the secondary task had visual nature and, (iii) higher deficits in EFEs processing according to the cognitive decline associated with normal aging and neurodegenerative disease.

Overall, the data obtained allow us to confirm these hypotheses, and draw conclusions on the one hand, regards the role of DT on EFEs processing and, on the other hand, regarding their impact on the healthy and pathological aging.

First, in relation to the processing of EFEs we can conclude that:

- 1) The interference generated by a secondary task during EFEs processing, causes a cost in such processing. This occurs in all experimental groups even in young adults group.
- 2) The costs associated with the secondary task interference, are higher when interference occurs at the time of EFE encoding, that is, when both tasks are processed simultaneously.

3) The costs associated with the secondary task interference, are higher when the task has visual nature.

In line with previous cognitive studies about DT (Baddeley, et al., 1997; Cocchini, et al, 2002a; Cocchini, et al, 2002b; Cowan and Morey, 2007; Fougne and Marois, 2006; Fougne and Marois, 2009), our results show a decrease in performance of the participants as a result of the interference generated by the secondary task. The existence of costs due to DT, allow us to affirm that EFEs processing, in complex situations, has no such automatic character as some authors had assumed (e.g. Öhman, 2002) and demand the intervention of cognitive resources, such as working memory (WM). Thus, the proper performance of DT, is linked to the appropriate functioning of the WM (Baddeley, 1986; Baddeley and Hitch, 1974), whose memory model allows us to explain how we maintain and manipulate information during a short period of time while we perform one or more tasks simultaneously. When we speak about DT, the central executive it's the main element into Baddeley's model (1986), which is responsible for the coordination of both tasks and allocate the necessary amount of cognitive resource to each one.

Thus, when both tasks are encoded simultaneously and, therefore require the division of attention between EFE encoding and the secondary task, the associated costs are significantly higher, i.e. occurs more interference because attentional resources managed by the central executive compete in the simultaneous processing of both tasks. However, when the encoding is not simultaneous and attentional resources not compete at the same time, the performance is not affected to the same degree. This phenomenon has been explained by the limitation of the central executive to manage a limited attentional capacity (Baddeley, 1986; Fougne and Marois, 2011; Pashler, 1994), and

would be exceeded by the overlap to codifying two concurrent tasks (Cowan and Morey, 2007).

Similarly, regards to the nature of the secondary task, we have found that there is a greater interference when both tasks have the same nature, that is, when the nature of the secondary task is visual. Conversely, when the secondary task has verbal nature the interference generated on EFEs processing is less, since it's a visual task and therefore does not affect to the same extent the own limitation of each storage system (phonological loop and / or visuospatial sketchpad) of WM. These data are consistent with previous studies where it has been demonstrated that DT costs are greater when the two tasks are of the same sensory nature (e.g. Fougne and Marois, 2006; Salway and Logie, 1995) and compete for the same type of cognitive resources. One explanation given from neuroimaging studies suggests that when the task requires the same cognitive resources, there is a simultaneous activation of the same areas of the cortex, such as the frontal and parietal lobe, causing interference and the costs associated with DT (e.g. Klingberg, 1998).

Secondly, regarding the impact of DT in healthy and pathological aging, our data show that:

1) Healthy older adults (Study 1) performed worse than young adults in all experimental conditions. These differences were significant in all cases, except when the costs of DT condition were studied during retrieval phase with verbal interference, that is, when the two tasks did not compete at the same time for the same cognitive resources. By contrast, the biggest difference between groups appeared on the condition of DT during encoding with visual interference, i.e., when they had to divide their attention to process two tasks at the same time and also they were of the same nature. These results suggest

that the deficits found in older adults to process EFEs, might be related to cognitive decline associated with age.

2) PD patients (Study 2 and Study 3), also had difficulty to recognize EFEs under DT situations. Thus, all participants had worse performance in EFEs processing when they had to simultaneously perform the visual task, and the performance was significantly worse than healthy older adults when they had to divide their attention. As we know (Kemps, Szmalec, Vandierendonck and Crevits, 2005) PD patients have, among other cognitive deficits, difficulty to manage the visuospatial sketchpad. For this reason, in Study 2, to verify that the deficits found were not due to an overload of visuospatial sketchpad also were analysed the data of secondary task. The results showed that compared to healthy older adults, PD patients performed worse in Corsi Blocks task, which was affected by the DT situation. In sum, it seems that PD patients show the same pattern of deterioration than older people, but more increased. This deterioration compared to healthy older adults group could be related to visuospatial deficits associated with the disease.

3) Finally, with regard to AD patients (Study 4), it should be noted that they had a worse performance than healthy older adults, in all experimental conditions. This was observed in the simple tasks and in the DT task conditions. To determine what percentage of the deficit was due to the DT situation, the costs were analysed. The results of this analysis showed that AD patients have a significant decrease to carry out the EFE identification task simultaneously with the visual task. However, there were no significant costs differences when the EFEs identification occurs with the verbal task.

In summary, the results regarding healthy and pathological aging, point in the same direction of the above, the high demand for cognitive resources by the DT situation generates a loss in EFEs processing efficacy, leading to a significant poor performance for older adults compared to young adults and for patients with AD and PD in relation to healthy older adults. In line with our previous studies (e.g. Garcia-Rodriguez, et al, 2008; 2009a; 2009b; 2011), it seems that the cognitive decline associated with age and, to a greater extent, the neurodegenerative disease might be on the basis of the difficulties found to process EFEs in these groups of participants.

These results, open the door to a theoretical discussion focused on the type of EFEs identification deficit showed by our participants. Fundamentally, we can confirm that this deficit is associated with situations of divided attention, and therefore could be due to the limitations of central executive, very sensitive to a frontal lobe deterioration, consequence, among others, by aging and neurodegenerative disease (Baddeley, 1991; Baddeley and Della hall, 1996). As well as the difficulties for *top-down* regulation by the prefrontal cortex that affect, among others, the functioning of WM (Gazzaley, 2013; Gazzaley and D'Exposito, 2007), and which would be reflected in its inability to coordinate two tasks simultaneously (Salthouse, 2000; Salthouse, Fristoe, Lineweaver, and Coon, 1995). This is manifested prominently in the EP (Assogna, et al, 2008; Assogna, et al, 2010; Clark et al, 2008; Clark, et al, 2010; Gray and Degnen, 2010), where the type of cognitive deficit associated to the disease could be the basis of deterioration in EFEs processing. It seems that patients from the onset of the disease (at this point, I would like to recall that our PD patients were newly diagnosed and still unmedicated) have difficulty recognizing EFEs, as a result of its executive deficit (Dalrymple-Alford, Kalders and Jones, and Watson, 1994; Kudlicka Clare and Hindle, 2011), which prevents them from properly distribute attentional resources to recognize

the emotional face and perform other visual task. And, on the contrary, they would not present a deterioration to recognize emotions, *per se*, but appear in contexts that demand complex executive control by the individual. Another theoretical interpretation comes from authors (Wu and Hallet, 2009) who argue that these patients have relatively preserved their attentional capacity, but they execute the tasks less automatically than healthy older adults. According to these authors, patients use more attentional resources for each of the tasks making it more difficult simultaneous coordination. In this sense, it has opened a research line on the EP which aims to investigate deficits in automatic processing of information, although less evident, could be the basis of executive dysfunction characteristic of these patients. In line with this view, several studies (Myers, et al., 2003; Osman, Wilkinson, Beigi, Castaneda, and Jahanshahi, 2008; Soliveri, Brown, Jahanshahi, Caraceni, and Marsden., 1997; Swainson, et al, 2000) they have already indicated that PD patients, have difficulty learning new automatic process as well as to preserve previously acquired habits or automatic behaviours, and they would have a direct relationship with the severity of the disease. However, in our opinion, this explanation is not appropriate to interpret our results, since the data clearly suggest that the ability to understand the emotional expressions is not an automatic process and that the effectiveness depends on the cognitive resources available, phenomenon that appears not only in PD patients but in healthy older adults and even young adults, who see their performance affected by the DT situation.

Regarding AD patients, we have found that they have difficulty identify EFEs even in situations where the EFE appears in isolation. This could be explained by the greater cognitive impairment associated with neuropathological changes typical of the disease (Klein-Koerkampa, et al., 2012), which greatly limit their ability to recognize emotions. Thus, a greater extent than PD patients, AD patients have compromised their ability to

identify EFEs in situations of DT (Baddeley, Baddeley, Bucks, and Wilcock., 2001; MacPherson, et al, 2007), which led to social and communicative level, could difficult the codification of the emotional state of others, causing a deterioration in the socio-emotional life of these patients.

Alternatively, to our theoretical position, there have been other arguments given to explain the deterioration on the EFEs processing in aging. Some authors argue that the differences between healthy older adults and young adults, are not explained by the worst performance of structures such as the prefrontal cortex (Mather, 2016) but are relate to the use of different types of cognitive strategies when process emotional stimuli and tend to prioritize positive stimuli compared to negative (Mather, 2012; Nashiro, 2012). That is, the so-called the "*positivity effect*" found in the literature (Carstensen, et al., 2003) would not be caused by the worst performance of structures related to the processing of emotion, such as the amygdala or prefrontal cortex, but by improving the ability of regulate the emotional activity (St. Jacques, et al., 2013), possibly due to a brain functional compensation increases the prefrontal cortex function against decreased activity amygdala to negative stimuli. With the information provided in our studies, we can not position ourselves about it because we have not systematically studied the effect of the valence of affective stimulus for various reasons, such as the need to include more presentations in each experimental condition which could lead to fatigue effects. However, our theoretical position understands the differences in aging as a result, among other things, the complexity of the task (Sassi, Campoy, Castle, Inuggi, and Fuentes, 2014) or cognitive functioning of the individual (Labouvie-Vief, 2009). Moreover, we believe that the UAs composition of each emotional expression could affect their identification and could be the basis of this "*positivity effect*". As mentioned in the introductory part, in the FACS (Ekman and

Friesen, 1978) are represented the number of facial muscles movements that contains each basic emotion, i.e. the UAs. From our point of view, we highlight the relevance of the number of UAs of each basic emotion, which could increase the difficulty of the EFE identification task. This corresponds to the largest number of UAs of negative emotions, and could explain the worse performance in identifying emotions such as fear or sadness.

In any case, the data provided allow us to conclude that the processing of emotional expressions depends on cognitive resources and therefore is not an automatic process. However, in our opinion, is not a dummy argument between automatic processing *versus* controlled processing. Not all emotional stimuli are processed in the same way, but we believe that the emotional processing is a function of the characteristics of emotional stimulation and biological relevance it has for the individual. From a physiological point of view, therefore, is not understood a single subcortical pathway in processing emotions "*low road*" traditionally associated with the amygdala, but the existence of several ways "*many roads*" including other cortical areas (Pessoa and Adolphs, 2010). Thus, according to the immediacy or not the individual's response that requires each potentially emotional situation, a response type or another it is necessary. If we face stimuli that demand an immediate response would probably be necessary to process the stimulus very quickly, though it may be inaccurate (e.g., the classic Öhman's example about the snake in the garden). Different situation is, for example, to be afraid of having a disease in the future. Although this thought leads us to action, for example, medical check-ups, improve our lifestyle, etc., this situation not demands us an effective response in milliseconds, therefore here this emotion of fear arise from processing of controlled information, where thoughts or cognitive burden related to the previous experience of each individual play an essential role.

In line with our point of view, has been questioned (Pessoa, 2013, 2015) the existence of a "*dual processing model*", that differentiate between brain areas linked to emotional processing and brain areas linked to other cognitive functions. Today, we know that the function of the amygdala goes beyond the emotional processing and participates directly in an extensive brain network, where works with different cortical areas such as the prefrontal cortex, in the cognitive-emotional interactions our brain (Pessoa, 2010). Moreover, it seems that the prefrontal cortex, not only it is related to the processing of emotional stimuli, or making emotional decisions, but also connects directly in identifying EFEs when are processed under a DT (Hermann, Neueder, Troeller and Schulz, 2016). In this sense, the prefrontal cortex may play a modulatory role in EFEs processing, depending on the context and / or the complexity of the task. Thus, the new approach of Affective Neuroscience to emotions involves understanding the brain as a network where are coordinated areas that in the past were understood as individual brain structures and compartmentalized pieces. Thus, it appears that the dichotomy between automatic processing and controlled processing is an oversimplification of our brain functioning and that to be definitively clarified needs to continue being investigated (Keren and Shul, 2009).

Capítulo 11. Final discussion

In sum, our results provide empirical evidence of such interaction between cognition and emotional processing. Thus, taken together, they allow us to perform final reflections regarding the automaticity of emotions and their impact on the healthy and pathological aging.

First, we have opened a new line of research in emotion that lets us know more deeply our ability to identify emotional expressions. As discussed above, given the universal character of EFEs (Ekman, 1972), these are the optimal stimulation that allows us to study the emotions ensuring that we put aside any environmental, contextual or cultural connotation. In this sense, the thesis has a theoretical purpose and experimental studies have tried to shed light in a complex phenomenon, as is the automaticity of emotional processing. An added argument in this respect, is in the voluntariness that is presumed to emotional processing of EFEs. It is true, as already noted Ekman (2003) that the EFEs processing is involuntary. Ekman (2003) defines it as a system always “*on*”, that is, we are always processing the emotions of others. However, we believe this should not be confused with automaticity, since we have found that when cognitive resources fail, as in the case of the elderly and especially in patients with AD and PD, there are deficits in emotional understanding faces. That is, the lack of automaticity of EFEs processing in DT contexts, it does not mean that we understand that EFEs processing should be voluntary. Obviously, it is outside of our voluntary control the processing EFEs of our context, as it is known and documented the importance the emotional stimuli compared to neutral for humans (Bargh, Chaiken, Govender y Pratto, 1992; Bargh, Chaiken, Raymond y Hymes, 1996; Zajonc, 2000). However, we supported that EFE processing can be performed involuntarily and simultaneously requires cognitive resources for an accurate identification. On the other

hand, we understand that the results found here are not necessarily generalizable to other emotional stimuli such as the prosody of a speech, a certain visual scene, etc. While it is true that the difficulties found to the EFEs processing in aging have been found with other affective stimuli (Ruffman et al., 2008), in our case, we believe that would be necessary carry out new experimental studies to confirm our hypothesis regards to DT.

Secondly, we think this thesis shows a new technology (Garcia, et al, 2009a; Garcia, et al, 2011) to study the emotional processing and provides added value to the thesis and the results that emerge. Study emotions under a paradigm of DT, it has allowed us to approach the emotional phenomenon from a more natural and ecological perspective (Isaacowitz, and Stanley, 2011; Ruffman, 2011) similar to happen in situations of real life, where individuals processed the EFEs concurrently to other environmental information. At the same time, it avoids the methodological criticisms that have been made to experimental works on emotions, as the lack of ecological validity, for example, when working with isolated images, without considering the processing of the additional social information (Adolphs, 2002b).

Third, this thesis allows us to understand the changes in the ability to identify emotions that occur when you get older and especially when aging leads to severe brain damage. In this regard, we want highlight the limitations to work with this type of sample. Predictably, the neurodegenerative patients have conditioned our studies, first, in the number to be include in each sample, and secondly from a methodological level, in the development of the experimental tasks. PD patients were newly diagnosed and unmedicated and we had difficulties to obtain the sample. Regards to AD patients was an impediment their cognitive impairment and therefore the excessive fatigue during the experimental situations. However, despite the limitations this thesis provides insight

into the actual deficits that have elderly people and neurodegenerative patients in their daily lives when they try to integrate the affective information with their usual cognitive activity. The difficulty showed to perceive and adequately recognize emotions in others, can have severe consequences on the interpersonal level. Thus, this deterioration could result in loss of communicative ability of individuals, resulting in a worse social and emotional functioning, poorer quality of life and in extreme cases to social isolation.

From an applied point of view, the knowledge by professionals and families of such deficits can help them focus their aid on these aspects, in order to improve communication with these patients and reduce the effects of aging and / or disease. Thus, the results of this thesis highlight the importance of assessment and intervention on emotional processes, in normal aging, EA and EP, as well as other forms of cognitive impairment, as Mild Cognitive Impairment, normally the anteroom of dementia. The purpose would be to design specific intervention programs to improve their communication quality from improving their ability to recognize emotions, and generalize it to their daily lives. Likewise, it could inform and give guidance to family members on the most optimal way to relate and talk to them, in order to have a successful communication as possible.

Finally, we would like to emphasize the importance of our work for future researches. We are aware that the theoretical implications of our findings imply the need for further research in this direction. In our view, a new line of research it is open and not conclude here, and we believe that it is the beginning of a new path in the study of emotions. Indisputably, we can conclude that the ability to identify emotions, specifically emotional facial expressions, is affected when cognitive ability is compromised and therefore is not an automatic process. However, in the future we will have to respond to issues that we have risen and remain unanswered, such as the

influence on different discrete emotions. Similarly, in the future we will have to include our theoretical arguments within broader explanatory theories. To do this, will be useful the contribution of neuroimaging techniques, that will provide us direct information about brain substrates that underlie the EFEs identification in complex situations. The involvement of cortical areas in EFEs processing, would support the results presented in this thesis and could shed light on the open debate about the automaticity of emotional processing and cognitive-emotional interactions.

Referencias

- Adolphs, R. (2002a). Neural systems for recognizing emotion. *Current opinion in Neurobiology*, 12, 169-177.
- Adolphs, R. (2002b). Recognizing emotion from facial expressions: psychological and neurological mechanisms. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1, 21-61.
- Adolphs, R., Schul, R., y Tranel, D. (1998). Intact recognition of facial emotion in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 12(2), 253-258.
- Albert, M.S., Cohen, C., y Koff, E. (1991). Perception of affect in patients with dementia of the Alzheimer type. *Archives of Neurology*, 48, 791-795.
- Allender, J., y Kaszniak, A.W. (1989). Processing of emotional cues in patients with dementia of the Alzheimer's type. *International Journal of Neuroscience*, 46, 147-155.
- Anderson, S.W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., y Damasio, A. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1032-1037.
- Anderson, N.D., Craik, F.I., y Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: I. Evidence from divided attention costs. *Psychology and Aging*, 13, 405-423.
- Assogna, F., Pontieri, F.E., Caltagirone, C., y Spalletta, G. (2008). The recognition of facial emotion expressions in Parkinson's disease. *European Neuropsychopharmacology*, 18, 835-848.

- Assogna, F., Pontieri, F.E., Cravello, L., Peppe, A., Pierantozzi, M., Stefani, A., ...Spalletta, G. (2010). Intensity-dependent facial emotion recognition and cognitive functions in Parkinson's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(5), 867-876.
- Baddeley, A.D. (1986). Working memory. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D., Baddeley, H.A., Bucks, R.S., y Wilcock, G.K. (2001). Attentional control in Alzheimer's disease. *Brain: A Journal of Neurology*, 124 (8), 1492-1508.
- Baddeley, A.D., Bressi, S., Della Sala, S., Logie, R., y Spinnler, H. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's disease: a longitudinal study. *Brain*, 114, 2521-2542.
- Baddeley, A.D., y Della-Sala, S. (1996). Working memory and executive control. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 351, 1397-1404.
- Baddeley, A.D., Della-Sala, S., Papagno, C., y Spinnler, H. (1997). Dual-task performance in dysexecutive and nondysexecutive patients with a frontal lesion. *Neuropsychology*, 11, 187-194.
- Baddeley, A., y Hitch, G. (1974). Working memory. En G.A. Bower, *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 47- 89). New York: Academic Press.
- Bargh, J., Chaiken, S., Govender, R., y Pratto, F. (1992). The generality of the automatic attitude activation effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 62, 893-912.

- Bargh, J., Chaiken, S., Raymond, P., y Hymes, C. (1996). The automatic evaluation effect: Unconditional automatic attitude activation with a pronunciation task. *Journal of Experimental Social Psychology*, 32, 104-128.
- Barone P., Aarsland D., Burn D., Emre M., Kulisevsky J., y Weintraub D. (2011). Cognitive Impairments in nondemented Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 14(26), 2483-2495.
- Bechara, A., Damasio, H., y Damasio, A. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.
- Berch, D.B., Krikorian, R., y Huha, E.H. (1998). The Corsi Block-Tapping Task: Methodological and theoretical considerations. *Brain and Cognition*, 38, 317-38.
- Biseul, I., Sauleau, P., Haegelen, C., Trebon, P., Drapier, D., Raoul, S., ...Vérin, M. (2005). Fear recognition is impaired by subthalamic nucleus stimulation in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 43, 1054-1059.
- Blessed, G., Tomlinson, B.E., y Roth, M. (1968). The association between quantitative measures of dementia and the senile changes in grey matter of elderly subjects. *British Journal of Psychiatry*, 114, 797-811.
- Braak, H., y Del Tredici, K. (2009). Neuroanatomy and pathology of sporadic Parkinson's disease. *Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology*, 201, 111-119.
- Braak, H., y Del Tredici, K. (2010). Pathophysiology of sporadic Parkinson's Disease. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, 78 Suppl 1, S2-4.

- Brink, T.L., Yesavage, J.A., Lum, O., Heersema, P., Adey, M.B., y Rose, T.L. (1982). Screening tests for geriatric depression. *Clinical Gerontology, 1*, 37-44.
- Burnham, H., y Hogervorst, E. (2004). Recognition of facial expressions of emotion by patients with dementia of the Alzheimer type. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 18*, 75-79.
- Cadieux, N.L., y Greve, K.W. (1997). Emotion processing in Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society, 3*, 411-419.
- Calder, A. J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., y Young, A.W. (2003). Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia, 41*, 195–202.
- Carstensen, L.L., Fung, H.H., y Charles, S.T. (2003). Socioemotional selectivity theory and the regulation of emotion in the second half of life. *Motivation and Emotion, 27*, 103-123.
- Carstensen, L.L., Isaacowitz, D.M., y Charles, S.T. (1999). Taking time seriously: A theory of socioemotional selectivity. *American Psychologist, 54*, 91-100.
- Clark, U.S., Nearing, S., y Cronin-Golomb, A. (2008). Specific impairments in the recognition of emotional facial expressions in Parkinson's Disease. *Neuropsychologia, 46*(9), 2300-2309.
- Clark, U.S., Nearing, S., y Cronin-Golomb, A. (2010). Visual exploration of emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Neuropsychologia, 48*, 1901-1913.

- Cocchini, G., Logie, R., Della-Sala, S., McPherson, S., y Baddeley, A.D. (2002a). Performing two memory tasks at the same time: little cost of concurrence. *Memory and Cognition*, 30, 1086-95.
- Cocchini, G., Logie, R. H., Della-Sala, S., y MacPherson, S. E. (2002b). Concurrent performance of two memory tasks: Evidence from domain-specific working memory systems. *Memory and Cognition*, 30(7), 1086-1095.
- Cowan, N., y Morey, C.C. (2007). How can dual-task working memory retention limits be investigated? *Psychological Science*, 18(8), 686–688.
- Craik, F.I. M., y Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits. The role of attentional resources. En F.I.M. Craik y Trehub (Eds.). *Aging and cognitive processes*, (pp. 191-211). New York: Plenum Press.
- Cueânod, C.A., Denys, A., y Michot, J.L. (1993). Amygdala atrophy in Alzheimer's disease. An in vivo magnetic resonance imaging study. *Archives of Neurology*, 50, 941-945.
- Cummings, J.L. (1985). *Clinical neuropsychiatry*. New York: Grune&Stratton.
- Dalgleish, T. (2004). The emotional brain. *Nature*, 5, 582-589.
- Dalrymple-Alford, J.C., Kalders, A.S., Jones, R.D., y Watson, R.W. (1994). A central executive deficit in patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 57, 360–367.
- Damasio, A.R. (1997). Towards a neuropathology of emotion and mood. *Nature*, 386, 769-770.

- Damasio, A.R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain Research Reviews*, 26, 83-86.
- Darwin, C. (1872). La expresión de las emociones en los animales y en el hombre. Madrid: Editorial Alianza (1985).
- Davidson, R.J. (1995) Cerebral asymmetry, emotion, and affective style. En R.J. Davidson y K. Hugdahl (Eds.), *Brain asymmetry* (pp. 361-387). Cambridge: The Mit Press.
- Davidson, R.J. (2003). Affective neuroscience and psychophysiology: toward a synthesis. *Psychophysiology*, 40, 655-665.
- Davidson, R.J. e Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Science*, 3, 11-21.
- Davidson, R.J., Jackson, D.C. y Kalin, N.H. (2000). Emotion, plasticity, context, and regulation: Perspectives from affective neuroscience. *Psychological Bulletin*, 126, 890-909.
- Dolman, R., Roy, E.A., Dimeck, P.T., y Hall, C.R. (2000). Age, gesture span, and dissociations among component subsystems of working memory. *Brain and Cognition*, 43, 164-168.
- Dujardin, K., Blairy, S., Defebvre, L., Duhem, S., Noel, Y., Hess, U., y Desteé, A. (2004). Deficits in decoding emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 42(2) 239-250.
- Ebner, N.C. y Fischer, H. (2014). Emotion and aging: evidence from brain and behavior. *Frontiers in Psychology*, 5, 1-6.

- Ekman, P. (1972). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. En: J. Cole (Ed.), *Nebraska symposium on motivation* (pp. 207-283). Lincoln: University of Nebraska Press.
- Ekman, P. (2003). *Emotions Revealed*. U.K: Weidenfeld & Nicolson.
- Ekman, P. y Friesen, W.V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17, 124-129.
- Ekman, P., y Friesen, W.V. (1978). *The Facial Action Coding System*. Palo Alto, California: Consult Psychology Press.
- Ekman, P., Friesen, W.V., y Hager, J.C. (2002). *Facial Action Coding System – Investigator’s Guide*. Salt Lake City: Research Nexus.
- Ekman, P., y Oster, H. (1979). Facial expressions of emotions. *Annual Review of Psychology*, 30, 527-554.
- Folstein, M.F., Folstein, S.E., y McHugh, P.R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198.
- Fougnie, D., y Marois, R. (2006). Distinct capacity limits for attention and working memory: Evidence from attentive tracking and visual working memory paradigms. *Psychological Science*, 17(6), 526–534.
- Fougnie, D., y Marois, R. (2009). Dual-task interference in visual working memory: a limitation in storage capacity but not in encoding or retrieval. *Attention, Perception and Psychophysics*, 71 (8), 1831-1841.

- Fougnie, D., y Marois, R. (2011). What limits working memory capacity? Evidence for modality-specific sources to the simultaneous storage of visual and auditory arrays. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*, 37 (6), 1329-1341.
- Fridlund, A.J. (1997). The new ethology of human facial expressions. En A. J. Russell, y J.M. Fernández-Dols (Eds.), *The Psychology of facial expressions* (pp.123-167). New York: Cambridge Press.
- García-Rodríguez, B., Ellgring, H., Fusari, A., y Frank, A. (2009a). The role of interference in identification of emotional facial expressions in normal aging and dementia. *The European Journal of Cognitive Psychology. Special Issue on Aging, cognition and neuroscience*, 21(2/3), 428-444.
- García-Rodríguez, B., Fusari, A. y Ellgring, H. (2008). Procesamiento emocional de las expresiones faciales en el envejecimiento normal y patológico. *Revista de Neurología*, 46, 609-617.
- García-Rodríguez, B., Fusari, A. Fernández-Guinea, S., Frank, A., Molina, J.A., y Ellgring, H. (2011). Decline of executive processes affects identification of emotional facial expressions in aging. *Current Aging Science*, 4, 70-75.
- García-Rodríguez, B., Fusari, A., Rodríguez, B., Zurdo-Hernández, J.M., y Ellgring, H. (2009b). Differential patterns of implicit emotional processing in Alzheimer's disease and healthy Aging. *Journal of Alzheimer's disease*, 18(3), 541-551.
- Garrido-Vásquez, P., Pell, M., Paulmann, S., Sehm, B., y Kotz, S. (2016). Impaired neural processing of dynamic faces in left-onset Parkinson's disease. *Neuropsychología*, 82, 123-133.

- Gazzaley, A. (2013). Top-Down modulation deficit in the aging brain. An emerging theory of cognitive aging. En D.T. Stuss & R.T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 593–608). Oxford University Press.
- Gazzaley, A., y D'Esposito, M. (2007). Top-Down modulation and normal aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1097, 67-83.
- Globisch, J., Hamm, A. O., Esteves, F. y Öhman, A. (1999). Fear appears fast: Temporal course of startle potentiation in animal fearful subjects. *Psychophysiology*, 36, 66-75.
- Grady, C. L. (2008). Cognitive neuroscience of aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 127-144.
- Gray, H.M., y Degnen, L.T. (2010). A meta-analysis of performance on emotion recognition tasks in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 24(2), 176-191.
- Gunning-Dixon F.M., Gur R.C., Perkins A.C., Schroeder L., Turner T., Turetsky B.I., ... Gur, R.E. (2003). Age-related differences in brain activation during emotional face processing. *Neurobiology of Aging*, 24, 285-295.
- Hargrave, R., Maddock, R. J., y Stone, V. (2002). Impaired recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer's disease. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 14, 64-71.
- Hasher, L., Stoltzfus, E., Zacks, R.T., y Rympa, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 163-169.
- Hedden, T., y Gabrieli, J.D. (2004). Insights into the ageing mind, a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 87–96.

- Herman, M., Neueder, D., Troeller, A.K., y Schulz, S. (2016). Simultaneous recording of EEG and fNIRS during visuo-spatial and facial expression processing in a dual task paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, 109, 21-28.
- Herrera, E., Cuetos, F., y Rodríguez Ferreiro, J. (2011). Emotion recognition impairment in Parkinson's disease patients without dementia. *Journal of Neurological Sciences*, 310, 237-240.
- Iidaka, T., Okada, T., Murata, T., Omori, M., Kosaka, H., Sadato, N., y Yonekura, Y. (2002). Age-related differences in the medial temporal lobe responses to emotional faces as revealed by fMRI. *Hippocampus*, 12, 352-362.
- Isaacowitz, D. M., Lockenhoff, C. E., Lane, R. D., Wright, R., Sechrest, L., Riedel, R., y Costa, P.T. (2007). Age differences in recognition of emotion in lexical stimuli and facial expressions. *Psychology and Aging*, 22, 147-159.
- Isaacowitz, D. M., y Stanley, J. T. (2011). Bringing an ecological perspective to the study of aging and recognition of emotional facial expressions: Past, current, and future methods. *Journal of Nonverbal Behavior*, 35(4), 261-278.
- Ishihara, L., y Brayne, C. (2006). A systematic review of depression and mental illness preceding Parkinson's disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, 113, 211-220.
- Izard, C. (1994). Innate and Universal Facial Expressions: Evidence from Developmental and Cross-Cultural Research. *Psychological Bulletin*, 115, 288-99.
- Jacob, E.L., Gatto, N.M., Thompson, A., Bordelon, Y., y Ritz, B. (2010). Occurrence of anxiety and depression prior to Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, 16, 576-581.

- JianPeng, Li., PingLei, P., Rui, H., y HuiFang, S. (2012). A meta-analysis of voxel-based morphometry studies of white matter volume alterations in Alzheimer's disease. *Neurosciences and Biobehavioral Reviews*, 36, 757-763.
- Kan, Y., Kawamura, M., Hasegawa, Y., Mochizuki, S., y Nakamura, K. (2002). Recognition of emotion from facial, prosodic and written verbal stimuli in Parkinson's disease. *Cortex*, 38(4), 623-630.
- Kawamura, M., y Kobayakawa, M. (2009). Emotional impairment in Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, 15(1), 47-52.
- Keane, J., Calder, A., Hodges, J., y Young, A. (2002). Face and emotion processing in frontal variant frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 40, 655-665.
- Keightley, M.L., Chiew, K.S., Winocur, G., y Grady, C.L. (2007). Age-related differences in brain activity underlying identification of emotional expressions in faces. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(4), 292-302.
- Keightley, M.L., Winocur, G., Burianova, H., Honqwanishkul, D., y Grady, C.L. (2006). Age effects on social cognition: Faces tell a different story. *Psychology and Aging*, 21(3), 558-572.
- Kemps, E., Szmalec, A., Vandierendonck, A., y Crevits, L. (2005). Visuo-spatial processing in Parkinson's disease: evidence for diminished visuo-spatial sketch pad and central executive resources. *Parkinsonism and Related Disorders*, 11, 181-186.
- Keren, G., y Schul, Y. (2009). Two is not always better than one: A critical evaluation of two-system theories. *Perspectives on psychological science*, 4, 533-550.

- Kessels, R.P.C., Van Zandvoort, M.J.E., Postma, A., Kappelle, L.J., y De Haan, E.H.F. (2000). The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and normative data. *Applied Neuropsychology*, 7, 252-258.
- Kholler, C.G., Gallagher, A., Bilker, W., Karlawish, J., Gur, R.E., y Clark, C.M. (2005). Emotion-discrimination deficits in mild Alzheimer disease. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 13, 926-933.
- Klein-Koerkampa, Y., Beaudoinb, M., Baciua, M., y Hota, P. (2012). Emotional decoding abilities in Alzheimer's disease: a meta-analysis. *Journal of Alzheimer's disease*, 32, 109-125.
- Klingberg, T. (1998). Concurrent performance of two working memory tasks: potential mechanisms of interference. *Cerebral Cortex*, 8, 593-601.
- Koff, E., Zaitchik, D., Montepare, J., y Albert, M. S. (1999). Emotion processing in the visual and auditory domains by patients with Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5, 32-40.
- Kudlicka, A., Clare, L., y Hindle, J.V. (2011). Executive functions in Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis. *Movement disorders*, 26(13), 2305-2315.
- LaBar, K., Gatenby, J.C., Gore, J.C., Le Doux, J.E., y Phelps, E. (1998). Human amygdala activation during conditioned fear acquisition and extinction: a mixed-trial fMRI study. *Neuron*, 20, 937-945.
- Labouvie-Vief, G. (2009). Dynamic integration theory: Emotion, cognition and equilibrium in later life. En V. L. Bengtson, D. Gans, N. M. Putney, y M.

- Silverstein (Eds.), *Handbook of theory of aging* (pp. 277–93). Nueva York: Springer.
- Lavenú, I. y Pasquier, F. (2005). Perception of emotion on faces in frontotemporal Dementia and Alzheimer's disease: A longitudinal study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 19, 37-41.
- Lawrence, A.D., Goerendt, I.K., y Brooks, D.J. (2007). Impaired recognition of facial expressions of anger in Parkinson's disease patients acutely withdrawn from dopamine replacement therapy. *Neuropsychologia*, 45, 65-74.
- Le Doux, J. (1986). The neurobiology of emotion. En J.E. LeDoux, y W. Hirst (Eds.), *Mind and Brain: Dialogues in Cognitive Neuroscience* (pp. 301-354). Cambridge: Cambridge University Press.
- Le Doux, J. (1987). Emotion. En V.B. Mountcastle, F. Plum, y S.R. Geiger (Eds.), *Handbook of Physiology. Sec. 1: The Nervous System, Vol. V, Higher Functions of the Brain* (pp. 419-455). Bethesda: American Physiological Society.
- Le Doux, J. (1990). Cognitive-emotional interactions in the brain. *Cognition and Emotion*, 3, 267-290.
- Le Doux, J. (1996). *The Emotional Brain*. New York: Simon & Schuster.
- Litvan, I., Aarsland, D., Adler, C.H., Goldman, J.G., Kulisevsky, J., Mollenhauer, B., ... Weintraub, D. (2011). MDS task force on mild cognitive impairment in Parkinson's disease: critical review of PD-MCI. *Movement Disorders*, 26, 1814-1824.
- Logie, R.H., Cocchini, G., Della Sala, S., y Baddeley, A.D. (2004). Is there a specific

- executive capacity for dual task co-ordination? Evidence from Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 18, 504-513.
- Logie, R.H., Della Sala, S., MacPherson, S.E., y Cooper, J. (2007). Dual task demands on encoding and retrieval processes: evidence from healthy adult ageing. *Cortex*, 43, 159-169.
- MacPherson, S. E., Della-Sala, S., Logie, R. H., y Wilcock, G. K. (2007). Specific AD impairment in concurrent performance of two memory tasks. *Cortex*, 43, 858-865.
- Malatesta, C.Z., Izard, C.E., Culver, C., y Nicolich, M. (1978). Emotion communication-skills in young, middle age, and older women. *Psychology and Aging*, 2, 193-203.
- Marneweck, M., y Hammond, G. (2014). Discriminating facial expressions of emotion and its link with perceiving visual form in Parkinson's disease. *Journal of Neurological Science*, 346, 149-155.
- Mather, M. (2012). The emotion paradox in the aging brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 125 (1), 33-49.
- Mather, M. (2016). The Affective Neuroscience of Aging. *Annual Reviews of Psychology*, 67, 213-238.
- McConatha, J.T., Leone, F.M., y Amstrong, J.M. (1997). Emotional control in adulthood. *Psychological Reports*, 80, 499-507.
- McLellan, T., Johnston, L., Dalrymple-Alford, J., y Porter, R. (2008). The recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer's disease: a review of findings. *Acta Neuropsychiatrica*, 20, 236-250.

- Mindham, R.H.S, y Hughes, T.A. (2000). Cognitive impairment in Parkinson's disease. *International Review of Psychiatry*, 12, 281-289.
- Moreno, C., Borod, J.C., Welkowitz, J., y Alpert, M. (1993). The perception of facial emotion across the adult life span. *Developmental Neuropsychology*, 9, 305-314.
- Morris, J.S., Frith, C.D., Perrett, D.I., Rowland D., Young, A.W., Calder A.J., y Dolan, R.J. (1996). A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*, 383, 812-815.
- Murdock, B.B. (1982). A Theory for the storage and retrieval of item and associative information. *Psychological Review*, 89, 609-626.
- Myers, C., Shohamy, D., Gluck, M., Grossman, S., Kluger, A., Ferris, S., ... Schwartz, R. (2003). Dissociating hippocampal vs. basal ganglia contributions to learning and transfer. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 185-193.
- Narme, P., Bonnet, A.M., Dubois, B., y Chaby, L. (2011). Understanding facial emotion perception in Parkinson's disease: the role of configural processing. *Neuropsychologia*, 49, 3295-3302.
- Nashiro, K., Sakaki, M., y Mather, M. (2012). Age differences in brain activity during emotion processing: Reflections of age-related decline or increased emotion regulation? *Gerontology*, 58, 156-163.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F.I., Gavrilescu, D., y Anderson, N.D. (2000). Asymmetry between encoding and retrieval processes: Evidence from divided attention and a calibration analysis. *Memory and Cognition*, 28, 965-976.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F.I., Guez, J., y Dori, H. (1998). Effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory: Further support

- for an asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 24, 1091-1104.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F.I., Guez, J., y Kreuger, S. (2005). Divided attention in younger and older adults: Effects of strategy and relatedness on memory performance and secondary task costs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and Cognition*, 31, 520-537.
- Navon, D. y Miller, J. (1987). Role of outcome conflict in dual task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13(3), 435-448.
- Nelson, C.A. y Haan, M. (1997). A neurobehavioral approach to the recognition of facial expression in infancy. En J.A. Russell y J.M. Fernández-Dols (Eds.), *The Psychology of facial expressions* (pp.187-199). New York: Cambridge Press.
- Norman, D., y Bobrow. D. (1975). On data-limited and resource limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Öhman, A. (2002). Automaticity and the amygdala: nonconscious responses to emotional faces. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 62-66.
- Öhman, A., Esteves, F., y Soares, J.J.F. (1995). Preparedness and preattentive associative learning: electrodermal conditioning to masked stimuli. *Journal of Psychophysiological*, 9, 99-108.
- Orgeta, V. y Phillips, L.H. (2008). Effects of Age and Emotional Intensity on the Recognition of Facial Emotion. *Experimental Aging Research*, 34, 63-79.
- Orsini, A., Schiappa, O., y Grossi, D. (1981). Sex and culture differences in children's spatial and verbal-memory span. *Perceptual and Motor Skills*, 53, 39-42.

- Osman, M., Wilkinson, L., Beigi, M., Castaneda, C.S., y Jahanshahi, M. (2008). Patients Parkinson's disease learn to control complex systems via procedural as well as non-procedural learning. *Neuropsychología*, 46, 2355-2363.
- Park, D.C., Puglisi, J.T., y Smith, A.D. (1986). Memory for pictures: Does an age-related decline exist? *Psychology and Aging*, 1, 11-17.
- Pashler, H. (1994). Dual-Task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological Bulletin*, 116 (2), 220-244.
- Pasupathi, M., Carstensen, L.L., Turk-Charles, S., y Tsai, J. (1998). Emotion and aging. En H. Friedman (Eds.), *Encyclopedia of mental health* (vol., 2, pp 91-101). San Diego, CA: Academic Press.
- Pell, M.D., y Leonard, C.L. (2003). Processing emotional tone from speech in Parkinson's disease: a role for the basal ganglia. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 3(4), 275-88.
- Pell, M.D., y Leonard, C.L. (2005). Facial expression decoding in early Parkinson's disease. *Cognitive Brain Research*, 23, 327-340.
- Perón, J., Biseul, I., Leray, E., Vicente, S., Le Jeune, F., Drapier, S.,... Vérin, M. (2010). Subthalamic nucleus stimulation affects fear and sadness recognition in Parkinson's Disease. *Neuropsychology*, 24(1) 1-8.
- Perón, J., Dondaine, T., Le Jeune, F., Grandjean D, y Vérin M. (2012). Emotional processing in Parkinson's disease: a systematic review. *Movement disorders*, 27(2), 186-199.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(2), 148-158.

- Pessoa, L. (2010). Emergent processes in cognitive-emotional interactions. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 12(4), 433-448.
- Pessoa, L. (2013). The cognitive-emotional brain. From interactions to integration. MIT Press.
- Pessoa, L. (2015). Précis on The Cognitive-Emotional Brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 1-66.
- Pessoa, L., y Adolphs, R. (2010). Emotion processing and the amygdala: from a low road to many roads of evaluating biological significance. *Nature Reviews Neuroscience*, 11 (11), 773-783.
- Pessoa, L., McKenna, M., Gutierrez, E., y Ungerleider, L.G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 99, 11458-11463.
- Pessoa, L. y Ungerleider, L.G. (2005). Visual attention and emotional perception. En L. Itti, G. Rees, y J.K. Tsotsos (Eds.), *Neurobiology of attention* (pp. 160-166) San Diego, CA: Elsevier.
- Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L. y Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: the neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, 54, 504-514.
- Phillips, L.H., y Henry, J.D. (2005). An evaluation of the frontal lobe theory of cognitive aging. En J. Duncan, L.H. Phillips, y P. McLeod (Eds.), *Measuring the Mind: Speed, Control and Age* (pp. 191-216). Oxford: Oxford University Press.
- Phillips, L.H., MacLean, R.D.J., y Allen, R. (2002). Aging and the understanding of emotions: neuropsychological and sociocognitive perspectives. *Journal of*

Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences, 57, 526-530.

Phillips, L.H., Slessor, G., Bailey, P.E., y Henry, J.D. (2014). Older Adults "Perception of Social and Emotional Cues". En P. Verhaeghen, y C.K. Hertzog (Eds.), *Oxford Handbook of Emotion, Social Cognition, and Problem Solving in Adulthood* (pp. 9-25). New York: Oxford University Press.

Phillips, L.H., Tunstall, M., y Channon, S. (2007). Exploring the role of working memory in dynamic social cue decoding using dual task methodology. *Journal of Nonverbal Behavior*, 31(2), 137-152.

Reeve, J. (1994). *Motivación y Emoción*. Madrid, España. Editorial McGraw-Hill.

Reuter-Lorenz, P.A., y Park, D.C. (2010). Human neuroscience and the aging mind: A new look at old problems. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 65B, 405-415.

Roudier, M., Marcie, P., y Grancher, A.S. (1998). Discrimination of facial identity and emotions in Alzheimer's Disease. *Neurology Sciences*, 154, 151-158.

Ruffman, T. (2011). Ecological validity and age-related change in emotion recognition. *Journal of Nonverbal Behavior*, 35(4), 297-304.

Ruffman, T., Henry, J., Livingstone, V., y Phillips, L.H. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32, 863-881.

Salthouse, T.A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.

- Salthouse, T.A. (2000). Steps toward the explanation of adult age differences in cognition. En T. Perfect, y E. Maylor (Eds.), *Theoretical Debate in Cognitive Aging* (pp.19-49). London: Oxford University Press.
- Salthouse, T.A., Fristoe, N.M., Lineweaver, T.T., y Coon, V.E. (1995). Aging of attention: Does the ability to divide decline? *Memory and Cognition*, 23(1), 59-71.
- Salthouse, T.A., Rogan, J.D., y Prill, K.A. (1984). Division of attention: Age differences on a visually presented memory task. *Memory and Cognition*, 12, 613-620.
- Salway, A.F.S. y Logie, R.H. (1995). Visuospatial working memory, movement control and executive demands. *British Journal of Psychology*, 86, 253-269.
- Sánchez-Navarro, J.P., Martínez-Selva, J.M. y Román, F. (2005). Emotional response in patients with frontal brain damage: Effects of affective valence and information content. *Behavioral Neuroscience*, 119, 87-97.
- Sánchez-Navarro, J.P., y Román, F. (2004). Amígdala, corteza prefrontal y especialización hemisférica en la experiencia y expression emocional. *Anales de Psicología*, 20, 223-240.
- Sarabia, C., Navas, M.J., Ellgring, H., y García-Rodríguez, B. (2016). Skilful communication: Emotional facial expressions recognition in very old adults. *International Journal of Nursing Studies*, 54, 104-111.
- Sassi, F., Campoy, G., Castillo, A., Inuggi A., y Fuentes, L. (2014). Task difficulty and response complexity modulate affective priming by emotional facial expressions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(5), 861–871.

- Scott, S.A., Dekgiosky, T., y Scheff, S.W. (1991). Volumetric atrophy of the amygdala in Alzheimer's disease: qualitative serial reconstruction. *Neurology*, *41*, 351-356.
- Sergerie, K., Chochol, C., y Armony, J.L. (2008). The role of the amygdala in emotional processing: a quantitative meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *32*, 811-830.
- Shiba, M., Bower, J.H., Maragonore, D.M., McDonnell, S.K., Peterson, B.J., Ahlskog, J.E...Rocca, W.A. (2000). Anxiety disorders and depressive disorders preceding Parkinson's disease: a case-control study. *Movement Disorders*, *15*, 669-677.
- Soliveri, P., Brown, R. G., Jahanshahi, M., Caraceni, T., y Marsden, C. D. (1997). Learning manual pursuit tracking skills in patients with Parkinson's disease. *Brain*, *120*, 1325-1337.
- Sprengelmeyer, R., Young, A.W., Mahn, K., Schroeder, U., Woitalla, D., Buttner, T., ... Przuntek, H. (2003). Facial expression recognition in people with medicated and unmedicated Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, *41*(8), 1047-1057.
- St. Jacques, P.L., Bessette-Symons, B., y Cabeza, R. (2009). Functional neuroimaging studies of aging and emotion: fronto-amygdalar differences during emotional perception and episodic memory. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *15*, 819-825.
- St. Jacques, P. L., Wincoff, A., y Cabeza, R. (2013). Emotion and aging: linking neural mechanisms to psychological theory. En J. Armony, Jorge y P. Vuilleumier

(Eds.), *The Cambridge handbook of human affective neuroscience* (pp. 635-662). Cambridge University Press, Cambridge.

Stuss, D.T., y Alexander, G. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, *63*, 289-298.

Sullivan, S., y Ruffman, T. (2004). Emotion recognition deficits in the elderly. *International Journal of Neuroscience*, *114*, 403-432.

Suzuki, A., Hoshino, T., Shigemasu, K., y Kawamura, M. (2006). Disgust-specific impairment of facial expression recognition in Parkinson's disease. *Brain*, *129*, 707-717.

Suzuki, A., Hoshino, T., Shigemasu, K., y Kawamura, M. (2007). Decline or improvement? Age-related differences in facial expression recognition. *Biological Psychology*, *74*, 75-84.

Swainson, R., Rogers, R. D., Sahakian, B. J., Summers, B. A., Polkey, C. E., y Robbins, T. W. (2000). Probabilistic learning and reversal deficits in patients with Parkinson's disease or frontal or temporal lobe lesions: Possible adverse effects of dopaminergic medication. *Neuropsychologia*, *38*(5), 596-612.

Tessitore, A., Hariri, A.R., Fera, F., Smith, W.G., Das, S., Weinberger, D.R., y Mattay, V.S. (2005). Functional changes in the activity of brain regions underlying emotion processing in the elderly. *Psychiatry Research Neuroimaging*, *139*, 9-18.

Tisserand, D.J., Pruessner, J.C., Arigita, E.J.S., van Boxtel, M.P.J., Evans, A.C., Jolles, J., y Uylings, H.B.M. (2002). Regional frontal cortical volumes decrease

- differentially in aging: an MRI study to compare volumetric approaches and voxel-based morphometry. *Neuroimage*, 17, 657-669.
- Tisserand, D.J., Visser, P.J., van Boxtel, M.P.J., y Jolles, J. (2000). The relation between global and limbic brain volumes on MRI and cognitive performance in healthy individuals across the age range. *Neurobiology of Aging*, 21, 569-576.
- Tomkins, S.S. (1962). *Affect. Imagery. Consciousness 1: The positive affects*. Nueva York: Springer-Verlag.
- Torres, B., Santos, R.L., Barroso de Sousa, M., y Simoes, J. (2015). Facial expression recognition in Alzheimer's disease: a longitudinal study. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 73(5), 383-389.
- Vilkki, J., y Holst, P. (1989). Deficient programming in spatial learning after frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, 27, 971-976.
- Vuilleumier, P., Armony, J.L., Driver, J., y Dolan, R.J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: An event-related fMRI study. *Neuronology*, 30, 829-841.
- Vuilleumier, P. y Righart, R. (2011). Attention and automaticity in processing facial expressions. En A. J. Calder, G. Rhodes Johnson M., y Haxby J. (Eds), *The oxford handbook of face perception* (pp. 449-478). Oxford: Oxford University Press.
- Wagenbreth, C., Wattenberg, L., Heinze, H.J., y Zaehle, T. (2016). Implicit and explicit processing of emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Behavioural Brain Research*, 303, 182-190.

- Wechsler, D. (1939). *The Measurement of Adult Intelligence*. Williams and Wilkins (Eds.), Baltimore.
- Wechsler, D. (1981). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised (WAIS-R)*. The Psychological Corporation, San Antonio, TX.
- Wechsler, D. (1997). *WAIS-III Administration and Scoring Manual*. The Psychological Corporation, San Antonio, TX.
- Weisskopf, M.G., Chen, H., Schwarzschild, M.A., Kawachi, L., y Ascherio, A. (2003). Prospective study of phobic anxiety and risk of Parkinson's disease. *Movement Disorders, 18*, 646-651.
- Weyers, P., Mühlberger, A., Hefele, C., y Pauli, P. (2006). Electromyographic responses to static and dynamic avatar emotional facial expressions. *Psychophysiology, 43*, 450-453.
- Williams, L.M., Brown, K.J., Palmer, D., Liddell, B.J., Kemp, A.H., Olivieri, G.,... Gordon, E. (2006). The mellow years? –neural basis of improving emotional stability over age. *Journal of Neuroscience, 26*, 6422-6430.
- Wong, B., Cronin-Golomb, A., y Nearing, S. (2005). Patterns of visual scanning as predictors of emotion identification in normal aging. *Neuropsychology, 19*, 739-749.
- Woodruff-Pak, D.S. (1997). *The neuropsychology of aging*. Malden, MA: Blackwell.
- Wright, C.L., Wedig, M.M., Williams, D., Rauch, S.L., y Albert, M.S. (2006). Novel fearful faces activate the amygdala in healthy young adults and elderly adults. *Neurobiology of aging, 27*, 361-374.

- Wu T., y Hallett M. (2009). Dual Task Interference in Parkinson's disease. *US Neurology*, 5(1), 30-33.
- Yiend, J. (2010). The effects of emotion on attention: a review of attentional processing of emotional information. *Cognition and Emotion*, 24(1), 3-47.
- Young, A.W., Aggleton, J.P., Hellowell, D.J., Johnson, M., Broks, P. y Hanley, J.R. (1995). Face processing impairments after amygdalotomy. *Brain*, 118, 15-24.
- Zajonc, R. (2000). Feeling and thinking: Closing the debate over the independence of affect. En J.P. Forgas (Eds.), *Feeling and thinking: The role of affect in social cognition. Studies in emotion and social interaction* (pp. 31-58). Nueva York: Cambridge University Press.
- Zgaljardic, D.J., Borod, J.C., Foldi, N.S., y Mattis, P. (2003). A review of the cognitive and behavioral sequelae of Parkinson's disease: relationship to frontostriatal circuitry. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 16, 193-210.
- Ziaei, M., Burianova, H., Von Hippel, W., Ebner, N., Phillips, L.H., y Henry, J. (2016). The impact of aging on the neural networks involved in gaze and emotional processing. *Neurobiology of Aging*, 48, 182-194.
- Ziaei, M. y Fischer, H. (2016). Emotion and Aging: The impact of emotion on attention, memory, and face recognition in late adulthood (Chapter 13). En J. R. Absher y J. Cloutier (Eds.), *Neuroimaging Personality, Social Cognition, and Character* (pp. 259-278). Elsevier.
- Zsoldos, I., Cousin, E., Klein-Koerkamp, Y., Pichat, C., y Hot, P. (2016). Age-related differences in brain activity during implicit and explicit processing of fearful facial expressions. *Brain Research*, 1650, 208-217.