

Estilos Defensivos en Humanos: Correlatos Psicofisiológicos, Neuroendocrinos y del Movimiento



Sofia Idrissi Mohamed

Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico

Programa de Doctorado en Psicología de la Salud, Evaluación y Tratamiento
Psicológico

Universidad de Granada

Tesis Doctoral

Octubre 2013

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Sofia Idrissi Mohamed
D.L.: GR 1026-2014
ISBN: 978-84-9028-982-2

Autorización de los Directores para la presentación de la Tesis Doctoral

Dr. Jaime Vila Castellar, Catedrático de Psicología en el Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico de la Universidad de Granada.

Dr. Pandelis Perakakis, Investigador postdoctoral en el Departamento de Economía de la Universidad Jaume I.

DECLARAMOS, como Directores de la Tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo nuestra dirección y se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones. Así mismo, el trabajo reúne todos los requisitos de contenido, teóricos y metodológicos para ser admitido a trámite, a su lectura y defensa pública, con el fin de obtener el referido Título de Doctor por la Universidad de Granada, y por lo tanto AUTORIZAMOS la presentación de la referida Tesis para su defensa y mantenimiento de acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 99/2011, de 28 de enero.

Granada, 23 de Septiembre de 2013

Directores de la Tesis

Jaime Vila Castellar

Fdo.:



Pandelis Perakakis

Fdo.:



Informe del Doctorando y de los Directores de la Tesis

La doctoranda Sofía Idrissi Mohamed y los directores de la tesis Jaime Vila Castellar y Pandelis Perakakis garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

En Granada a 23 de Septiembre de 2013

Directores de la tesis

Jaime Vila Castellar

Fdo.:



Pandelis Perakakis

Fdo.:



Doctoranda

Sofia Idrissi Mohamed

Fdo.:



A mi madre

Agradecimientos

Cuando comencé este “viaje” hacia la elaboración de la tesis jamás pensé que experimentaría tantos acontecimientos y viviría tantas experiencias vitales de los que aprendería a nivel humano y profesional. De este aprendizaje he sacado una premisa principal: NO LO HUBIERA PODIDO CONSEGUIR SOLA.

En primer lugar, me gustaría gritar un MUCHAS GRACIAS a mis directores de tesis Jaime Vila Castellar y Pandelis Perakakis por la oportunidad que me han dado de ser su aprendiz en mis primeros pasos en este mundo tan apasionante de la ciencia. Jaime, para mi ha sido un privilegio que un mentor con tu calidad humana y profesional me haya guiado en este trabajo. Tu saber hacer, tu capacidad de hacer fácil lo difícil y tu calidad son un distintivo de tu trabajo. Gracias por creer en este proyecto y nunca mostrar una duda, gracias por disipar las mías en esos momentos de flaqueza. Pandelis, gracias por tu genialidad, por esa sensibilidad que tanto ha enriquecido este trabajo, por ser ante todo mi amigo. Me has enseñado que el buen quehacer no está reñido con la diversión, con lo humano.

Uno de los logros que más valoro en Jaime, es el haber creado un grupo de investigación en el que se conjuga la calidad investigadora y la calidad humana. No quiero referirme a nadie en concreto para evitar un posible olvido, vosotros sabéis quienes sois y solo puedo decir GRACIAS al grupo de investigación Psicofisiología Humana y de la Salud de la Universidad de Granada por ser quienes sois, por haber formado a mi lado este maravilloso grupo y por vuestra disposición a ayudar y vuestro compañerismo.

También quiero agradecer a Maria Dolorez Ruíz catedrática del Departamento de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Granada por su colaboración y por cedernos sus instalaciones. También agrade-

cer a Triana su asesoramiento. Igualmente, quiero agradecer a Michalis Vousdoukas y a Plamen Ivanov sus aportaciones y el privilegio de haber podido colaborar con ellos.

Me gustaría agradecer a todos los participantes que han colaborado en este estudio, sois la esencia de este trabajo, sin vosotros no hubiera sido posible. También son la esencia de este trabajo todos los animales que hacen posible día a día la labor científica, trabajos de los que esta tesis se ha podido nutrir. GRACIAS y mi más sincero LO SIENTO.

También quiero agradecer el apoyo, el cariño y la compañía de todos los que sois mis amigos, por sostenerme cuando flaqueaba con vuestro cariño, apoyo y comprensión. Vosotros sabéis quienes sois y sólo puedo deciros GRACIAS por convertirme en una privilegiada.

Por último, quiero dar un especial GRACIAS a mi familia. *Antonio*, gracias por cogermme de la mano y caminar junto a mi lado cuando más lo necesitaba, por guiarme cuando no podía ver, por no dejarme sólo cuando no había nadie, por ser mi amigo y compañero, por enseñarme tanto cada día. *Misi*, mi gata fiel, GRACIAS por acompañarme en este viaje, por aliviar esos segundos y minutos de trabajo nocturno en solitario, gracias por tu calor y cariño. *Yudit*, GRACIAS por ser mi segunda madre, por cuidarme y sanarme como lo haces. *Jose*, GRACIAS por ser mi hermano, por acompañarme y cuidarme, por apoyarme incondicionalmente. Sin tu ayuda, paciencia y comprensión jamás hubiera podido completar este viaje y llegar a mi destino, GRACIAS y te quiero. GRACIAS a mis padres por tantas oportunidades que me han brindado. A mi *padre* por mostrarme lo que nunca debía ser y por contribuir a que hoy este aquí. A mi *madre* por enseñarme a no rendirme a pesar de las dificultades, por ser mi consuelo y mi impulso a seguir siempre. Sin tu valentía, fortaleza y sacrificio hoy no estaría donde me encuentro y no sería quien soy. Sin duda, todos mis logros pasados, presentes y futuros siempre tendrán tu firma.

MUCHÍSIMAS GRACIAS A TODOS LOS QUE SOIS...

Resumen

Cómo los seres humanos nos enfrentamos a las situaciones estresantes y qué estrategias utilizamos para afrontar la amenaza con éxito y con el mínimo coste para la salud, es una cuestión que ha despertado el interés de los investigadores desde los primeros estudios del estrés y las respuestas defensivas. Las respuestas a estas preguntas siguen siendo inconclusas o, peor aún, contradictorias, no existiendo una visión general y aceptada. Menos consenso existe respecto a si existen patrones de respuestas al estrés que caractericen y diferencien a unas personas de otras y si estas diferencias son factores de vulnerabilidad en el desarrollo de las patologías asociadas al estrés.

Entre los autores se acepta que las respuestas al estrés y sus consecuencias dependen de las características de la situación estresante y de las diferencias individuales (p.e., Andersen, Bignotto, Machado y Tufik, 2004). En la literatura animal se manejan dos modelos teóricos principales a la hora de abordar este objetivo de estudio: primero, el Modelo de la Cascada Defensiva (p.e., Blanchard y Blanchard, 1989; Fanselow, 1994; Ratner, 1970) y, segundo, el Modelo de las Diferencias Individuales (p.e., Koolhaas, 2008; Korte, Koolhaas, Wingfield y McEwen, 2005). Desde el primer modelo, ha habido intentos de extrapolar a los humanos los resultados de los estudios con animales (p.e., Bradley y Lang, 2000; Lang, 1995), con las limitaciones que conlleva el hecho de que los estudios de laboratorio no cumplen muchas de las características contextuales necesarias para que se despliegue la cascada de respuestas defensivas. Específicamente, debido a la dificultad que implica el estudio de la reactividad motora en laboratorio, ha habido un desinterés por el análisis motor de las respuestas a los estresores en humanos. Teniendo en cuenta que en animales se utiliza la conducta motora directa como uno de los índices principales de las respuestas defensivas (Carré, McCurmick y Hariri, 2011), la falta

de estudios en humanos dirigidos al análisis de la reactividad motora dificulta aún más esta extrapolación de los resultados encontrados en la literatura animal a las personas. Desde la perspectiva de las Diferencias Individuales, los modelos enmarcados en la Teoría del *Coping* han intentado, sin llegar a un consenso, arrojar alguna luz sobre las diferencias individuales en el afrontamiento a las demandas que en un momento determinado se enfrentan las personas (Skinner, Edge, Altman y Sherwood, 2003). Una alternativa al estudio de las respuestas defensivas desde esta perspectiva es estudiar la posible extrapolación a humanos de los estilos de personalidad reactivo y proactivos descritos en la literatura animal por Korte y cols. (2005), y denominados *Palomas* y *Halcones*, respectivamente. Con esta tesis queremos conseguir dos cosas: primero, aportar dos recursos metodológicos destinados a facilitar el estudio motor de las respuestas ante estímulos estresantes o amenazantes; segundo, queremos comprobar si están presentes en humanos los dos estilos de respuestas defensivas que se han observado en animales (Korte y cols., 2005). Para ello, estudiamos las respuestas hormonales, psicofisiológicas, posturales-motoras, emocionales y de personalidad asociadas a estos dos tipos de respuestas defensivas.

En el primer capítulo se examinan y describen los conceptos de estrés, alostasis y respuestas defensivas. También describimos los principales mediadores alostáticos o sistemas que se activan a la hora de hacer frente a una amenaza, que son estudiados con más frecuencia por los autores interesados en este campo de estudio y presentamos dos nuevos sistemas alostáticos, esto es, la *posturografía* y la *estereovisión*. El capítulo termina con una descripción de dos de los principales modelos explicativos de las respuestas de los organismos a los estresores o a la amenaza.

En el capítulo 2, detallamos los objetivos e hipótesis principales que se manejan en la presente tesis.

En los capítulos 3 y 4 se recogen los dos primeros estudios destinados, por una parte, a presentar y examinar si la posturografía es una herramienta útil para el estudio fásico de las respuestas emocionales (capítulo 3) y, por otra, a presentar y validar una nueva herramienta basada en la estereovisión para el estudio del movimiento en contextos

emocionales (capítulo 4). En el primer estudio se observó que la posturografía no era la herramienta más idónea para el estudio fásico de la respuesta de acercamiento y evitación ante estímulos emocionales, pudiendo estar más indicada para el estudio de la respuesta emocional tónica. Específicamente, se observó un desplazamiento hacia atrás en el eje antero-posterior ante la visión de todas las imágenes afectivas, independientemente de su categoría (agradables, desagradables y neutrales). También observamos una diferencia de género en este desplazamiento posterior, especialmente ante las imágenes aversivas, en el sentido de que las mujeres realizaban un mayor desplazamiento que los hombres. En el segundo estudio, la estereovisión se mostró como una herramienta válida para el estudio de la respuesta motora ante estímulos amenazantes o estresantes. De esta forma, con la estereovisión obtenemos un análisis directo de los movimientos sutiles y finos del tronco y la cabeza en su conjunto que salva las limitaciones de los estudios de laboratorio. Estos dos capítulos han sido publicados en revistas científicas de reconocido prestigio.

Los capítulos 5 y 6 recogen los dos estudios en los que queremos comprobar si los dos estilos defensivos propuestos por Korte y cols. (2005) se observan en humanos. En el capítulo 5 se presenta el tercer estudio, cuyo objetivo es examinar si las personas clasificadas como *palomas* o *halcones* en base a sus niveles hormonales basales responden psicofisiológicamente, posturográficamente, motóricamente y emocionalmente en la línea postulada por Korte y cols. (2005). En el capítulo 6, se expone el cuarto y último estudio donde queremos comprobar si las personas clasificadas como *palomas* o *halcones*, ante una tarea de estrés psicosocial (Test de Estrés Social de Trier (TSST), Kirschbaum, Pirke y Hellhammer, 1993), responden neuroendocrinológicamente y psicofisiológicamente en la línea planteada por Korte y cols. (2005). Los datos obtenidos en el estudio 3 revelaron la existencia en humanos de dos estilos defensivos en la dirección propuesta por Korte y cols. (2005), pero no todas las medidas fueron sensibles en diferenciar a los dos grupos (*palomas* y *halcones*). Así, las medidas que diferenciaron entre estos dos estilos fueron las medidas de autoinforme (TIS, AQ y ED), la Respuesta Cardíaca de Defensa y la Estereovisión. En nue-

stro cuarto y último estudio, los resultados nos indican que la tarea de estrés social TSST no es sensible para diferenciar estos dos estilos de respuestas defensivas.

Igualmente, nuestros datos apoyan los resultados encontrados en la literatura científica que indican el efecto moderador sobre las tendencias conductuales que tiene la relación entre los niveles de cortisol y testosterona.

Por último, en el capítulo 7 se presenta una discusión general de todos los resultados encontrados en los diferentes estudios realizados, así como sus implicaciones, limitaciones y perspectivas futuras de investigación.

En base a los resultados obtenidos en esta tesis, se desprenden las siguientes conclusiones:

1. La plataforma de fuerza no es una herramienta válida para el estudio fásico del movimiento como índice de respuesta de acercamiento y evitación ante estímulos de diferentes contenido emocional.
2. La estereovisión se confirma como una herramienta válida para el estudio de las respuestas motoras ante estímulos amenazantes o estresantes.
3. Los datos de nuestro estudio 3 apuntan a que existen, en humanos, dos estilos defensivos (*palomas* y *halcones*) en la dirección señalada por Korte y cols. (2005). Las medidas que han resultado más sensibles para diferenciar *palomas* y *halcones* han sido las medidas de autoinformes (TIS, AQ y ED), la Respuesta Cardíaca de Defensa y la Estereovisión. El resto de medidas de autoinforme, psicofisiológicas, posturográficas y hormonales no fueron capaces de diferenciar a los dos grupos.
4. La tarea de estrés social TSST utilizada en el estudio 4 no fue sensible en diferenciar los grupos *palomas* y *halcones*.
5. En general, nuestros datos hormonales apoyan la idea del rol moderador de la relación entre los niveles de cortisol y testosterona sobre las tendencias conductuales.

Finalmente, señalar que la presente tesis está destinada a la obtención del título de Doctor Internacional. Por lo tanto, en cumplimiento de lo establecido en el Real Decreto 99/2011, un último capítulo titulado International Ph.D. contiene dos epígrafes denominados Abstract y Conclusions en los que se recogen traducidas en inglés las principales aportaciones de este trabajo.

Índice

1	Introducción	1
1.1	Respuesta Defensiva y Estrés	1
1.2	Homeostasis y Alostasis	2
1.3	Neuroendocrinología del Estrés	4
1.3.1	Estrés, Eje Hipotalámico-Hipofisario-Adrenal (HHA) y Cortisol	4
1.3.2	Estrés, Eje Hipotalámico-Hipofisario-Gonadal (HHG) y Testosterona	7
1.4	Medidas del Movimiento y Estrés	10
1.4.1	La Estereovisión	10
1.4.2	La Posturografía	11
1.5	Reflejos Defensivos	16
1.5.1	Reflejo Motor de Sobresalto (RMS)	17
1.5.2	Respuesta Cardíaca de Defensa (RCD)	19
1.6	Principales Modelos Teóricos sobre las Respuestas Defensivas	20
1.6.1	Modelo de la Cascada Defensiva	21
1.6.2	Modelo Basado en las Diferencias Individuales	24
1.6.2.1	Cortisol y Respuestas Reactivas al Estrés	26
1.6.2.2	Testosterona y Respuestas Proactivas al Estrés	27
1.6.2.3	Neuroendocrinología y Respuesta del Sistema Nervioso Autónomo (SNA)	30
2	Objetivos	31
3	Dynamical Patterns of Human Postural Responses to Emotional Stimuli	35
3.1	Introduction	35

ÍNDICE

3.2	Method	37
3.2.1	Subjects and Stimuli	37
3.2.2	Procedure	37
3.2.3	Data Recording	38
3.2.3.1	Posturography	38
3.2.3.2	Electrocardiogram	38
3.2.4	Data Analysis	38
3.3	Results	39
3.3.1	COP and HR Responses	39
3.3.2	Gender Effects	40
3.3.3	Subjective Evaluation of Pictures	40
3.4	Discussion	40
4	SVMT: A MATLAB Toolbox for Stereo-Vision Motion Tracking of Motor Reactivity	47
4.1	Introduction	47
4.2	Computational Methods and Theory	48
4.2.1	Lens Distortion Correction	48
4.2.2	The Projection Matrix	49
4.2.3	Stereo-Triangulation	50
4.2.4	Feature Matching	51
4.2.5	Motion Trajectory Extraction	52
4.3	The Stereo-Vision Motion Tracking Software	57
4.3.1	System Installation	57
4.3.2	Basic Inputs	57
4.3.3	Image Input	57
4.3.4	Area Definition	58
4.4	Keypoint Identifier	58
4.4.1	Trajectory Extraction	58
4.4.2	Data Export	58
4.5	Test Implementation and Validation	60
4.5.1	Equipment and Experimental Layout	60
4.5.2	Results	62
4.5.2.1	Stereo-Triangulation Accuracy	63
4.5.2.2	Feature Matching Performance	65

4.5.2.3	Validation Using a Metronome	66
4.5.2.4	Psychophysiological Results	67
4.5.3	Discussion	67
5	Estilos Defensivos en Humanos. Correlatos Neuroendocrinos, Psicofisiológicos y del Movimiento	71
5.1	Introducción	71
5.2	Método	74
5.2.1	Participantes	74
5.2.2	Pruebas y Medidas Neuroendocrinas, Psicofisiológicas y del Movimiento	75
5.2.2.1	Recogida de Muestra Basal de las Hormonas Cortisol y Testosterona	75
5.2.2.2	Prueba Psicofisiológica	77
5.2.2.3	Prueba Posturográfica	78
5.2.2.4	Medición del Movimiento a través de la Estereovisión	79
5.2.3	Medidas de Autoinforme	79
5.2.4	Aparatos e Instrumentos	82
5.2.4.1	Variables Fisiológicas	82
5.2.4.2	Presentación de Estímulos	84
5.2.4.3	Variables Posturográficas	84
5.2.4.4	Estereovisión	85
5.2.4.5	Variables Neuroendocrinas	86
5.2.5	Procedimiento	87
5.2.6	Análisis Estadísticos	88
5.3	Resultados	89
5.3.1	Análisis Descriptivo	89
5.3.1.1	Perfil Neuroendocrino de la Muestra	89
5.3.2	Análisis de Correlación	93
5.3.2.1	Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas	93
5.3.2.2	Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas de Autoinforme	93
5.3.2.3	Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas Psicofisiológicas	95

ÍNDICE

5.3.2.4	Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas Posturográficas	95
5.3.2.5	Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas de Estereovisión	95
5.3.3	Análisis de Regresión	97
5.3.4	Análisis de Varianza (ANOVA)	98
5.3.4.1	Medidas Neuroendocrinas	98
5.3.4.2	Medidas de Autoinforme	99
5.3.4.3	Medidas Psicofisiológicas	105
5.3.4.4	Medidas Posturográficas	114
5.3.4.5	Medidas de Estereovisión	115
5.4	Discusión	116
6	Estilos Defensivos en Humanos. Correlatos Neuroendocrinos y Psicofisiológicos durante la Tarea de Estrés Psicosocial de Trier (TSST)	125
6.1	Introducción	125
6.2	Método	129
6.2.1	Participantes	129
6.2.2	Tarea Experimental: Adaptación del Test de Estrés Social de Trier (TSST)	130
6.2.3	Aparatos y Medidas Fisiológicas	131
6.2.4	Medidas de Autoinforme	132
6.2.5	Procedimiento	132
6.2.6	Análisis Estadístico	133
6.3	Resultados	134
6.3.1	Análisis de Correlación	134
6.3.1.1	Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas Psicofisiológicas	134
6.3.1.2	Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas Posturográficas	134
6.3.2	Análisis de Varianza (ANOVA)	135
6.3.2.1	Medidas Subjetivas	135
6.3.2.2	Medidas Neuroendocrinas	140
6.3.2.3	Medidas Psicofisiológicas	142
6.4	Discusión	147

7	Discusión General y Perspectivas Futuras	151
7.1	Discusión General	151
7.2	Conclusiones	156
7.3	Limitaciones y Perspectivas Futuras	156
8	International Ph.D.	159
8.1	Abstract	159
8.2	Conclusions	161
9	Bibliografía	163
	Anexo I	193

ÍNDICE

Capítulo 1

Introducción

1.1 Respuesta Defensiva y Estrés

El concepto *defensa* hace referencia a las respuestas conductuales y fisiológicas de los organismos que ocurren en respuesta a una variedad de estímulos amenazantes o de peligro (p.e., Blanchard y Blanchard, 1989; Cannon, 1929). El estudio de las respuestas defensivas ha estado muy relacionado con los conceptos de estrés y homeostasis y su relación con la salud y la supervivencia, asumiéndose en estos conceptos la existencia de un complejo mecanismo de respuestas fisiológicas y conductuales adaptativas que preservan al organismo de las desviaciones de un equilibrio que se considera normal o saludable.

El término *estrés* originariamente fue utilizado por la física, específicamente por la mecánica, siendo más tarde transferido a otras disciplinas como la psicología o la medicina. En su concepción original, estrés hacía referencia a la presión o fuerza externa que se ejerce sobre un cuerpo pudiendo provocar tensión en sus elementos estructurales hasta ser capaz de romperlo o deformarlo, implicando no sólo intensidad y duración de la presión sino una reacción opuesta de resistencia. Desde este punto de vista, este fenómeno es considerado como una característica estimular del ambiente y no una característica interna de los cuerpos.

En psicología, se empezó a utilizar este concepto a partir de los trabajos de Walter Cannon (1932) y Hans Selye (1936). Selye (1936) entendía el estrés como la respuesta inespecífica del organismo a cualquier demanda, siendo la naturaleza del estresor irrelevante y sin tener una causa delimitada. Por su parte, Cannon (1932) cuestionaba la no especificidad de las respuestas del organismo al estrés.

1. INTRODUCCIÓN

La palabra estrés ha sido definida de diferentes formas en función del campo de estudio y del autor y desde los inicios de la utilización de este término, ha habido intentos por delimitarlo (Franks, 1994; Levine, 2005) siendo en la actualidad un concepto vago (p.e., Chichinadze y Chichinadze, 2008). A pesar de la cantidad de investigación existente, no hay un consenso sobre su definición, lo que ha limitado los avances en este campo (Koolhaas y cols., 2001; Korte, Koolhaas, Wingfield y McEwen, 2005; Le Moal, 2007). Una de las definiciones más extendida hace referencia al estrés considerado como estímulo, al concebirse como cualquier amenaza importante, real o percibida, que pone en riesgo la estabilidad de la homeostasis (p.e., Charmandari, Tsigos y Chrousos, 2005; Kaltsas y Chrousos, 2007). También se ha conceptualizado el término estrés en función de los cambios fisiológicos que sufre el organismo, haciendo referencia al estrés como respuesta. Igualmente, se ha utilizado para hacer referencia al extremo patológico de la sobreestimulación del organismo (Koob, 1999), asociando el estrés a la patología. Lejos de la connotación negativa inicial que se le atribuía al estrés, algunos autores han introducido la diferenciación entre estrés positivo y negativo, en el sentido de que el estrés implica la exposición a cambios ambientales o físicos tanto negativos (amenazantes) como positivos (reforzantes) que provocan cambios fisiológicos adaptativos (p.e., Herman y Cullinan, 1997).

1.2 Homeostasis y Alostasis

Independientemente de la definición de estrés que se maneje, en este proceso de adaptación de los organismos a los cambios ambientales se asume que el organismo aumenta su probabilidad de supervivencia si ajusta, mediante mecanismos de feedback negativos, los parámetros de su medio interno para mantenerlos estables ante pequeñas perturbaciones, proceso denominado *homeostasis* (Cannon, 1932, 1935). En este contexto, un estresor sería un estímulo que amenaza la homeostasis y la respuesta de estrés una reacción del organismo para recuperar la homeostasis (Chrousos, 2009; Chrousos y Gold, 1992). El término *Alostasis* fue introducido por Sterling y Eyer (1988) y significa literalmente mantenimiento de la estabilidad a través del cambio, es decir, es un proceso activo por el cual el organismo reacciona a los cambios ambientales mediante la respuesta de los sistemas del organismo para mantener la homeostasis y promover la adaptación. En este contexto, la diferencia entre alostasis y homeostasis radica en que este

último concepto hace referencia a la conservación de los parámetros internos del organismo en una franja fija para promover la adaptación, mientras que el primero hace referencia a la variabilidad de esos parámetros en función de las demandas ambientales y que son necesarias para que no se rompa la homeostasis (McEwen, 2000; McEwen y Gianaros, 2011; McEwen y Seeman, 2003; McEwen y Wingfield, 2010; Sterling y Eyer, 1988). McEwen y colaboradores propusieron un Modelo Alostático para entender cómo los organismos se enfrentan (*cope*) a los estresores basado en los conceptos de alostasis, carga alostática y sobrecarga alostática, pudiendo reemplazar al modelo clásico de estrés (Romero, Dickens y Cyr, 2009). El cerebro es el órgano central de esta respuesta al estrés, órgano que percibe, interpreta y responde a los estresores y determina tanto las respuestas fisiológicas como las respuestas conductuales. Esta interpretación sobre si es amenazante o no una situación está influenciada por las experiencias de cada individuo, la genética y la conducta. Cuando el cerebro percibe una situación como estresante, pone en marcha respuestas conductuales y fisiológicas para alcanzar la alostasis y la adaptación, dependiendo el impacto del estresor, en gran parte, de estas respuestas. Los sistemas de los que dispone el organismo y el cerebro para responder a los estresores se llaman *mediadores alostáticos* (p.e., glucocorticoides) y cada vez se mantiene más la idea de que estos mediadores del estrés tienen efectos tanto protectores como dañinos (p.e., McEwen, 1998; McEwen, 2008, McEwen y Seeman, 1999), por lo que la clave en el éxito de la respuesta de estrés está en el control de estos mediadores, de manera que una respuesta intensa pero momentánea de estos mediadores puede producir una respuesta alostática (protectora) mientras que una respuesta intensa pero mantenida una vez que el estresor ha desaparecido puede ser perjudicial para el organismo (Charmandari y cols., 2005; Negrão, Deuster, Gold, Singh y Chrousos, 2000). Esta falta de regulación de los sistemas alostáticos se ha denominado *carga alostática* (p.e., McEwen, 1998; McEwen, 2008; McEwen y Gianaros, 2011; McEwen y Seeman, 1999; McEwen y Wingfield, 2010), y un estado alostático puede derivar en cuatro tipos de carga alostática (Korte y cols, 2005; McEwen, 1998; McEwen, 2008; McEwen y Seeman, 1999; McEwen y Stellar, 1993): 1) *estrés frecuente*, diferentes estresores provocan demasiado “estrés” causando elevaciones repetidas de los mediadores en un período de tiempo corto. Esta activación frecuente puede llevar a una acumulación de los mediadores del estrés provocando una activación sostenida de esa respuesta a largo plazo; 2) *habitación*, este segundo tipo de carga alostática implica un fallo

1. INTRODUCCIÓN

del organismo para habituarse o adaptarse a la repetición del mismo estresor, llevando nuevamente a una activación sostenida de esa respuesta; 3) *cronicidad*, ausencia de interrupción de la respuesta después de que el estresor ha desaparecido, produciendo una actividad continuada; pueden producirse ante estresores crónicos o en individuos con problemas en la recuperación del patrón de respuesta de estrés, llevando nuevamente a la acumulación de los niveles de los mediadores; y, por último, 4) la falta de una *respuesta adecuada* debido a la ausencia de la movilización necesaria de los mediadores y que lleva a otros sistemas a sobreactivarse.

Dentro de ciertos límites, la carga alostática es una respuesta adaptativa a las demandas; Sin embargo, si la carga alostática incrementa drásticamente puede producir un estado de *sobrecarga alostática* (McEwen y Wingfield, 2003). Si los recursos necesarios para generar la carga alostática y mantener la homeostasis excede a los recursos que tenemos o que pueden ser movilizados, se produce la *sobrecarga alostática tipo I* (Korte y cols., 2005; McEwen y Wingfield, 2003). La *sobrecarga alostática tipo I* inicia una etapa de emergencia en la cual los organismos ajustan su comportamiento y fisiología para disminuir la carga alostática (Romero y cols., 2009). La *sobrecarga alostática tipo 2* ocurre si la carga alostática es demasiado elevada durante demasiado tiempo y, por lo tanto, los sistemas fisiológicos que median la alostasis se activan de forma prolongada y empiezan a crear desajustes en los organismos (McEwen y Wingfield, 2003; Romero y cols., 2009).

1.3 Neuroendocrinología del Estrés

1.3.1 Estrés, Eje Hipotalámico-Hipofisario-Adrenal (HHA) y Cortisol

El sistema neuroendocrino juega un papel central en las respuestas adaptativas de los organismos ante el estrés (Kaltsas y Chrousos, 2007). El eje Hipotalámico-Hipofisario-Adrenal (HHA), junto con el eje simpático-adrenomedular (SAM), es considerado el principal determinante de la respuesta de estrés (Kaltsas y Chrousos, 2007; Koob, 1999; Negrão y cols., 2000; Tsigos y Chrousos, 2002). Es un sistema adaptativo crítico para la supervivencia (Jankord y Herman, 2008), siendo el cortisol el marcador biológico principal utilizado en estudios de la respuesta ante el estrés (Clow, 2004). El hipotálamo, junto con el tronco cerebral, es el lugar del cerebro implicado en el control del sistema de estrés y es donde se

inicia la activación de este eje HHA. El componente central es el núcleo paraventricular (NPV) del hipotálamo donde se encuentran las neuronas parvocelulares que envían sus axones al sistema portal-hipofisario situado en la eminencia media, cuya activación es responsable de la liberación de la hormona liberadora de corticotropina (CRH) y de la vasopresina (AVP) para ser conducidas a la hipófisis anterior. En este lugar es donde la CRH estimula sinérgicamente la secreción de la hormona adrenocorticotropina (ACTH) por parte de las células corticotrópicas de la pituitaria anterior siendo liberada al torrente sanguíneo (Charmandari y cols., 2005; Herman y Cullinan, 1997; Kaltsas y Chrousos, 2007; Tsigos y Chrousos, 2002). La AVP es un potente factor sinérgico de la CRH potenciando su liberación, pero por sí sola tiene poca capacidad para secretar ACTH (Charmandari y cols., 2005; Tsigos y Chrousos, 2002). La ACTH es una hormona polipéptida derivada del polipéptido proopiomelanocortina (POMC), cuya función es la de regular e inducir la producción y liberación de hormonas glucocorticoides en la zona fascicular de la corteza de las glándulas adrenales, localizada en la porción superior de los riñones (Charmandari y cols., 2005; Clow, 2004; Herman y Cullinan, 1997; Tsigos y Chrousos, 2002). Los glucocorticoides son el producto final del eje HHA (Charmandari y cols., 2005; Jankord y Herman, 2008; Kaltsas y Chrousos, 2007, Tsigos y Chrousos, 2002). En humanos, la principal hormona glucocorticoide secretada por el cortex adrenal es el cortisol. En animales, la principal hormona es la corticosterona (Hellhammer, Wüst y Kudielka, 2009; Tsigos y Chrousos, 2002).

Existen dos tipos de receptores a través de los cuales actúan los glucocorticoides: los tipo mineralocorticoides (MRs) o tipo I y los tipo glucocorticoides (GRs) o tipo II (Charmandari y cols., 2005; Kaltsas y Chrousos, 2007; LeMoal, 2007). Ambos tipos de receptores se encuentran en el hipocampo, aunque el tipo GR también se encuentra en otras regiones (Jankord y Herman, 2008; LeMoal, 2007). En condiciones basales donde las concentraciones de glucocorticoides son bajas, éstos se unen preferentemente a los MR, por lo que estos receptores son los que responden o tienen mayor actividad (Charmandari y cols., 2005; Kaltsas y Chrousos, 2007; LeMoal, 2007). Los receptores GR responden tanto ante niveles basales, pero lo hacen de forma parcial o con menor actividad (Charmandari y cols., 2005; Kaltsas y Chrousos, 2007), como ante estrés, emoción y arousal elevado. Es en este último caso, donde las concentraciones de glucocorticoides es elevada, cuando los receptores GR son fuertemente activados. En esta situación

1. INTRODUCCIÓN

de estrés o alta tensión emocional, es cuando la fuerte activación de los receptores GR puede producir un efecto de feedback negativo sobre el eje HHA (Charmandari y cols., 2005; Herman y Cullinan, 1997; Jankord y Herman, 2008; Kaltsas y Chrousos, 2007; LeMoal, 2007). El desequilibrio entre la ocupación de los dos tipos de receptores determina la acción de los glucocorticoides influyendo en la susceptibilidad de los individuos ante los estresores y, por tanto, favoreciendo el desarrollo de enfermedades relacionadas con el estrés. Así, ambos receptores median los efectos coordinados y diferenciales de los glucocorticoides sobre la homeostasis celular y la adaptación conductual (LeMoal, 2007).

El cortisol es una hormona esteroide y es el principal glucocorticoide, en humanos, de la activación del eje HHA. Está implicada en diversos procesos metabólicos importantes en el mantenimiento de las funciones esenciales del organismo (homeostasis), por ejemplo la producción de glucosa a partir de aminoácidos, el metabolismo de carbohidratos, la presión arterial, la respuesta inflamatoria y las reservas de energía, y afecta al equilibrio del sistema inmune y al funcionamiento del sistema nervioso central, siendo clave para la supervivencia (Clow, 2004; Edwards, Clow, Evans y Hucklebridge, 2001; Lovallo y Thomas, 2000; Smyth y cols., 1997; Stone y cols., 2001). Igualmente, se ha señalado la importancia de esta hormona en funciones cognitivas y conductuales (Edwards y cols., 2001). Esta hormona también tiene una función importante en la preparación del organismo para responder ante un estresor, y es considerada como “la hormona del estrés” (p.e., Hardy y cols., 2005; Popma y cols., 2007). Por tanto, los glucocorticoides son beneficiosos a corto plazo (Jankord y Herman, 2008). Sin embargo, cuando el organismo está expuesto a un estrés prolongado, pueden llevar a disfunciones metabólicas, inmunes y psicológicas (p.e., McEwen y Stellar, 1993; Selye, 1936). En estas condiciones, el cortisol actúa sobre el hipotálamo y la hipófisis anterior inhibiendo la secreción de las hormonas CRH y ACTH a través de un mecanismo de feedback negativo lo que produce desactivación temporal del eje HHA y la reducción del tiempo de exposición de los tejidos a los glucocorticoides (Charmandari y cols., 2005; Jankord y Herman, 2008; Lovallo y Thomas, 2000; Tsigos y Chrousos, 2002).

Aproximadamente el 90% del cortisol plasmático está fuertemente ligado a una proteína transportadora, siendo sólo entre el 5 y el 10% la proporción de cortisol que circula libremente (Kahn, Rubinow, Davis, Kling y Post, 1988).

El eje Hipotalámico-Hipofisario-Adrenal (HHA) reacciona de forma refleja

ante estímulos que señalan una amenaza directa a la homeostasis o a la supervivencia. Pero la activación de este eje y, por lo tanto, la secreción de glucocorticoides, también ocurre en ausencia de amenaza (Jankord y Herman, 2008; Tsigos y Chrousos, 2002). En situaciones normales (no estresantes), la secreción de los glucocorticoides posee un ritmo circadiano en el que las neuronas parvocelulares secretan de forma pulsátil (2 o 3 episodios sincrónicos de secreción por hora) CRH y AVP en el sistema portal-hipofisiario. La estimulación de las neuronas paraventriculares (NPV) por el núcleo supraquiasmático es la responsable de la regulación de este ritmo (Stone y cols., 2001). En las primeras horas de la mañana la amplitud de los pulsos de CRH y AVP aumentan y, por lo tanto, aumenta la frecuencia de los episodios de secreción de ACTH y cortisol (Buckley y Schatzberg, 2005; Chrousos y Gold, 1992; Clow, 2004; Kaltsas y Chrousos, 2007; Tsigos y Chrousos, 2002), alcanzando los niveles máximos a los 30 minutos después del despertar, seguido de una fuerte caída durante las tres horas siguientes (Edwards y cols, 2001; Clow, 2004, Clow y cols., 2006). Estos niveles de cortisol en plasma siguen disminuyendo durante la tarde y la noche hasta alcanzar sus niveles mínimos (Buckley y Schatzberg, 2005, Clow, 2004; Edwards y cols., 2001). Se sabe que la porción libre de los esteroides medido en saliva muestra el mismo ritmo diurno que los niveles plasmáticos (p.e., Luthold, Marcondes y Wajchenberg, 1985; Stone y cols., 2001).

Durante estrés agudo, la amplitud y sincronización de las pulsaciones de CRH y AVP en el sistema portal hipofisiario aumenta drásticamente, llevando al incremento de los episodios de secreción de ACTH y cortisol (Kaltsas y Chrousos, 2007; Tsigos y Chrousos, 2002).

La magnitud de la respuesta del eje HHA ante el estrés es limitada, tanto a nivel neural como hormonal, para así mantener los niveles de glucocorticoides dentro de límites normales (Herman y Cullinan, 1997).

1.3.2 Estrés, Eje Hipotalámico-Hipofisario-Gonadal (HHG) y Testosterona

La testosterona es una hormona esteroide secretada y regulada por la activación del eje Hipotalámico-Pituitario-Gonadal (HHG) tanto en hombres como en mujeres. En hombres, la testosterona es la principal hormona andrógena siendo secretada fundamentalmente en los testículos por las células de Leyding (Wang y Swerdloff, 1992). En mujeres, los ovarios son el primer sitio de síntesis de

1. INTRODUCCIÓN

testosterona a través de las células teca (Davis y Tran, 2001). Las hormonas pituitarias ejercen efectos de regulación hormonal, de forma que cuando los niveles de testosterona son bajos, la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) es liberada por el hipotálamo estimulando, a su vez, la glándula pituitaria anterior. Esta glándula secreta la hormona luteinizante (LH), hormona gonadotrópica y principal reguladora de la síntesis y liberación de la testosterona estimulando las células intersticiales ováricas y las células testiculares de Leydig para la secreción de testosterona. La LH es sintetizada y liberada de forma pulsátil, siendo secretada a intervalos de 60-90 minutos en hombres normales (Wang y Swerdloff, 1992).

La testosterona ejerce su acción a través del receptor andrógeno (AR), que es un miembro de la familia de receptores nucleares (Davis y Tran, 2001; Walters, Allan y Handelsman, 2008).

El hipotálamo recibe mensajes desde los testículos para regular la síntesis y modulación de la GnRH, de forma que la testosterona es el principal esteroide con efectos de feedback inhibitorios sobre la LH en hombres (Wang y Swerdloff, 1992).

Normalmente, sólo el 2-3% del total de la testosterona circula libremente, estando el resto distribuido entre el 44% de la testosterona circulante unida a la globulina de unión de hormonas sexuales (SHBG), el 50% unido a la albúmina y el 3.5% unida a la globulina de unión al cortisol. Generalmente se asume que la fracción no unida a SHBG o fracción libre, esto es, la testosterona biodisponible, es biológicamente activa (Arregger, Contreras, Tumilasci, Aquilano y Cardoso, 2007), aunque esta asunción no está bien establecida (Davis y Tran, 2001). Estos niveles de testosterona circulante decrecen con la edad tanto en hombres (Bain, 2007; Harman, Metter, Tobin, Pearson y Blackman, 2001) como en mujeres (Davis y Tran, 2001), siendo el decremento más pronunciado en la fracción más activa del nivel total de la testosterona, es decir, la testosterona unida a SHBG (Bain, 2007). En mujeres los niveles de testosterona a los 40 años son aproximadamente la mitad que los de las mujeres de 20 años. Esto es debido a que los niveles de DHEA y DHEA-S (precursores de los andrógenos y estrógenos) descienden con la edad, pudiendo influir otras causas iatrogénicas, como el uso de la quimioterapia. El uso de estrógenos exógenos, como por ejemplo el uso de anticonceptivos orales, disminuye significativamente los niveles de testosterona libre circulante al incrementar los niveles de SHBG y suprimir la secreción de LH. Los niveles de

testosterona en mujeres menopausicas es menor que el de otras mujeres, pero se sabe poco de los niveles absolutos de testosterona después de la menopausia. Una de las limitaciones en el estudio de la testosterona en mujeres es que muchos de los estudios no han tenido en cuenta la variación diurna o el carácter cíclico de las testosterona (Davis y Tran, 2001).

La testosterona tiene demostrada una importante función fisiológica. En hombres, es determinante del desarrollo de las características sexuales secundarias, como aumento del vello corporal y la espermatogénesis, asociadas a la pubertad. Igualmente, tiene una implicación en el crecimiento y maduración de los huesos y del desarrollo y mantenimiento de la masa muscular (Bain, 2007). En mujeres, los andrógenos tienen una importante acción biológica, produciendo su déficit alteraciones físicas y psicológicas (Davis y Tran, 2001). También se ha encontrado un efecto de esta hormona en la ovulación de la mujer jugando un papel en la fertilidad (Walters y cols., 2008). Su función sobre el deseo sexual, el humor, la emoción y bienestar es conocido, tanto en hombres como en mujeres (Bain, 2007; Davis y Tran, 2001; Herrero, Gadea, Rodríguez-Alarcón, Espert y Salvador, 2010). También parece ejercer efectos importantes en funciones cognitivas, como la memoria y las funciones visoespaciales (Bain, 2007). La relación recíproca entre los andrógenos y el comportamiento ha sido demostrada en varios estudios (Oliveira, Gouveia y Oliveira, 2009; Salvador, Suay, Martínez-Sanchis, Simon y Brain, 1999). La primera relación estudiada y demostrada, tanto en animales como en humanos, ha sido la establecida entre los andrógenos y la conducta agresiva, aunque en el caso de los humanos existen algunas controversias al respecto (p.e., Archer, 2006; Gleason, Fuxjager, Oyegbile y Marler, 2009; Herrero y cols., 2010; Popma y cols., 2007; Salvador y cols.,1999).

La testosterona tiene un ritmo circadiano. Las concentraciones tienen un nivel elevado por la mañana y van disminuyendo durante el día hasta alcanzar los niveles más bajos durante la noche. Este ritmo se encuentra mitigado en hombres de avanzada edad (Brambila, Matsumoto, Araujo y McKinlay, 2009; Diver, Imtiaz, Ahmad, Vora y Fraser, 2003).

Existe evidencia científica de la influencia inhibitoria del estrés en los niveles de testosterona tanto en animales como en humanos. Numerosos estresores, particularmente los estresores crónicos, disminuyen los niveles de LH y, consecuentemente, los niveles de testosterona suprimiendo la esterogénesis en los testículos. Se ha demostrado el efecto de una gran variedad de estímulos estresantes, como

1. INTRODUCCIÓN

enfermedades, el ejercicio físico intenso y las interacciones psicosociales, en la supresión del eje reproductivo (Hardy y cols., 2002). Parte de los efectos del estrés sobre los niveles de testosterona son mediados por la acción inhibitoria de los glucocorticoides en la producción de testosterona en las células de Leyding que se encuentran en los testículos (Chichinadze y Chichinadze, 2008; Gao y Cols., 2002; Hardy y cols., 2002; Hardy y cols., 2005; Hu y cols., 2008).

Existen algunas evidencias de que los niveles de testosterona inhibidos ante diferentes estresores, específicamente ante estrés agudo, no se produce de forma invariante y que depende del tipo de estresor. De esta forma, se ha visto que ante contextos que implican competición, dominancia o estatus social se produce una elevación inicial de los niveles de testosterona, sobre todo en individuos que son dominantes, ya que no percibirían la situación como estresante, o que experimentan una victoria en una competición, debido a las emociones positivas que conlleva el salir victorioso. Posteriormente, los niveles de testosterona están más acorde con los niveles producidos ante un estresor social asemejándose a individuos controles (Chichinadze y Chichinadze, 2008; Hardy y cols., 2002; Oliveira y cols., 2009).

1.4 Medidas del Movimiento y Estrés

Desde los primeros estudios sobre reflejos defensivos incondicionados de orientación y defensa (Paulov, 1927), donde se medía la respuesta defensiva a través de movimientos tales como la retirada de la mano ante un calambre o el parpadeo ante un soplo de aire, se ha producido un olvido del estudio del movimiento en las respuestas defensivas debido, principalmente, a la incompatibilidad del estudio de estas variables con el contexto de laboratorio. El electromiograma se ha utilizado como medida indirecta del movimiento pero sólo nos proporciona el nivel de activación de algunos músculos implicados en los reflejos defensivos (p.e., reflejo motor de sobresalto). En nuestro estudio, hemos incluido dos métodos novedosos para el estudio del movimiento en contextos emocionales, la estereovisión y la estabilometría.

1.4.1 La Estereovisión

La estereovisión es una técnica basada en la determinación de la posición de un conjunto de puntos detectados a través de un algoritmo automático en las

imágenes del participante capturadas por dos cámaras. El uso de dos cámaras permite la representación de cada punto en el espacio tridimensional mediante una técnica llamada triangulación. Estas dos cámaras se posicionan en una línea horizontal para obtener dos perspectivas diferentes de cada imagen, de manera similar a la visión binocular humana. La comparación de la posición de un punto determinado en cada una de estas dos imágenes nos permite analizar con precisión temporal de 33 milisegundos (la tasa de muestreo de las cámaras) el desplazamiento del participante (“motion tracking”), evocado por la presentación de estímulos discretos, en nuestro caso el estímulo auditivo de sobresalto. El desplazamiento es analizado en el eje X,Y y Z (dirección medio-lateral, antero-posterior y vertical, respectivamente). Este es el primer estudio que introduce esta técnica en el contexto del estudio de la emoción y las respuestas defensivas.

1.4.2 La Posturografía

La Posturografía o estabilometría es una técnica objetiva para la evaluación del control postural de la persona en bipedestación estable y en condiciones de desestabilización, a través del estudio del movimiento del centro de presión (CP) (Balaguer García, Pitarch Corresa, Baydal Bertomeu y Morales Suárez-Varela, 2012; Boniver, 1989; Peydro de Moya, Baydal Bertomeu y Vivas Broseta, 2005). Se trata de un método de evaluación del movimiento y equilibrio del cuerpo por medio de la cuantificación del balanceo u oscilación continua del cuerpo, estando la persona en una posición vertical sobre una plataforma de fuerza o dinamométrica (Chiari, Rocchi y Cappello, 2002; Kapteyn et. al, 1983; Oliveria, Simpson y Nadal, 1996). La posturografía analiza las oscilaciones posturales a través del registro de la proyección vertical (vector de reacción contra el suelo) de la fuerza de gravedad (Peydro de Moya y Cols., 2005; Rocchi, Chiari y Cappello, 2004). El CP hace referencia a que una persona se encuentra en equilibrio cuando mantiene su Centro de Masa (CM) dentro de la Base de Soporte (BS), proyectando, para ello, verticalmente una serie de fuerzas musculares. La resultante de todas estas fuerzas aplicadas con los pies sobre la plataforma de fuerza es el CP (Bizzo, Guillet, Patat y Gagey, 1985; Chiari y cols., 2002). El desplazamiento del CP hace referencia al movimiento de la proyección vertical (vector de reacción al suelo) del centro de gravedad, es decir, la oscilación postural. Por límite de estabilidad, entendemos la distancia máxima que una persona puede desplazar su centro de gravedad sin cambiar la base de soporte, es decir, sin mover

1. INTRODUCCIÓN

los pies del suelo. Este límite de estabilidad dependen de la colocación de los pies y de la superficie de apoyo, y depende menos de factores como la talla y edad de la persona (Peydro de Moya y cols., 2005).

Existen dos tipos de posturografías (Bronstein, 2003; Peydro de Moya y cols., 2005), (a) *la Posturografía estática*, que utiliza una plataforma estabilométrica o dinamométrica fija para medir las oscilaciones posturales, a través del análisis de las variaciones en el movimiento del CP, y (b) *la Posturografía dinámica*, que utiliza una plataforma estabilométrica montada sobre un soporte móvil, de forma que puede inclinarse hacia delante o hacia atrás, desplazarse horizontalmente y rotar alrededor de un eje colineal con los tobillos.

Las estrategias posturales que los bípedos llevamos a cabo para mantener el equilibrio son movimientos para mantener el centro de gravedad dentro de la base de soporte (Karlsson y Lanshammar, 1997). Existen tres tipos de estrategias, dependiendo la elección de una u otra del (1) grado de desplazamiento del centro de gravedad en relación con los límites de estabilidad; (2) de la velocidad de desplazamiento; y (3) la superficie de soporte: 1) *estrategia de tobillo*: el movimiento del cuerpo para mantener el equilibrio se realiza alrededor del tobillo, por lo tanto en la dirección anteroposterior; los movimientos del centro de gravedad son lentos y alejados de los límites de estabilidad; esta estrategia se pone en marcha cuando la superficie de soporte es estable y mayor que la de los pies; 2) *estrategia de cadera*: el movimiento para alcanzar el equilibrio se realiza alrededor de la cadera, por lo tanto son movimientos mediolaterales; el centro de gravedad se mueve rápidamente y se desplaza cerca de los límites de estabilidad; esta estrategia se utiliza cuando la superficie de sustentación es inestable y menor que la de los pies; y 3) *estrategia de paso*: el desplazamiento del centro de gravedad va más allá de los límites de estabilidad, lo que hace que se tenga que desplazar un pie para evitar la caída; la base de soporte es el área de contacto entre la planta de los pies y la superficie del suelo; a mayor base de soporte mayor equilibrio, ya que permite al centro de gravedad de la persona ubicarse dentro de esta área (Peydro de Moya y cols., 2005).

El principio de acción y reacción a la que hace referencia la 3ª ley de Newton dice que a toda *fuerza de acción* le corresponde otra de misma magnitud y dirección, pero sentido contrario denominada *fuerza de reacción*. De esta forma, se puede obtener el valor de una fuerza externa ejercida sobre una superficie (de reacción) al hallar la fuerza que la origina (de acción), que tendrán

la misma magnitud y dirección pero sentido contrario. Aplicado a las plataformas estabilométricas, los pies ejercen una fuerza (de acción) que provoca un desplazamiento (de reacción) que se puede medir, así toda fuerza aplicada sobre la plataforma dinamométrica producirá una señal eléctrica proporcional a la fuerza aplicada por los pies y que se proyectará en los tres ejes del espacio (x, y, z) (Collado Vázquez, 2005).

La plataforma estabilométrica, al ser una técnica destinada a la cuantificación del balanceo del cuerpo de las personas en posición de pie (Kapteyn y cols., 1983), mide, registra y analiza los componentes verticales de la fuerza de reacción sobre el suelo y sus puntos de aplicación, el CP. El registro se realiza sobre una plataforma rígida de acero montada sobre cuatro columnas en las que se encuentran las galgas extensiométricas (transductores de fuerza) en una posición erecta quieta o en movimiento (Bizzo y cols., 1985; Chiari y cols., 2002; Sanchez-Lacuesta y cols., 1993; Winter, 1995). Para indicar la magnitud de la fuerza, las plataformas utilizan la deformación de un elemento sensible como medida de fuerza aplicada, de forma que la fuerza ejercida sobre el elemento sea directamente proporcional a la deformación de éste. Así, cuando una persona incide o se coloca sobre la plataforma la tensión provocada por la fuerza ejercida se reparte entre los cuatro sensores extensiométricos originando cambios eléctricos. La medición de estos cambios se utiliza para obtener la fuerza resultante en los tres ejes del espacio y el punto de aplicación de dicha fuerza en cada momento del apoyo (Peydro de Moya y cols., 2005). Esta medida se realiza en las tres direcciones ortogonales: vertical (z), antero-posterior (y) y medio-lateral (x) (Collado Vázquez, 2005), en un sistema de coordenadas cartesianas definido éste por el marco de referencia de la persona durante la prueba (Bizzo y cols., 1985).

El equilibrio está influenciado por múltiples factores, de forma que éste puede sufrir un deterioro a causa de la edad o por el padecimiento de enfermedades neurológicas, vestibulares o musculoesqueléticas (Visser, Carpenter, van der Kooij y Bloem, 2008). Las medidas posturográficas pueden estar influidas también por numerosas variables individuales, además de estar parcialmente afectadas por el aprendizaje del individuo a través de la repetición de ensayos que lleva a una optimización del gasto de energía debido a una progresiva reducción del balanceo del cuerpo (Tarántula, Nordane, Tacchini y Schieppati, 1997). Las principales diferencias interindividuales se relacionan con las diferencias biomecánicas de los participantes (Chiari y cols., 2002): 1) la morfología de los individuos junto con la

1. INTRODUCCIÓN

función articularia y muscular y 2) el tamaño corporal y el tamaño de los pies, ya que influyen en la estabilidad postural aunque su impacto en los parámetros estabilométricos no ha sido muy estudiado.

Existe un interés creciente en el estudio de la relación entre emoción y control del equilibrio. La estabilometría se ha utilizado como instrumento de medida para relacionar el control postural con factores cognitivos y emocionales, y se han encontrado evidencias de la asociación entre diferentes estados cognitivos y emocionales, por una parte, y los diferentes comportamientos posturales en humanos, por otra (Davis, Campbell, Adkin, y Carpenter, 2009; Stins, Roerdink y Beek, 2011). En este sentido, existen estudios que han analizado la influencia de diferentes niveles de amenaza o miedo a caerse, medido a través de la colocación de la plataforma a diferentes alturas del suelo, y del aprendizaje, medido mediante experiencias previas, en el aumento de la implicación del sistema nervioso central (SNC) en el control postural, encontrándose influencia de estos dos factores en el nivel de control postural. De esta forma, se ha observado que los individuos colocados sobre la plataforma a diferentes alturas del suelo, comparados con individuos que están sobre el suelo, ponen en marcha estrategias posturales consistentes en una menor amplitud y una mayor frecuencia de los desplazamientos del CP (Adkin, Frank, Carpenter y Peysar, 2000; Carpenter, Frank, Silcher y Peysar, 2001; Davis y cols., 2009). Davis y cols. (2009) encontraron que este efecto de la altura de la superficie en el control postural es dependiente de estados emocionales como el miedo y la ansiedad, de forma que las personas que tenían miedo utilizaban estrategias de control postural diferentes a las personas que no experimentaban este miedo, sugiriendo una relación entre miedo a caer y control postural. En esta misma línea, Hauk, Carpenter y Frank (2008) encontraron un aumento de la frecuencia y disminución en la amplitud del desplazamiento del CP en condiciones de alta amenaza postural en comparación a condiciones de baja amenaza postural.

La posturografía, al ser una técnica simple y no invasiva que requiere muy poco tiempo de medición (Nishiwaki, Takebayashi, Imai, Yamamoto y Omae, 2000), se ha empezado a utilizar en varios campos aplicados, como la medicina, la epidemiología o las neurociencias, pero posee una falta de validez ecológica y su utilidad aplicada a la clínica es todavía dudosa (Visser y Cols., 2008). Se ha utilizado en el estudio de diferentes patologías psicológicas como, por ejemplo, la fobia a las alturas (Boffino y cols., 2009). Boffino y cols. (2009) investigaron

la asociación entre el miedo a las alturas y anomalías en el control del equilibrio encontrando que las personas con fobias específicas a las alturas obtienen puntuaciones más bajas en las medidas de equilibrio en condiciones de estabilidad y desestabilidad. Perna y cols. (2001) encontraron evidencias del papel del sistema de equilibrio en el trastorno de pánico y de su influencia en los mecanismos psicobiológicos de la evitación agorafóbica.

En relación al estudio de las respuestas defensivas ante diferentes estresores, se ha propuesto el análisis del balanceo postural como alternativa al estudio tanto de conductas de evitación como de conductas de aproximación (Hillman, Rosengren y Smith, 2004) y, en general, se ha propuesto la medida del balanceo como herramienta para medir los cambios posturales provocados por estímulos emocionales (p.e., Azevedo y cols., 2005; Carpenter y cols., 2001). La plataforma se ha utilizado para medir el efecto de la visión de imágenes negativas sobre el equilibrio a través de la respuesta de *freezing*. Azevedo y cols. (2005) evaluaron una postura similar al *freezing* en hombres inducida mediante la visualización de imágenes afectivas de contenido referente a mutilaciones o heridas. Encontraron que la visión de estas imágenes desagradables producía una disminución del área de desplazamiento del CP en comparación con imágenes neutrales o positivas. También se encontró en el eje medio-lateral (M-L) una reducción de la desviación típica (entendida como índice de inmovilidad) y un aumento de la frecuencia media (entendida como índice de rigidez) durante las imágenes desagradables en comparación con las otras dos categorías. Este patrón posturográfico se acompañó de una bradicardia. Para el eje antero-posterior (A-P) no se encontraron diferencias significativas entre las tres categorías de imágenes afectivas. Facchinetti, Imbiriba, Azevedo, Vargas y Volchan (2006) observaron que ante imágenes negativas se producía una disminución de la desviación típica, un aumento de la frecuencia media y una disminución de la tasa cardíaca (TC) pero sólo en el eje M-L, mientras que ante imágenes positivas-afiliativas se encontraba el mismo patrón pero en el eje A-P. También, encontraron una respuesta de *freezing* ante imágenes tanto positivas como negativas. Estos autores interpretaron la respuesta de congelamiento ante las imágenes negativas como una respuesta defensiva, mientras que la respuesta de *freezing* ante las imágenes afiliativas la interpretaron como una tendencia de aproximación al estímulo (asociada con el apego y el establecimiento de vínculos) ya que se producía sólo en el eje A-P. Hagenaaars, Stins y Roelofs (2012) encontraron este patrón en el eje M-L también en

1. INTRODUCCIÓN

mujeres, es decir, que ante imágenes desagradables se producía una reducción del balanceo y de la frecuencia cardíaca, y que esta reducción aumentaba en función de las experiencias traumáticas acumulativas. Hillman y cols. (2004) encontraron una activación del sistema defensivo a través del aumento del movimiento del CP en la dirección posterior ante imágenes desagradables, y este desplazamiento fue superior en mujeres, interpretando los patrones posturográficos ante imágenes desagradables como indicativo de conducta de evitación.

En la mayoría de estas investigaciones dirigidas a estudiar respuestas de inmovilidad o defensivas, en general, a través de la posturografía, el enfoque utilizado ha sido el análisis de las respuestas tónicas ante conjuntos de imágenes afectivas de la misma categoría utilizando diseños de bloques. Hasta ahora nada se sabe de las respuestas fásicas ante estímulos afectivos discretos de diferentes categorías emocionales.

1.5 Reflejos Defensivos

Gran parte del interés por el estudio de los reflejos defensivos es debido al auge que el estudio de la emoción ha experimentado en los últimos años, interés determinado, en parte, por los avances en las neurociencias y la psicofisiología. De esta forma, una de las vías principales en el conocimiento de los mecanismos psicológicos de la emoción, especialmente del miedo y la ansiedad, procede del estudio de los reflejos defensivos, tanto en animales como humanos (Davis, 1992, 1997; Davis y Lang, 2001; Lang, Davis y Öhman, 2000; LeDoux, 1994, 1995, 1996, 2000; Öhman y Birbaumer, 1993). En animales, las principales respuestas estudiadas han sido el Reflejo Motor de Sobresalto, la Respuesta de *freezing* (Congelamiento o Paralización), la conducta de Evitación o Huida y el Ataque Aversivo, junto con los cambios fisiológicos que acompañan a tales respuestas, como las respuestas cardiovasculares, endocrinas, inmunitarias y analgésicas. En humanos las principales respuestas protectoras estudiadas han sido el Reflejo Motor de Sobresalto y el Reflejo Cardíaco de Defensa.

El constructo emoción no tiene una definición consensuada y precisa (Moltó, 1995), pero actualmente la mayoría de los investigadores (p.e., Bradley, 2000; Öhman y Birbaumer, 1993) aceptan la propuesta de Peter Lang del triple sistema de respuesta enmarcado en su Teoría Bio-Informacional (Lang, 1968,1979). Lang considera la emoción como una *disposición a la acción*, resultante de la ac-

tivación de determinados circuitos cerebrales ante estímulos significativos para el organismo que se manifiesta a través de tres sistemas de respuesta relativamente independientes: 1) el cognitivo o experiencial-subjetivo; 2) el motor o conductual-expresivo; y 3) el neurofisiológico-bioquímico (Lang, 1968, 1979, 1995). Cada uno de estos componentes tomados de forma aislada sólo constituyen aspectos parciales del constructo emoción, más si tenemos en cuenta que las correlaciones entre e intra-sistemas son bastantes modestas (Lang, 1968) y que los patrones de respuesta varían entre las personas y a través de diferentes contextos (Lacey y Lacey, 1970). Por consiguiente, el estudio de la emoción debe entenderse y debe realizarse teniendo en cuenta todas sus manifestaciones: 1) conducta externa, que incluye tanto actos manifiestos (p.e., lucha, huida, aproximación) como los efectos de la emoción en la ejecución de tareas no emocionales (p.e., atención, memoria y aprendizaje), facilitándolas o dificultándolas; 2) expresivas-lingüísticas, que incluye la comunicación verbal (p.e., expresiones de alegría, ataque verbal) como informes evolutivos sobre los sentimientos (descripción de afecto); y 3) fisiológicas, que incluyen respuestas viscerales y somáticas que constituyen el apoyo logístico de las acciones externas, de las manifestaciones afectivas o de la preparación para esas respuestas (Öhman y Birbaumer, 1993).

En el estudio de la emoción se ha utilizado ampliamente el paradigma de la modulación de los reflejos psicofisiológicos, en especial la modulación emocional del Reflejo Motor de Sobresalto (RMS) y la Respuesta Cardíaca de Defensa (RCD).

1.5.1 Reflejo Motor de Sobresalto (RMS)

Una de las principales vías en el conocimiento científico de la emoción procede del estudio de la modulación afectiva del Reflejo Motor de Sobresalto (Blumenthal y cols., 2005; Lang y cols., 2000; Lang y Davis, 2006).

El Reflejo de Sobresalto es un patrón de activación motora elicitado por estimulación intensa o aversiva de inicio repentino y forma parte del sistema defensivo general del organismo, constituyendo uno de los reflejos protectores más primitivo. Fue descrito inicialmente por Landis y Hunt (1939) como una acción refleja con tres componentes: 1) un parpadeo, 2) una inclinación brusca de la cabeza hacia delante, y 3) una onda de flexión descendente que se trasmite desde el tronco hasta las rodillas. Existe una amplia literatura sobre el Reflejo de Sobresalto tanto en animales (Davis, 1992; LeDoux, 1995) como en humanos (p.e.,

1. INTRODUCCIÓN

Lane y cols., 1997; Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1990.). La medida más utilizada del Reflejo de Sobresalto en humanos se basa en el registro psicofisiológico del parpadeo, componente primario y más estable del sobresalto, a través de la electromiografía (EMG) del músculo orbicular del ojo (Blumenthal y cols., 2005).

Lang en su Teoría de Facilitación o Priming Motivacional determina que la magnitud del RMS puede verse potenciada o disminuida, es decir, modulada por la congruencia e incongruencia entre el tipo de reflejo (apetitivo o aversivo) y el estado o valencia afectiva en que se encuentre el organismo (agradable o desagradable) (Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997a; Lang y Davis, 2006). De este modo, un reflejo defensivo se verá potenciado si la persona está procesando estimulación desagradable y disminuido si el organismo se encuentra procesando estimulación agradable. El paradigma de modulación del RMS ha sido extensamente investigado y contrastado en humanos de diferentes edades (Balaban, 1995; Bradley, Cuthbert y Lang, 1993; Bradley, Lang y Cuthbert, 1993; Cuthbert, Schupp, Bradley, McManis y Lang, 1998; McManis, Bradley, Berg, Cuthbert y Lang, 2001; Lang y cols. 1990) y utilizando diferentes tipos de estímulos emocionales (p.e., Bradley y Lang, 2000; Cook y Turpi, 1997; Ehrlichman, Brown, Zhu y Warrenburg, 1995; Hagemann y cols., 1999).

Según el modelo de Lang, todas las reacciones emocionales comparten determinadas características: a) direccionalidad (aproximación-evitación), b) intensidad (mayor o menos requerimiento de energía), y c) control (continuidad o interrupción de la secuencia conductual). Estas tres características constituyen las tres grandes dimensiones que organizan el mundo afectivo: valencia (agradable-desagradable), arousal (activado-calmado) y dominancia (controlador-controlado) (Lang, 1995; Lang y cols., 1997a). La principal fuente de evidencia a favor del modelo de Lang proviene de estudios, en humanos, que han utilizado como paradigma de investigación la visualización de imágenes de diferentes contenidos emocionales (valencia agradable, desagradable y neutra) seleccionadas del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (International Affective Picture System, IAPS; Lang, Bradley y Cuthbert, 1999). Este sistema representa el intento de desarrollar un instrumento basado en la visualización de imágenes afectivas que proporcione datos cuantitativos sobre las principales dimensiones afectivas (Lang, Bradley y Cuthbert, 2005). Este instrumento ha sido adaptado a la población española (Moltó y cols., 1999; Vila y cols., 2001).

La elaboración del IAPS ha estado guiada por un método psicométrico de registro de la respuesta emocional subjetiva para cada imagen en las tres dimensiones emocionales generales: valencia, arousal y dominancia. Este método es el Maniquí de Auto-evaluación (Self Assessment Manikin, SAM; Lang, 1980), un instrumento de medida pictográfica no verbal, de fácil y rápida aplicación.

La hipótesis del priming motivacional cuenta con un fuerte apoyo empírico, siendo la modulación emocional de la amplitud del RMS uno de los fenómenos más sólidos encontrados en la investigación experimental (Cuthbert y cols., 1998; Cobos, García, Rius y Vila, 2002; Dillon y LaBar, 2005; Lang, 1995; Marcos y Redondo, 2004; Sánchez, Fernández, López, y Vila, 2002a; Sánchez y cols., 2002b; Skolnick y Davidson, 2002).

1.5.2 Respuesta Cardíaca de Defensa (RCD)

Al igual que el RMS, la Respuesta Cardíaca de Defensa (RCD) forma parte del sistema defensivo del organismo y la modulación emocional utilizando el paradigma de visualización de imágenes afectivas muestra efectos similares al producido en el RMS .

La RCD es un patrón de activación cardíaca provocado por estimulación discreta, intensa y aversiva (un ruido blanco o estimulación electrocutánea). Es un tipo de respuesta fásica compuesta por cuatro componentes: dos acelerativos y dos desacelerativos de corta y larga latencia y duración que se suceden en orden secuencial alterno (aceleración-desaceleración-aceleración-desaceleración) dentro de los 80 segundos posteriores al inicio del estímulo. La primera aceleración es de corta latencia y duración, seguida de una desaceleración que generalmente sobrepasa la línea de base, y una segunda aceleración de larga latencia y duración terminando con una segunda desaceleración (Fernández, 1986; Fernández y Vila, 1989a, 1989b; Vila y Fernandez, 1989a,1989b; Vila, Fernández y Godoy, 1992; Vila, Pérez, Fernández, Pegalajar y Sánchez, 1997, Vila y cols., 2007). Los mecanismos fisiológicos subyacentes a la RCD son tanto simpáticos como parasimpáticos, de tal manera que la primera aceleración y la primera desaceleración están mediadas vagalmente mientras que en la segunda aceleración y segunda desaceleración se produce una interacción recíproca simpático-parasimpático. Este patrón de respuesta muestra una rápida habituación que afecta principalmente a los tres últimos componentes, siendo muy significativo en el caso de la segunda aceleración que prácticamente desaparece tras la primera pre-

1. INTRODUCCIÓN

sentación del estímulo. Al igual que el RMS, la amplitud de sus componentes es modulada por factores emocionales de forma que ante imágenes desagradables o fóbicas desaparece la primera desaceleración a la vez que se juntan y potencian los dos componentes acelerativos, mientras que se ve atenuada el patrón de RCD cuando las personas visualizan imágenes neutras o agradables (Fernandez y Vila, 1989a; Sánchez y cols., 2002b; Vila y Fernandez, 1989b; Vila y cols., 1992; Vila y cols., 1997, 2007).

Este patrón de cambios fásicos en la tasa cardíaca observado en la RCD ante estímulos aversivos intensos puede entenderse dentro del modelo de Cascada Defensiva que describiremos más adelante, y reflejaría una secuencia de dos fases defensivas: 1) una fase defensiva atencional relacionada con la aceleración y desaceleración de latencia corta, cuyo objetivo es la interrupción de la actividad que en ese momento el organismo esté realizando para dar paso a un aumento de la atención hacia estímulos externos y analizar el potencial daño, y 2) una fase defensiva motivacional vinculada a la aceleración y desaceleración de larga latencia, con el fin de preparar al organismo para la defensa activa (Vila y cols., 2007).

Existen importantes diferencias individuales en el patrón de la RCD identificándose cuatro patrones o grupos de personas con patrones diferenciales, dos predominantemente acelerativos y dos predominantemente desacelerativos. De los dos grupos con patrones predominantemente acelerativos, uno muestra un patrón típico con sus dos componentes acelerativos/desacelerativos secuenciales, y el segundo muestra un único componente acelerativo prolongado seguido de la desaceleración final. De los dos grupos con patrones predominantemente desacelerativos, uno muestra una desaceleración prolongada después de la primera aceleración, y el segundo muestra una vuelta a la línea de base después de la primera aceleración (Fernández y Vila, 1989c; Vila y cols., 2007).

1.6 Principales Modelos Teóricos sobre las Respuestas Defensivas

La literatura animal sobre conductas defensivas reconoce la existencia de una variedad de respuestas reflejas adaptativas ante situaciones amenazantes: congelamiento (freezing), huida, amenaza defensiva, ataque defensivo, evaluación del riesgo e inmovilidad tónica (IT) (Blanchard, 1997; Blanchard y Blanchard, 1989;

1.6 Principales Modelos Teóricos sobre las Respuestas Defensivas

Blanchard, Hynd, Minke, Minemoto y Blanchard, 2001; Boles, 1970; Eilam, 2005; Marx, Forsyth, Gallup, Fusé y Lexington, 2008). Dentro de esta variabilidad de respuestas, los organismos adoptan diferentes comportamientos defensivos sustentados por respuestas fisiológicas.

En el estudio de las respuestas defensivas han predominado dos marcos teóricos, el primero basado en el modelo de la Cascada Defensiva, que explica las respuestas ante situaciones potencialmente amenazantes en función de las características tanto del estímulo amenazante como del contexto (Blanchard y Blanchard, 1989; Boles, 1970; Bradley, Codispoti, Cuthbert y Lang, 2001; Eilam, 2005; Fanselow, 1994; Ratner, 1967), y el segundo basado en las Diferencias Individuales donde las respuestas defensivas están influenciadas por factores individuales diversos, como experiencias previas durante la infancia, estatus socioeconómicos, factores genéticos y rasgos de personalidad, entre otros (Eilam, 2005; Korte y cols., 2005; McEwen, 2008; McEwen y Seeman, 1999, McEwen y Wingfield, 2003, 2010; Perkins y Corr, 2006; Skinner, Edge, Altman y Sherwood, 2003).

1.6.1 Modelo de la Cascada Defensiva

En animales no humanos y de acuerdo con el modelo de Cascada defensiva, la mayoría de los autores sostienen que cuando un animal está expuesto a una amenaza se activan una serie de reflejos defensivos preprogramados que se irían sustituyendo en función de las características del estímulo amenazante, la inminencia depredadora (la proximidad al estímulo amenazante) y la posibilidad de escapar, siendo el principal factor la inminencia de la amenaza (Blanchard y Blanchard, 1989; Fanselow, 1994).

Según Blanchard y Blanchard (1988, 1989), en la literatura animal se ha encontrado que los comportamientos defensivos están determinados tanto por el estímulo como por el contexto amenazante. En relación a las características del estímulo, existen estímulos discretos, presentes y perfectamente localizables que son capaces de entrar en contacto con el organismo, y estímulos tales como un lugar donde previamente se localizó un depredador o un estímulo parcial (un olor a depredador), que no son discretos ni tangibles y donde el peligro es sólo una posibilidad. Ante estímulos no discretos se produce un patrón “ansiedad/defensa” que consiste en la *evaluación del riesgo*, un componente esencial que nos proporciona información indicando si la amenaza es real e inminente. Cuando la evaluación del riesgo proporciona información confirmatoria, identificando y lo-

1. INTRODUCCIÓN

calizando el peligro, se produce una transición del patrón “ansiedad/defensa” al patrón “miedo/defensa”, más efectivo ante amenaza real. Cuando el peligro no puede ser localizado o confirmado, la evaluación del riesgo puede continuar durante un período largo de tiempo (Blanchard y Blanchard, 1989). Cuando la amenaza es discreta, y por lo tanto real, las respuestas defensivas están bajo el control conjunto del estímulo y el contexto en el que se encuentra el estímulo amenazante. En etapas iniciales, cuando el depredador está alejado y el peligro no es inminente, los animales adoptan una estrategia de inmovilidad atencional llamada *freezing* (*congelamiento*), proceso atencional destinado a evaluar e intentar identificar el peligro y es considerada la variante de evaluación del riesgo más drástica (Blanchard y Blanchard, 1988). A medida que la inminencia de la amenaza aumenta, y siempre que el animal tenga una opción para escapar, la *huida* será la siguiente conducta defensiva dominante. A medida que la distancia con la amenaza se acorta, aumentando la inminencia de la amenaza, y la huida no es posible, la *lucha* es la única alternativa para hacer frente a la amenaza con éxito (Blanchard y Blanchard, 1989; Fanselow, 1994; Ratner, 1970).

Fanselow (1994), al igual que Blanchard y Blanchard (1988,1989), asume que las características ambientales determinan la conducta defensiva, de tal forma que los organismos intentan escapar si una ruta de escape está presente, luchar si no existe una opción al escape y adoptan una conducta de *freezing* si las características ambientales no permiten poner en marcha ninguna de las anteriores conductas. Por otra parte, Fanselow y Lester (1988) consideraron que el nivel de miedo provocado por la inminencia de la amenaza era el determinante principal de la conducta defensiva. Esta percepción de inminencia estaba influenciada por factores tales como la proximidad espacial y temporal de la amenaza. Fanselow propone tres etapas secuenciales de la conducta defensiva de una presa ante un depredador: 1) *pre-encuentro*: en la que el animal pasa de situación segura a otra más peligrosa y en la que no se produce ninguna acción defensiva pero existe activación afectiva negativa por la presencia de una amenaza de intensidad baja; 2) *post-encuentro*: cuando aumenta el nivel de miedo por la detección real de un depredador, donde la conducta dominante es el *freezing* con atención focalizada en el peligro ya que reduce la probabilidad de que sea detectado y atacado; y 3) *en torno al ataque*: la conducta de *freezing* es abandonada si el contacto físico con la amenaza es inevitable y la amenaza llega a su máxima intensidad llevando al animal a adoptar conductas de defensa más activas como las respuestas de lucha

1.6 Principales Modelos Teóricos sobre las Respuestas Defensivas

o huida.

Cuando ninguna de las opciones de respuestas anteriormente descritas han tenido éxito y el depredador claramente dominante ya está en contacto con la presa, la *inmovilidad tónica* (IT) es el último recurso defensivo. La IT se caracteriza por una fuerte inmovilidad acompañada de rigidez muscular. Aunque se puede confundir con el *freezing*, son dos respuestas diferentes. El *freezing* es una inmovilidad atencional, una conducta de alerta que prepara a la presa para responder ante el depredador minimizando la probabilidad de ser detectada. Aparece en las primeras etapas del encuentro presa-depredador cuando el peligro aún está distante. La IT aparece de forma abrupta en contextos de alto miedo cuando el peligro ya está presente, siendo su aparición posterior a otras conductas defensivas como la huida o la lucha, cuando éstas ya han fracasado en la evitación de la amenaza. La IT finaliza igualmente de forma abrupta para dar paso nuevamente a otras conductas defensivas anteriores en la cascada defensiva, como la lucha o huida (Marx y cols, 2008).

Basándose en los estudios de conducta animal (p.e. Blanchard y Blanchard, 1988;1989; Fanselow, 1994; Ratner, 1967), Lang y colaboradores (p.e. Lang y cols., 2000; Bradley y cols., 2001) propusieron una adaptación de estos modelos animales de las conductas defensivas para explicar las reacciones psicofisiológicas humanas ante estímulos desagradables o amenazantes. Estos autores propusieron que la respuesta defensiva en humanos puede ser similar a la observada en la literatura animal. Igualmente, Blanchard y Blanchard (1989) sugirieron que la variedad de respuestas defensivas preprogramadas encontrada en animales inferiores puede proporcionar un modelo para el estudio de los fenómenos implicados en el miedo y la ansiedad en humanos.

Blanchard y Blanchard (1989) plantean que los estudios etológicos de las reacciones defensivas en ratas ante coespecíficos y depredadores proporcionan una alternativa válida para el estudio de la emoción humana. Con este propósito, Blanchard y cols. (2001) realizaron un estudio para determinar si los factores que previamente se han observado en la literatura animal como determinantes de las conductas defensivas (escapabilidad, distancia entre la amenaza y la presa, ambigüedad de la amenaza y disponibilidad de un lugar para esconderse u ocultarse) pueden producir similares efectos en humanos. Para ello, construyeron un cuestionario con 12 escenarios breves variando estos factores para evaluar mediante autoinforme las reacciones defensivas en humanos sin exponer a los participantes

1. INTRODUCCIÓN

a amenaza real. Encontraron que las reacciones defensivas humanas variaban en función de las características situacionales de forma similar a las reacciones defensivas en roedores. La fuerte semejanza encontrada entre los patrones de respuestas defensivas en humanos y roedores ante la amenaza real parece indicar que el sistema defensivo básico de los mamíferos no humanos es similar al de los humanos y que este cuestionario de escenarios defensivos es una forma válida para medir reacciones defensivas. Estos hallazgos fueron replicados por Perkins y Corr (2006).

Igualmente, basándose en los estudios de conducta animal, Lang y colaboradores (Bradley y cols., 2001; Bradley y Lang, 2000; Lang, 1995; Lang y cols., 2000) propusieron que la visualización en el laboratorio de imágenes desagradables provoca en humanos respuestas análogas a la etapa de postencuentro siendo la dimensión de intensidad (*arousal*) la que estaría relacionada con las diferentes etapas de la cascada defensiva. Según estos autores, imágenes desagradables que son poco activantes (que no implican mutilaciones o ataques físicos) y que activan el sistema defensivo con menor intensidad, inducirían a un estado análogo al de *freezing* en los animal, es decir, se produciría un incremento de la vigilancia orientada al estímulo y del procesamiento de los detalles contextuales, recuperándose información relevante de la memoria e implícitamente preparándose para una posible acción. Esta fase se caracteriza por el aumento de los índices fisiológicos de atención, es decir, aumento de la conductancia eléctrica de la piel, disminución de la tasa cardíaca e inhibición del reflejo de sobresalto y están activados al mismo tiempo los sistemas simpáticos y parasimpáticos con predominio de la rama parasimpática del sistema nervioso autónomo. En la medida en que la intensidad de las imágenes desagradables aumenta se espera que el sistema defensivo se active más fuertemente produciéndose una inversión de las respuestas fisiológicas: aceleración cardíaca y una potenciación del reflejo de sobresalto con predominio de rama simpática del sistema nervioso autónomo.

1.6.2 Modelo Basado en las Diferencias Individuales

Existen evidencias en la literatura animal de la existencia de diferencias individuales en la elección de la respuesta defensiva ante una misma situación amenazante. Algunos animales optan por una conducta más proactiva, mientras que otros despliegan conductas más reactivas sin seguir una etapa secuencial en forma de cascada (p.e., Eilam y cols., 1999; Koolhaas, 2008; Korte y cols., 2005). Korte y

1.6 Principales Modelos Teóricos sobre las Respuestas Defensivas

cols. (2005) sostienen que los individuos de una misma especie ante una situación amenazante adoptan dos estrategias de afrontamiento diferentes basadas en características psicológicas y de personalidad. Ponen como ejemplo las estrategias de respuestas defensivas entre los individuos llamados “palomas” y los incluidos dentro de la categoría de “halcones”, ambos de la misma especie y con diferencias en los estilos de personalidad y en la reactividad fisiológica al estrés (tabla 1). Las palomas tienen un comportamiento de afrontamiento más retraído e inhibido y suelen ser menos agresivas, más cautelosas y flexibles. A nivel fisiológico, presentan una mayor activación del eje HHA, que lleva a una producción elevada de cortisol (en humanos) y corticosterona (en animales no humanos) y una mayor activación parasimpática. Ante una amenaza, adoptan preferentemente una respuesta de *freezing* o de ocultarse. Por otro lado, los halcones adoptan un estilo de afrontamiento más activo y suelen mostrarse más agresivos y rígidos. A nivel fisiológico, presentan una mayor activación del eje HHG, que se traduce en un aumento de los niveles de testosterona y una mayor activación simpática. Ante situaciones de amenaza, adoptan preferentemente conductas de lucha o huida.

Tabla 1. Diferencias en las respuestas conductuales y fisiológicas de los estilos de respuesta proactivo y reactivo.

	“Halcones”	“Palomas”
Estrategia de conducta	lucha-huida	congelación-ocultarse
Estilo de afrontamiento	proactivo	reactivo
Estado emocional	agresividad-impulsividad	no agresivas-cautelosas-ansiedad
Eje-hipotalámico-hipofisario-adrenal	bajo	alto
Eje-hipotalámico-hipofisario-gonadal	alto	bajo
Sistema nervioso simpático	alta	baja
Sistema nervioso parasimpático	baja	alta

Extraído de Korte y cols. (2005).

Desde esta perspectiva, no importa qué conducta es elegida antes o después, ni qué condiciones estímulares y contextuales la determina. Lo importante es que existe una preferencia, conductualmente hablando, a la hora de enfrentarse los organismos a situaciones amenazantes, preferencia determinada por diferentes factores. Sin embargo, sólo existe un estudio que intenta encontrar en humanos estos dos estilos defensivos, cuyos datos evidenciaron indicios de la existencia de estos dos subgrupos de individuos aunque no todas las medidas fueron sensibles a la hora de diferenciar los grupos (de Medeiros, 2010). A demás, en este estudio

1. INTRODUCCIÓN

sólo se utilizaron medidas neuroendocrinas y de autoinforme para diferenciar a los grupos y no expusieron a los participantes a ninguna tarea estresante.

1.6.2.1 Cortisol y Respuestas Reactivas al Estrés

En la literatura tanto animal como humana existen estudios que han establecido una relación directa entre los niveles de glucocorticoides basales, por una parte, y las reacciones de *freezing* y conductas de evitación y sumisión ante situaciones estresantes, por otra (p.e., Bayart, Hayashi, Faull, Barchas y Levine, 1990; Schulkin, Gold y McEwen, 1998).

Moriceau, Roth, Okotoghaide y Sullivan (2004) manipularon en crías de ratas, en las cuales aún no estaba presente la respuesta de *freezing*, los niveles de corticosterona circulante mediante inyecciones de esta hormona y mostraron que la respuesta de *freezing* puede ser provocada prematuramente con aumentos de los niveles de esta hormona, al igual que se retrasaba la aparición de esta respuesta de miedo en ratas que habían sido expuestas a una adrenalectomía. Este mismo estudio mostró que en fases de desarrollo las conductas de miedo como el *freezing* aparecen concomitantemente con el aumento de los niveles de corticosterona circulante y que la manipulación de estos niveles puede modificar la maduración del sistema defensivo. En la misma dirección, Takahashi y Rubin (1993) encontraron en crías de ratas adrenalectomizadas que esta conducta de *freezing* se reducía y que dosis diarias de corticosteronas (superior a 3mg) restauraba los niveles de *freezing*. En otro estudio realizado con crías de monos y sus madres concluyeron que los niveles basales de corticosterona determinaba la duración del *freezing* tanto en las madres como en las crías. Los autores de este mismo estudio determinaron que esta respuesta de *freezing* puede ser usada como modelo para estudiar los mecanismos subyacentes a la inhibición en humanos, ya que ambas son elicitadas por similares estímulos amenazantes y con similares características conductuales (Kalin, Shelton, Rickman y Davidson, 1998). Un estudio con conejos midió la relación entre susceptibilidad a la hipnosis, entendida como una respuesta de inmovilidad, y niveles basales de corticosterona en plasma, concluyendo que una mayor actividad del sistema adrenocortical se asocia con una mayor susceptibilidad a la hipnosis animal (Carli, Farabollini y Lupo Di Pristo, 1979). En dos linajes de codornices japonesas, seleccionadas genéticamente en función de su exagerada o reducida tendencia de su respuesta de corticosterona en plasma ante estimulación estresante, se encontró que el linaje con tendencias de

1.6 Principales Modelos Teóricos sobre las Respuestas Defensivas

respuesta alta era más susceptible a la inducción de la IT y permanecía durante más tiempo inmóvil, considerándose por ello un linaje con mayor predisposición a reacciones de miedo (Jones, Satterlee y Ryder, 1992).

En humanos, existen pocos estudios que han demostrado la relación entre los niveles basales de cortisol y la respuesta de inmovilidad o *freezing*. En un estudio con bebés, en el que manipularon diferentes grados de amenaza ante un adulto extraño, encontraron que los bebés que presentaban mayores niveles de cortisol basal permanecían en *freezing* durante más tiempo y mantenían sus altos niveles de *freezing* en mayor número de situaciones (Buss, Davidson, Kalin y Goldsmith, 2004). Schmidt y cols. (1997) realizaron un estudio longitudinal en niños desde los 4 meses a los 4 años de edad. Los niños que a los 4 meses manifestaban inhibición conductual mostraban también comportamientos inhibidos a los 14 meses. Además, a los 4 años mostraban un estilo de conducta más cauteloso en el juego y mayores niveles de cortisol basal. Estos efectos se mantenían a través del tiempo. En otro estudio longitudinal con niños de edades comprendidas entre 1.5 y 2.5 años, seleccionados por ser tímidos, precavidos y miedosos ante contextos no familiares, a los 7 años de edad mostraban comportamientos tranquilos, prudentes, cautelosos y evitativos en interacciones con compañeros o adultos, en comparación con otro grupo de niños clasificados como extremadamente sociables y espontáneos a edades tempranas que se mostraron a los 7 años más habladores e interactivos. Los niños más inhibidos presentaban mayores niveles de cortisol basal (Kagan, Reznick y Snidman, 1988). Van Honk y cols. (2000) expusieron a hombres adultos a una tarea de Stroop con imágenes afectivas (caras con expresión de ira o enfado) y encontraron que los individuos con mayores niveles de cortisol basal evitaban procesar estos estímulos. Estos autores interpretaron los hallazgos en base a la idea de la existencia de una asociación entre los niveles elevados de cortisol basal y conductas de evitación social. En la misma línea, en un estudio realizado con militares, se encontró que niveles de cortisol basal altos se asociaron con mayor inhibición conductual (Windle, 1994).

1.6.2.2 Testosterona y Respuestas Proactivas al Estrés

Por otra parte, las respuestas al estrés más activas están asociadas a mayores niveles de activación del eje HHG, sobretudo en situaciones de competición y dominancia (p.e., Chichinadze y Chichinadze, 2008; Gleason y cols., 2009; Hermans, Ramsey y van Honk, 2008; Korte y cols., 2005). En la literatura tanto

1. INTRODUCCIÓN

animal como humana, se han encontrado evidencias de una asociación entre niveles basales de testosterona aumentados y conductas dominantes y agresivas (p.e., Chichinadze, Lazarashvili, Chichinadze y Gachechiladze, 2012; Rubinow y Schmidt, 1996). Se ha observado un mayor nivel basal de testosterona en los organismos dominantes frente a los subordinados. Además, en una situación de competición, tanto en la fase de preencuentro como en la fase de posencuentro, se han observado niveles aumentados de testosterona en ganadores (Chichinadze y cols., 2012). Estos mismos autores, en su revisión sobre los niveles de testosterona en animales y humanos en situaciones de competición o dominancia, confirmaron en los ganadores niveles de testosterona elevados antes y después del encuentro, hecho que no se observa en los perdedores.

La testosterona circulante puede ser uno de los mecanismos endógenos responsable del afrontamiento basado en el miedo inducido por la exposición a situaciones estresantes (Oyekunle, Ibrinke y Opabunmi, 2012). Existen estudios con roedores que ponen de manifiesto que niveles de testosterona altos reducen la conducta de miedo o ansiedad (Eisenegger, Haushofer y Fehr, 2011), lo que puede indicar la existencia de una relación inversa entre ambos. Estudios en esta dirección han encontrado que ratas macho con niveles de testosterona circulante bajos inducidos por cirugía provocan déficits comportamentales en forma de miedo ante la exposición a ambientes novedosos resultando en menos actividad. De esta forma, las ratas manifestaban una reducción de la conducta exploratoria indicativa de un elevado miedo o ansiedad (Oyekunle y cols., 2012). En animales hay claras evidencias de la asociación entre conductas agresivas y dominación y niveles basales de testosterona (Albert, Walsh, Gorzalka, Siemens y Louie, 1986; Lumia, Thorner y McGinnis, 1994; McGinnis, Lumia, Breuer y Possidente, 2002). En un estudio en el que se comparó la conducta de ratas macho socialmente dominantes con la de ratas macho socialmente subordinadas, en un contexto de estrés competitivo, se encontró que las ratas dominantes que obtuvieron éxito en el establecimiento de su territorio tenían niveles aumentados de testosterona en comparación con las ratas subordinadas. A su vez, los niveles de corticosterona fueron mayores en los machos subordinados (Hardy y cols., 2002). En ratas macho castradas y seleccionadas previamente por su agresividad hacia ratas macho no agresivas, se observó que las que obtuvieron un tratamiento que reemplazaba los niveles de testosterona mantenían su agresividad en comparación a las ratas a las que no se les suministró testosterona las cuales redujeron sus niveles

1.6 Principales Modelos Teóricos sobre las Respuestas Defensivas

de agresividad. Las ratas a las que se les suministraba testosterona volvían casi a sus niveles iniciales de agresividad, mientras que las que no estaban tratadas con testosterona se volvieron subordinadas y las ratas macho subordinadas se volvieron más dominantes ante los machos castrados sin tratamiento de testosterona (Albert y cols., 1986). En otro estudio en el que se trataron a ratas macho con dosis de testosterona se encontró que las ratas tratadas crónicamente con esteroides mostraban una potenciación en las conductas agresivas, además de mostrarse más dominantes y menos sumisas (Lumia y cols., 1994). En otro estudio donde también se manipularon gonadalmente a ratas macho administrando dosis de testosterona se observó que las ratas tratadas con testosterona manifestaron un aumento de la agresión en condiciones tanto ambientales como sociales en comparación con ratas controles (McGinnis y cols., 2002). Un estudio más reciente con ratas macho tratadas con esteroides anabólicos androgénicos puso de manifiesto que las ratas tratadas mostraban más conductas agresivas hacia las ratas hembra (Frahm y cols., 2011).

En humanos, numerosos estudios han encontrado que el uso de esteroides anabólicos androgénicos, tanto en adolescentes como en adultos, aumenta la agresión (p.e., Galligani, Renck y Hansen, 1996; Lumia y McGinnis, 2010). En un estudio donde se midió los niveles de testosterona entre los aficionados a un deporte en una situación en la que su equipo ganaba o perdía se tomaron muestras de saliva antes y después del partido. Entre los aficionados del equipo ganador se produjo un aumento de los niveles de testosterona, y disminuyó entre los aficionados del equipo perdedor (Bernhardt, Dabbs, Fielden y Lutter, 1998). Otro estudio similar en mujeres futbolistas en el que se evaluó si un cambio social referente al estatus deportivo también produce cambios hormonales, se recogieron muestras de saliva un día normal y en el día del partido tanto antes como después. Las futbolistas ganadoras aumentaron sus niveles de testosterona y las perdedoras los disminuyeron (Oliveira y cols., 2009). En general, se han encontrado correlaciones positivas entre los niveles de testosterona y las puntuaciones en cuestionarios de dominancia y agresividad (Grant y France, 2001; Harris, Rush-ton, Hampson y Jackson, 1996). En este mismo sentido, en un estudio en el que se realizaron grabaciones de video sobre el comportamiento de competidores masculinos de judo se encontró una relación positiva entre los niveles de testosterona y la cantidad de comportamientos amenazante, peleas y ataques. Los niveles de testosterona antes de los combates correlacionaron positivamente tanto con la

1. INTRODUCCIÓN

aparición de tales comportamientos como con la duración total de los ataques (Salvador y cols., 1999). Chichinadze, Domianidze, Matitaishvili, Chichinadze y Lazarashvili (2010) encontraron una relación entre los niveles basales de testosterona y los comportamientos agresivos de presos. En general, los autores de estos estudios interpretan sus resultados en el sentido de la existencia de una asociación positiva entre niveles basales de testosterona, por una parte, y conductas de dominancia, agresión y acercamiento, por otra (Putman, Hermans y van Honk, 2004; van Honk y cols., 1999, 2000).

1.6.2.3 Neuroendocrinología y Respuesta del Sistema Nervioso Autónomo (SNA)

Respecto a la asociación entre los niveles hormonales basales y respuestas simpáticas y parasimpáticas, los datos que se encuentran en la literatura son contradictorios. En niños inhibidos, se encontró mayores niveles de cortisol basal, mayor reactividad simpática, especialmente aceleración cardíaca (Kagan y cols., 1988). En la misma dirección, Dabbs y Hopper (1990) encontraron que tanto en estudiantes universitarios como en militares veteranos con altos niveles de cortisol tenían mayores índices cardíacos (tasa cardíaca) y manifestaban rasgos de personalidad como ansiedad, inhibición, introversión y depresión. También existen estudios donde no se encontraron relación entre los niveles de cortisol basales y reactivos y respuestas cardiovasculares (Roy, 2004). Con presos se comprobó que los más agresivos tenían niveles aumentados de testosterona y manifestaban mayores niveles de norepinefrina (neurotransmisor estimulado por el sistema nervioso simpático) en áreas cerebrales relacionadas con el estrés (Chichinadze y cols., 2010). Sin embargo, en luchadoras que habían resultado ganadoras manifestaban mayores niveles de testosterona que las perdedoras, pero el cortisol y la epinefrina no se diferenciaron entre los grupos. Además, la epinefrina correlacionó fuertemente con la testosterona en las perdedoras, pero no en las ganadoras, por lo que podrían existir diferentes mecanismos asociativos entre la testosterona y el SNS para ambos grupos (Fry, Schilling, Fleck y Kraemer, 2011).

Capítulo 2

Objetivos

La forma como las personas se enfrentan a los estresores y a las amenazas constituye uno de los principales factores de vulnerabilidad para padecer patologías asociadas con el estrés. En el interés por conocer más sobre esta cuestión, cada vez se hace más necesario el uso de herramientas objetivas que permitan medir con precisión los diferentes componentes de las respuestas fisiológicas y motoras ante los estresores. Nuestra investigación pretende añadir a las medidas fisiológicas clásicas (reflejos defensivos, conductancia eléctrica de la piel, tasa cardiaca y electromiografía) dos nuevas medidas de la reactividad motora: la posturografía y la estereovisión. Los estudios psicofisiológicos clásicos tienden a limitar el registro de las respuestas motoras al registro de la actividad electromiográfica de determinados músculos, olvidando que es el propio movimiento el objetivo final de la activación fisiológica que se está registrando y el que define, en última instancia, la funcionalidad adaptativa de dicha activación en términos, por ejemplo, de aproximación, evitación o congelamiento.

Los **objetivos generales** de este trabajo han sido, por tanto, dos: 1) analizar la validez de dos métodos nuevos de estudio del movimiento adaptados al contexto de un laboratorio clásico de psicofisiología, esto es, el análisis fásico de las medidas posturográficas y la estereovisión; y 2) identificar en humanos los dos subtipos de respuestas defensivas propuesta por Korte y cols. (2005). Partimos de la hipótesis de que los individuos incluidos en las categorías de “palomas” y “halcones”, agrupados según sus niveles basales de cortisol y testosterona, respectivamente, tendrán unos correlatos fisiológicos, hormonales y motores en una determinada dirección.

Para alcanzar estos objetivos generales, nos planteamos los siguientes **obje-**

2. OBJETIVOS

tivos específicos:

1. Probar la utilidad de dos nuevas herramientas de análisis del movimiento para el estudio de las respuestas defensivas
 - (a) Comprobar la validez de la medición y análisis fásico, con alta resolución temporal, de la respuesta postural ante estímulos emocionales como correlato de respuestas de acercamiento y evitación.
 - (b) Elaborar un programa informático, basado en Matlab, para el registro del movimiento mediante un sistema de estereovisión denominado Sistema de Estereovisión del Seguimiento del Movimiento (Stereo Vision Motion Tracking: SVMT) y comprobar su validez como herramienta para la medición de las reacciones motoras durante la evocación del reflejo de sobresalto y la respuesta cardíaca de defensa.
2. Identificar los subtipos defensivos proactivo y reactivo propuesto por Korte y cols. (2005)
 - (a) Verificar la relación entre niveles basales de cortisol y respuestas reactivas ante estresores:
 - Verificar la relación entre altos niveles de cortisol basal y comportamientos más inhibidos en comparación con bajos niveles de cortisol.
 - Verificar la relación entre altos niveles de cortisol basal y mayores índices parasimpáticos en comparación con bajos niveles de cortisol.
 - Verificar la relación entre altos niveles de cortisol basal e índices posturográficos de frecuencia aumentada, desviación estándar disminuida y área disminuida ante imágenes desagradables en comparación con bajos niveles de cortisol.
 - Verificar la relación entre altos niveles de cortisol basal y un patrón de respuesta cardíaca de defensa caracterizada por una bradicardia prolongada después de la primera aceleración o una primera aceleración aumentada en comparación con bajos niveles de cortisol.
 - Verificar la relación entre altos niveles de cortisol basal y un reflejo motor de sobresalto disminuido en comparación con bajos niveles de cortisol.

-
- Verificar la relación entre altos niveles de cortisol basal y reactividad aumentada del cortisol y disminuida de las variables fisiológicas tasa cardíaca y conductancia ante una tarea de estrés psicosocial en comparación con bajos niveles de cortisol
- (b) Verificar la relación entre niveles basales de testosterona y respuestas proactivas ante estresores:
- Verificar la relación entre altos niveles de testosterona basal y comportamientos más activos en comparación con bajos niveles de testosterona.
 - Verificar la relación entre altos niveles de testosterona basal y mayores índices simpáticos en comparación con bajos niveles de testosterona.
 - Verificar la relación entre altos niveles de testosterona basal e índices posturográficos de frecuencia disminuida, desviación estándar aumentada y área aumentada ante imágenes desagradables en comparación con bajos niveles de testosterona.
 - Verificar la relación entre altos niveles de testosterona basal y un patrón de respuesta cardíaca de defensa caracterizada por un patrón de respuesta acelerativo prolongado o una segunda aceleración aumentada en comparación con bajos niveles de testosterona.
 - Verificar la relación entre altos niveles de testosterona basal y un reflejo motor de sobresalto aumentado en comparación con bajos niveles de testosterona.
 - Verificar la relación entre altos niveles de testosterona basal y reactividad disminuida del cortisol y aumentada de las variables fisiológicas tasa cardíaca y conductancia ante una tarea de estrés psicosocial en comparación con bajos niveles de testosterona.

2. OBJETIVOS

Capítulo 3

Dynamical Patterns of Human Postural Responses to Emotional Stimuli¹

3.1 Introduction

The approach-avoidance distinction is central to the understanding of both human and animal motivated behavior (Elliot, 2008). While in animal investigations the actual movement towards a reward or away from an aversive stimulus has been and still is a relevant objective measure to probe the psychological and related neurophysiological mechanisms of motivated behavior (Blanchard & Blanchard, 1969; Fonio, Benjamini & Golani, 2009), in human research an objective index of physical approach or avoidance remains elusive.

A series of empirical studies have examined the pulling or pushing of levers as a possible motor index of approach-avoidance behavior. In this framework, a faster pull of the lever (arm-flexion) in the presence of a positive compared to a negative stimulus is assumed to indicate approach, while a faster push of the lever (arm-extension) in the presence of a negative compared to a positive stimulus is believed to represent avoidance (Rutherford & Lindell, 2011). Experimental evidence, however, has shown that the matching of arm flexion or extension to approach or avoidance behavior respectively, depends on the experimental instructions, which

¹This article was published in *Psychophysiology*, 2012, 49, 1225–1229. Factor de Impacto (Impact Factor): 3.261. Categoría: Psychology, primer cuartil

3. DYNAMICAL PATTERNS OF HUMAN POSTURAL RESPONSES TO EMOTIONAL STIMULI

may influence the affective coding of specific motor actions on a representational level that interferes with response selection (Eder & Rothermund, 2008).

A recent study has suggested an alternative experimental methodology to assess approach-avoidance responses to emotional activation in controlled laboratory settings (Hillman, Rosengren & Smith, 2004). Postural sway was measured while subjects stood on a force platform viewing pictures from three affective categories: pleasant, unpleasant and neutral. It was hypothesized that positively-evaluated pictures will evoke body movement towards the stimulus (approach behavior), and correspondingly, negatively-evaluated pictures will produce body movement away from the stimulus (avoidance behavior). Since forward movement decreases the actual distance between the subject and the affective stimulus, while backward leaning increases the subject-stimulus distance, it is reasonable to argue that postural sway can be used as an objective measure of approach-avoidance behavior that is not influenced by experimental instructions. In this study females exhibited a posterior displacement in response to all pictorial stimuli, which was more pronounced however for the unpleasant pictures. Although this posterior displacement to unpleasant pictures could be interpreted as avoidance behavior, the observation that pleasant stimuli also triggered a posterior movement in females, while in the same study males exhibited less backward displacement to unpleasant pictures than to pleasant and neutral, renders the approach-avoidance interpretation problematic. Furthermore, in that experiment pictures from the same affective category were presented together in blocks. Thus, the authors aimed at exploring postural behavior induced by sustained emotional states, rather than assessing phasic responses to discrete emotional stimuli.

A second study has examined postural sway in response to emotional stimuli as a possible index of approach-avoidance behavior, utilizing pictures from three affective categories (pleasant, unpleasant, neutral) presented in a random order. This experimental design is more appropriate for the assessment of spontaneous phasic responses to individual emotional stimuli. The results, however, did not reveal any significant effect of picture-viewing on anteroposterior postural movement (Stins & Beek, 2007).

In this report, we explore the dynamical pattern of postural responses to affective picture-viewing by performing a fine-grained computation of the effects of each affective category on posturographic data at high temporal resolution. We also record and analyze simultaneous heart rate stimulus-related responses in or-

der to validate the effectiveness of our experimental design in inducing emotional activation, and to investigate potential correlations with posturographic data.

3.2 Method

3.2.1 Subjects and Stimuli

Thirty-eight undergraduate and graduate students (19 females, 19 males) aged 19-32 years (Mean=23.6±2.9) from the University of Granada in Spain volunteered to participate in this study for course credit. Stimuli were 81 pictures (27 pleasant, 27 unpleasant, 27 neutral) drawn from the International Affective Picture System (IAPS). Pleasant pictures depicted erotic scenes, unpleasant pictures included scenes of mutilated bodies, and neutral pictures were images of household objects¹.

3.2.2 Procedure

Subjects stood on the force platform with stocking feet, adapting a comfortable natural stance with their arms relaxed along the trunk and their feet slightly separated (approximately 5 cm apart). Stimuli were displayed on a computer LCD 19" monitor placed in front of the subject at a viewing distance of 50 cm (45.6° viewing angle) and a height adjusted in order to align its center with the subject's center of gaze. Subjects viewed pictures in three blocks with every block including 9 pictures from each affective category (total of 27 pictures per block). Each single picture was presented for 6 sec followed by a variable delay of 5–7 sec. Pictures within each block were randomly ordered in a way that avoided the consecutive presentation of pictures from the same category and block order was counterbalanced between subjects. After each block, subjects were allowed to sit for two minutes in a comfortable chair inside the experimental room to reduce fatigue from prolonged standing. Upon completion of the three experimental blocks, participants were asked to evaluate the valence and arousal

¹The following pictures from the IAPS were used: Pleasant: 4606, 4607, 4608, 4609, 4611, 4641, 4651, 4652, 4653, 4656, 4658, 4659, 4660, 4664, 4666, 4669, 4670, 4672, 4676, 4680, 4681, 4683, 4687, 4689, 4690, 4800, 4810; Neutral: 7000, 7002, 7004, 7006, 7009, 7010, 7020, 7025, 7030, 7031, 7035, 7040, 7050, 7060, 7080, 7090, 7100, 7110, 7150, 7170, 7175, 7217, 7224, 7233, 7235, 7705, 7950; Unpleasant: 3000, 3010, 3030, 3051, 3053, 3060, 3061, 3062, 3063, 3064, 3068, 3069, 3080, 3100, 3102, 3110, 3120, 3130, 3140, 3150, 3168, 3170, 3261, 3400, 9252, 9253, 9405

3. DYNAMICAL PATTERNS OF HUMAN POSTURAL RESPONSES TO EMOTIONAL STIMULI

of the displayed pictures using the Self-Assessment Manikin (Bradley & Lang, 1994).

3.2.3 Data Recording

3.2.3.1 Posturography

Posturographic data were recorded at 50 Hz by an AMTI AccuSway (Advanced Mechanical Technology, Inc., Watertown, MA) force platform consisting in a square aluminum plate (width 50×50 cm; weight 11.4 Kg; height: 14.4 cm). The point projection of the vertical reaction forces recorded by the platform was decomposed by the AMTI Balance Clinic software into two center of pressure (COP) signals, one for the anteroposterior (A-P) and one for the mediolateral (M-L) axis of movement, which were subsequently exported to Matlab (MathWorks Inc., MA) for further analysis. One subject (male) was excluded from COP analysis due to recording artifacts.

3.2.3.2 Electrocardiogram

Electrocardiographic (ECG) data were recorded at 1000 Hz by a Biopac data acquisition system (MP150, Biopac Systems Inc., Santa Barbara, CA) and exported to Matlab for further processing. R-wave detection and artifact correction were performed with eglab (Carvalho, da Rocha, Nascimento, Souza Neto & Junqueira Jr, 2002). KARDIA (Perakakis, Joffily, Taylor, Guerra & Vila, 2010), a Matlab software designed for cardiac interbeat interval analysis was used to obtain heart rate (HR) time series sampled at 5 Hz. Three subjects (two females, one male) were excluded from HR analysis due to recording artifacts.

3.2.4 Data Analysis

Continuous COP and HR signals were segmented into 11 sec epochs, including 1 sec of pre-stimulus baseline and 10 sec post-stimulus response for each picture presentation trial. Phasic COP and HR responses were subsequently expressed as differential values from baseline activity by subtracting the mean baseline value of each epoch from all subsequent time samples. Group average COP and HR responses were obtained by averaging across trials the values at each sample. A nonparametric permutations test based on 200 surrogate datasets obtained

by permutating the data points at each time sample from all individual trials of each subject was subsequently carried out to detect statistical differences between picture categories. To control for false positive statistical error the false discovery rate correction method for multiple comparisons was used. A 2-way ANOVA (Gender \times Category) was then performed using as dependent variable the mean COP and HR values for the time samples where significant picture category differences were detected by the nonparametric test. Subjective picture ratings were analyzed by means of a 2-way ANOVA (Gender \times Category) performed both for valence and arousal dimensions. Bonferroni tests were used for paired comparisons.

3.3 Results

3.3.1 COP and HR Responses

Group average COP responses as a function of picture category are presented in Figure 1(a) and 1(b). Subjects exhibit a marked negative COP deviation from baseline in the A-P axis (backward movement) during the presentation of pictures pertaining to all three affective categories (pleasant, unpleasant and neutral). This displacement, however, is more pronounced when subjects view pleasant and unpleasant pictures. A significant effect of picture category ($p < 0.05$) was found at a range of latencies extending from 2.34 sec to 2.96 sec after stimulus onset (horizontal black bar in the graph). The ANOVA on the mean COP value at this latency range revealed a significant effect of Category ($F = 6.86$, $p < 0.01$), and a significant Gender \times Category interaction ($F = 3.18$, $p < 0.05$), which is further explored in the following section on gender differences. Post-hoc multiple comparison tests revealed a significant difference between unpleasant and neutral pictures ($p < 0.01$), while no significant difference was detected between unpleasant and pleasant or pleasant and neutral pictures. As regards the M-L axis, statistical comparisons failed to detect any significant effects.

Affective picture-viewing produced a HR deceleration only when subjects were attending at pleasant and unpleasant pictures, replicating previous findings of cardiac deceleration during the presentation of emotional compared to neutral visual stimuli. The nonparametric permutations test applied to HR data revealed a significant effect of picture category ranging from 1.4 sec to 10 sec. The ANOVA applied to the mean HR value at this latency range only revealed a significant

3. DYNAMICAL PATTERNS OF HUMAN POSTURAL RESPONSES TO EMOTIONAL STIMULI

effect of Category ($F = 30.42$, $p < 0.01$). Post-hoc multiple comparisons detected significant differences only between unpleasant and neutral pictures ($p < 0.01$). No significant correlations were found between HR and COP data.

3.3.2 Gender Effects

Figure 2(a) shows that in females, unpleasant pictures produced the most pronounced backward displacement, followed by pleasant pictures with an intermediate displacement and finally neutral pictures with the smallest deviation from baseline equilibrium. On average, males responded with a similar backward displacement to pictures from all three affective categories (Fig. 2(c)).

The black bar in the A-P graph of female subjects represents a significant effect of picture category from 1.72 sec to 7.88 sec and from 8.1 sec to 10 sec. Post-hoc comparisons detected statistical differences only between unpleasant and neutral pictures ($p < 0.01$). Statistical comparisons did not reveal any significant effects in males.

3.3.3 Subjective Evaluation of Pictures

The ANOVA on SAM ratings revealed a significant effect of Category both for valence and arousal dimensions ($p < 0.001$). Post-hoc comparisons showed that valence ratings for pleasant pictures were significantly higher than those for neutral pictures (Mean values: 6.98 vs. 5.09; $p < 0.001$), while valence ratings for unpleasant pictures were significantly lower than those for neutral (Mean values: 2.32 vs. 5.09; $p < 0.001$). Unpleasant pictures were rated as more arousing than both neutral pictures (Mean values: 5.77 vs. 1.44; $p < 0.001$) and pleasant pictures (Mean values: 5.77 vs. 4.15; $p < 0.001$). Pleasant pictures were also more arousing than neutral (Mean values: 4.15 vs. 1.44; $p < 0.001$).

3.4 Discussion

The primary objective of this study was to explore the intriguing hypothesis that humans respond to visual emotional stimuli with spontaneous postural displacements that can be clearly interpreted as approach-avoidance behavior. Interestingly, our findings do not provide evidence in favor of this hypothesis. The intuitive assumption that negative emotion induced by unpleasant pictures, would

be accompanied by a posterior postural displacement indicating physical withdrawal from the stimulus, while positive emotion, activated by pleasant pictures, would be associated with an anterior displacement indicating approximation of the stimulus, is not supported by the data. Our results do not show evidence of a selective anterior displacement to pleasant pictures that could be interpreted as approach behavior in any of the subjects. Instead, we observe a marked posterior deviation from baseline induced by pictures from all three affective categories (Fig. 1a). Notably, visual affective stimuli did not evoke any significant deviation from postural baseline equilibrium in the mediolateral axis of movement (Figs. 1b, 2b, 2d).

Further, we identify a previously unrecognized robust postural response pattern to all visual stimuli regardless their affective value (Fig. 1a). Specifically, we observe that on average subjects react to passive picture-viewing with an abrupt, high-gradient posterior deviation from baseline that continues until approximately 2 sec after stimulus onset elapse. At ≈ 2 sec after stimulus presentation this negative displacement reaches a plateau regime, although in some cases it continues to accumulate with a lower gradient, reaching a maximum deviation from baseline approximately 1 sec after stimulus offset. Interestingly, this inertia effect is also consistently observed at stimulus onset, since the postural deviation from baseline equilibrium initiates approximately 1 sec after the stimulus is displayed on the screen (Figs 1a, 2a, 2c).

Regarding these distinctive features of the dynamical response pattern—inertia and plateau region—we can hypothesize that they relate to concrete underlining physiological processes. Specifically, the inertia effect, which is observed after any change in visual stimulation regardless the emotional content of the stimulus, may tap into elemental properties of the transformation of perceptual information into specific motor actions, and could have interesting implications for computational models of visuomotor integration. Further research may discover stimulus parameters, individual differences or neurological conditions that modulate the duration of the inertia before and after a marked change in postural equilibrium in response to visual stimulation. The plateau region on the other hand, indicates a persisting deviation from postural equilibrium throughout picture presentation. This could reflect that the observed backward displacement is related to an attentional phase of prolonged observation and information extraction that lasts for as long as the visual cue is present and even after the initial automatic assessment

3. DYNAMICAL PATTERNS OF HUMAN POSTURAL RESPONSES TO EMOTIONAL STIMULI

of the potential significance of the stimulus. An interpretation of this backward displacement as a postural adaptation that facilitates enhanced cognitive performance is congruous with research showing that body locomotion, and specifically stepping backwards, improves cognitive control in attentionally demanding tasks (Koch, Holland, Hengstler & van Knippenberg, 2009).

While our analysis indicates that the postural response pattern is common for all visual stimuli, in female subjects the amplitude of the backward displacement is more pronounced for unpleasant pictures, followed by pleasant pictures, which are characterized by an intermediate response amplitude, and finally neutral pictures that show a moderate deviation from baseline postural equilibrium (Fig. 2a). This finding is consistent with evidence from other physiological variables showing increased reactivity to aversive pictures in women (Bradley, Codispoti, Sabatinelli & Lang, 2001). The posterior displacement in response to unpleasant pictures cannot be interpreted as avoidance behavior, since a similar backward movement is observed also for pleasant and even for neutral pictures.

Here we propose an alternative hypothesis that postural responses to emotional stimuli may be related to attentional processes. This hypothesis is supported by the following findings:

1. a similar dynamical pattern of COP responses is evoked by all visual stimuli regardless their valence (Figure 1a and Figure 2a,c),
2. the amplitude of the COP negative (posterior) displacement in females is potentiated for pleasant and unpleasant stimuli, which are more attentionally demanding compared to neutral stimuli (Figure 2a),
3. the dynamical pattern of COP responses reveals a characteristic plateau region that persists during the visual stimulation period and terminates after the stimulus offset (Figure 1a and Figure 2a,c). The presence of such a prolonged (up to 5 sec) plateau may indicate a sustained period of perceptual processing requiring increased allocation of attentional resources,
4. simultaneous heart rate recordings reveal a cardiac deceleration in response to emotional pictures that replicates previous findings, where such decelerations were characterized as an attentional bradycardia indicative of an orienting response (Bradley, 2009).

In summary, in this brief report we uncover a dynamical pattern of spontaneous

human postural responses to discrete, briefly-presented affective pictures. Our findings question the interpretation of postural responses to emotional stimuli as approach-avoidance behavior, and suggest a previously unrecognized involvement of attentional processes.

3. DYNAMICAL PATTERNS OF HUMAN POSTURAL RESPONSES TO EMOTIONAL STIMULI

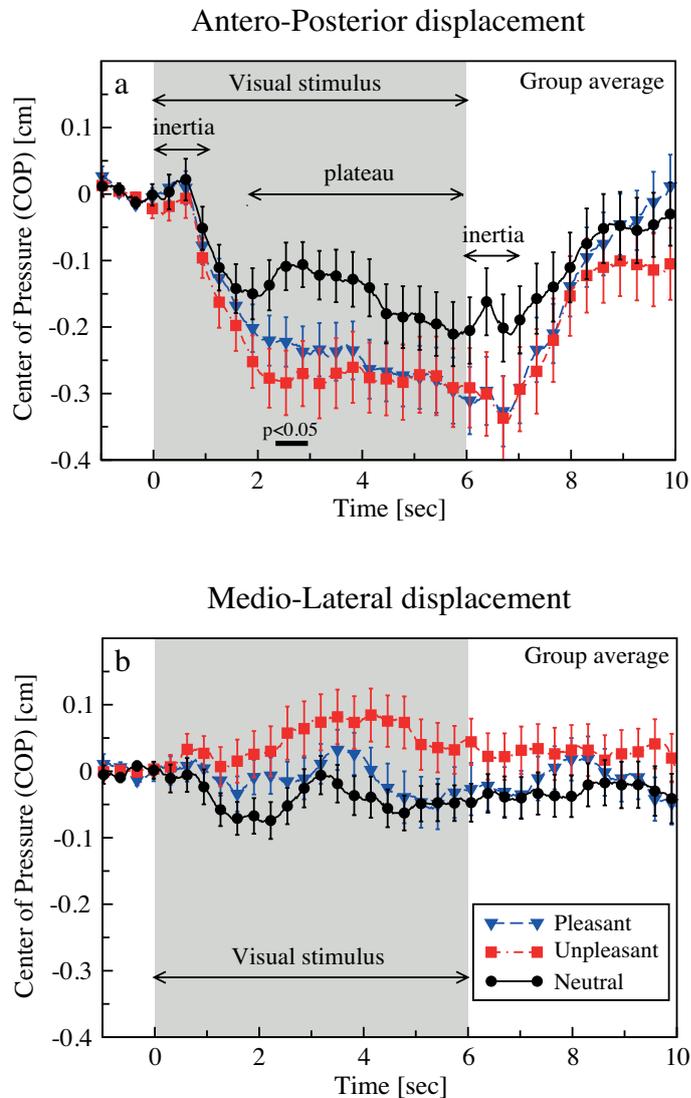


Figure 1: Group average plots of COP responses during affective picture-viewing. (a) A negative COP response in the anteroposterior axis indicates a posterior displacement that is more pronounced for pleasant and unpleasant pictures. Double arrows indicate the plateau region and the inertia effect, consistently observed in pictures from all three affective categories. The shaded area represents stimulus duration and the black bar the latency range where significant differences between picture categories were found. (b) No significant deviations from baseline were observed in the mediolateral axis. Error bars represent the standard error. For visual purposes every 15th data point in each dataset is shown.

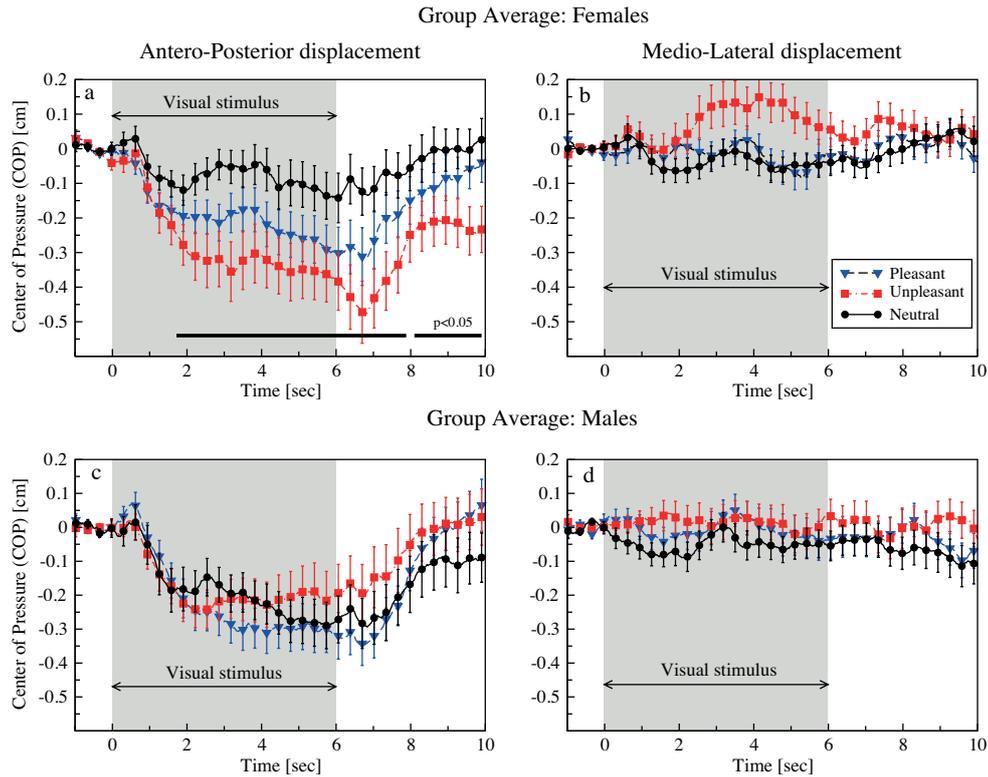


Figure 2: Group average plots of COP responses for female and male subjects separately. (a) In female subjects, unpleasant pictures evoke a pronounced posterior displacement that continues to accumulate during the entire stimulus presentation period. Pleasant pictures elicit an intermediate displacement, while neutral pictures follow with a moderate deviation from postural baseline equilibrium. The shaded area represents stimulus duration and the black bar the latency range where significant differences between picture categories were found. (c) In males, pictures from all three categories elicit a similar posterior COP displacement. (b) and (d) Picture-viewing does not produce any observable postural deviation in the mediolateral axis of movement. Error bars represent the standard error. For visual purposes every 15th data point in each dataset is shown.

3. DYNAMICAL PATTERNS OF HUMAN POSTURAL RESPONSES TO EMOTIONAL STIMULI

Capítulo 4

SVMT: A MATLAB Toolbox for Stereo-Vision Motion Tracking of Motor Reactivity¹

4.1 Introduction

In experimental psychophysiology, human motor reactivity to sensory stimulation is usually indexed by surface electromyography (EMG), which requires the placement of several electrodes on the skin surface (Tassinary & Cacioppo, 2000). This limits the mobility of the subject and reduces the possible contexts in which motor responses can be recorded and evaluated. In addition, EMG captures only the activity of specific muscle groups, whereas certain motor reflexes to sensory stimuli, such as the startle reflex, involve a global motor response characterized by complex muscle contraction patterns at different body areas (Blumenthal et al., 2005). A detailed investigation of these global motor reactivity patterns in relation to underlying physiological control mechanisms could result in a more systematic mapping of psychophysiological processes under sensory stimulation.

In this paper, we present a Matlab-based stereo-vision motion tracking (SVMT) system developed at the Human Physiology research group in the University of Granada. SVMT is a low cost, non-intrusive alternative method for the detection of motor reactivity that has so far been tested in controlled laboratory

¹This article was published in **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, 2012, 108, 318–329. Factor de Impact (Impact Factor): 1.555. Categoría: Computer Science, Theory & Methods, primer cuartil

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

settings. However, due to its portability and flexibility, we envision its future use in more open, ecological environments. The SVMT software presented here combines freely available Matlab toolboxes with a set of specially designed functions, and has been successfully tested/validated in terms of its stereo-geolocation and motion tracking performance, including comparisons with the eyeblink startle measured by surface EMG.

4.2 Computational Methods and Theory

The system consists of the following components: a) 3-D stereo-triangulation, involving accurate description of the stereo-camera system geometry, i.e. estimation of the centres of view and orientations on a common Cartesian coordinate system, in order to reproduce 3-D surfaces; b) feature matching, related to the robust identification of common features (keypoints) between images; and c) motion trajectory extraction, focussing on the processing of the keypoints in order to obtain the subject's location and displacement in 3D space and time. These components are described in detail below.

4.2.1 Lens Distortion Correction

Most camera lenses impose a certain amount of distortion on the acquired sceneries, the correction of which is fundamental for the precise transformation from image to real world coordinates. Distortion can be radially symmetric about the principal point (radial distortion), or symmetric along a line directed through the principal point (tangential distortion) (Tsai, 1987). Typical types of distortion are the barrel distortion and the pin-cushion distortion, with the former resulting in a tendency of image points to concentrate over the border, while the ones close to the image centre spread on a radial direction. The opposite behaviour is found in the case of pin-cushion distortion, in which images are shrinking towards the centre (Hartley & Zisserman, 2006).

Lens distortion correction, or alternatively camera calibration procedure, includes the estimation of the camera's intrinsic parameters operations and can be expressed mathematically through the K matrix:

$$\mathbf{K} = \begin{pmatrix} \alpha & 0 & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix} \quad (1)$$

where α , β correspond to the focal length measured in u and v pixel units respectively, u_0 and v_0 to the image centre (called also principal point, e.g. see Heikkilä & Silvén, 1997) and I is the identity matrix.

Camera calibration is very well documented in the literature (e.g. see Bouguet, 2007; Heikkilä & Silvén, 1997; Tsai, 1987; Weng, Cohen & Herniou, 1992; Zhang, 2000). In the present application we used a freely available MATLAB Camera Calibration Toolbox developed by Bouguet (Bouguet, 2007). An A3 size checkerboard with vertical and horizontal rectangle dimensions 24mm and 26mm respectively, was located in both cameras' Field Of View (FOV) at several positions, while synchronised image acquisition was active, to obtain pairs of images for each perspective of the pattern. Due to the good contrast of the checkerboard pattern, the corners of each box were extracted for all images using a semi-automatic procedure, resulting in a cloud of points with known coordinates in both image and real world space (relative to each other). The toolbox uses the above as input to iterative solvers so as to define the camera's intrinsic parameters, which were estimated once for each camera and were then assumed constant. According to the results, the mean of the calibrated values differed significantly from nominal values for all variables, (with deviations ranging between 2.5–5%) and errors >10 pixels (in the corners of the frames) were observed for the original distorted frames.

4.2.2 The Projection Matrix

In the present application the pinhole camera model is assumed, according to which the world and image location of each point in the field of view are aligned to the camera Centre Of View (COV). Homogenous coordinates are used in the expression of the camera model, as they provide simplicity of notation and computational generality (Hartley & Zisserman, 2006), obtained by geographic coordinates after adding an extra dimension with values equal to one. The transformation from metric system coordinates (X , Y , Z) to image coordinates (U , V) and vice-versa, utilizing homogenous coordinates, is performed using the 3x4 perspective transformation matrix P (Vousdoukas, Pennucci, Holman & Conley,

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

2011):

$$P \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U \\ V \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

The P matrix can be decomposed as:

$$P = KR[I - C] \quad (3)$$

where K is the camera calibration matrix expressed by equation 1, I is the identity matrix, and C and R are the translation and rotation matrices of the camera's COV respectively (Hartley & Zisserman, 2006; Vousdoukas et al., 2011). The C translation matrix accounts for the camera COV position Cartesian coordinates (X_{cam} , Y_{cam} , Z_{cam}) in the world coordinate reference system and can be represented as:

$$C = \begin{bmatrix} X_{cam} \\ Y_{cam} \\ Z_{cam} \end{bmatrix} \quad (4)$$

The R matrix expresses the effective orientation of the COV and is defined by three angles COV-pan, COV-tilt, COV-roll, relative to the Cartesian system of coordinates:

$$R = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \quad (5)$$

4.2.3 Stereo-Triangulation

When the camera's COV orientation and location and thus the P matrix are defined for each point in the field of view, equations 1–5 result in a system of 2 equations (one for each image coordinate U, V) with 3 unknowns, the feature's x, y, z world coordinates. Geometrically, this means that the feature can be anywhere along the line defined by the camera's COV and its image coordinates (Wolf, 1974). When the feature is monitored by two cameras, its position is defined by the cross-section of each camera's line. As a result, the system

of equations can be solved analytically, as long as the cameras' geometries are defined in the same coordinate system, a process called stereo-triangulation.

The projection matrix R estimation is an essential step for camera calibration. Thus, the dual camera array geometries were defined using the common checkerboard corner features, detected during the two cameras calibration procedure. Synchronous image acquisition allowed association of the identified checkerboard corners between the Camera 1 and Camera 2 frames. These common features, once introduced to equation 2, result in an over-specified system, permitting the selection of an optimal solution for the camera angles (for a detailed description see Heikkilä & Silvén, 1997; Bouguet, 2007) and COV through an iterative solver (Nelder-Mead simplex method, see Lagarias, Reeds, Wright & Wright, 1998). The present application aims to record the subject's amplitude and velocity of displacement. Therefore, an absolute coordinate system (linked to geographic coordinates) is not necessary. Thus, the COV of the left camera was considered as the origin of the Cartesian coordinate system. The above coordinates can be easily transformed to a fixed system by identifying three or more points of known locations to the desired system and using them as reference to estimate the P matrix (see also Vousdoukas, Velegrkis, Dimou, Zervakis & Conley, 2009).

4.2.4 Feature Matching

As mentioned above, an essential step for motion tracking and geo-location is to identify common features at both cameras' frames at the same instant. Associate pairs of keypoints between images were identified using the approach of Lowe (Lowe, 2004), modified in MATLAB accordingly for the needs of the present application. The method was designed to extract distinctive invariant features from images considering rotation, affine distortion, changes in illumination and noise, while small computational times were achieved by following a cascade filtering approach. The four major stages of computation used by the algorithm to generate the set of image features are: a) space-scale extrema detection, b) keypoint localization, c) orientation assignment, and d) keypoint descriptor. Detailed description of the algorithm is beyond the scope of the present contribution and can be found in Lowe (Lowe, 2004).

In the case of the processed imagery, the number of identified features on each image was found to vary from 300 to 500, most of which were located on the subject's body (the homogeneous background did not generate keypoints).

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

Shutter speed was set to its minimum value (0.12 ms) in order to avoid blurring during fast movements. However, the number of features is inevitably reduced. In this cases, after applying the post-processing feature matching scheme, more than 200 pairs of keypoints were produced, very few of which were false.

The keypoint identification steps are described below and according to the following image notation; L-m and R-n imply the mth and nth frame (where m, n frame numbers) of the left (L) and right (R) camera respectively.

1. Features are identified in all images from both cameras.
2. The algorithm propagates through the set of images and matches common keypoints between frames L-1 and L-i, where $i=2-N$ and N is the total number of acquired images per camera. All matches are indexed according to their occurrence on frame L-1 (Figure 1a).
3. Similarly the whole set of image pairs is processed to identify keypoint matches between frames L-i and R-i, keeping the indexing of the previous step (Figure 1b).
4. Keypoint matches are geo-located according to Equation 2 and Section 4.2.2 (see also Figure 2).

In brief, the above description implies that initially indexed and geo-located keypoint pairs, (step 2), are tracked through the frames sequence (step 3) and geo-located (step 4). This results in a cloud of points for each instant (see Figure 2), which produce keypoints' motion trajectories.

4.2.5 Motion Trajectory Extraction

The “keypoints cloud” shown in Figure 2 contains a detailed description of the subject's movement. Individual keypoint motion trajectories are generated after combining all keypoint instantaneous positions. Given that specific body areas (i.e. head, arms, core) are usually of interest for the analysis of typical human motor reactivity, individual keypoints are grouped into clusters, each associated to a predefined body area.

The association of the identified keypoints to the body areas of interest takes place by processing frame L-1, following two possible approaches:

1. The feature-matching algorithm identifies specially designed markers attached at the subject's body areas of interest, after processing frame L-1 along with pictures of the markers (Figure 3).
2. Body areas are manually defined on the first frame of each video sequence; this approach is also automatically applied either when the automatic procedure fails (e.g. Figure 3), or if the user does not provides any marker photos.

The feature clustering and trajectory extraction takes place according to the following steps:

1. Body areas are associated to the identified keypoints, according to the procedure described above.
2. For each temporal step, all the keypoint positions associated to each body area are averaged to generate the 'representative body area position'.

$$\vec{r}_p(t) = \frac{1}{w} \sum_{j=1}^w \vec{r}_{p,j}(t) \quad (6)$$

where $r_p = (x, y, z)$ expresses Cartesian coordinates, p is the cluster index number and w is the number of keypoints per cluster.

3. Instantaneous velocities are estimated:

$$\vec{v} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial t} \quad (7)$$

4. Following, instantaneous velocities from all points belonging into each cluster are averaged to produce the "cluster velocities".

$$\vec{v}_p(t) = \frac{1}{w} \sum_{j=1}^w \vec{v}_j(t) \quad (8)$$

An example of the above procedure is shown in Figure 4, where the blue lines correspond to the x, y, z positions of all keypoints belonging to specific body areas (defined at step 1) and the black dashed line shows the final motion paths.

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

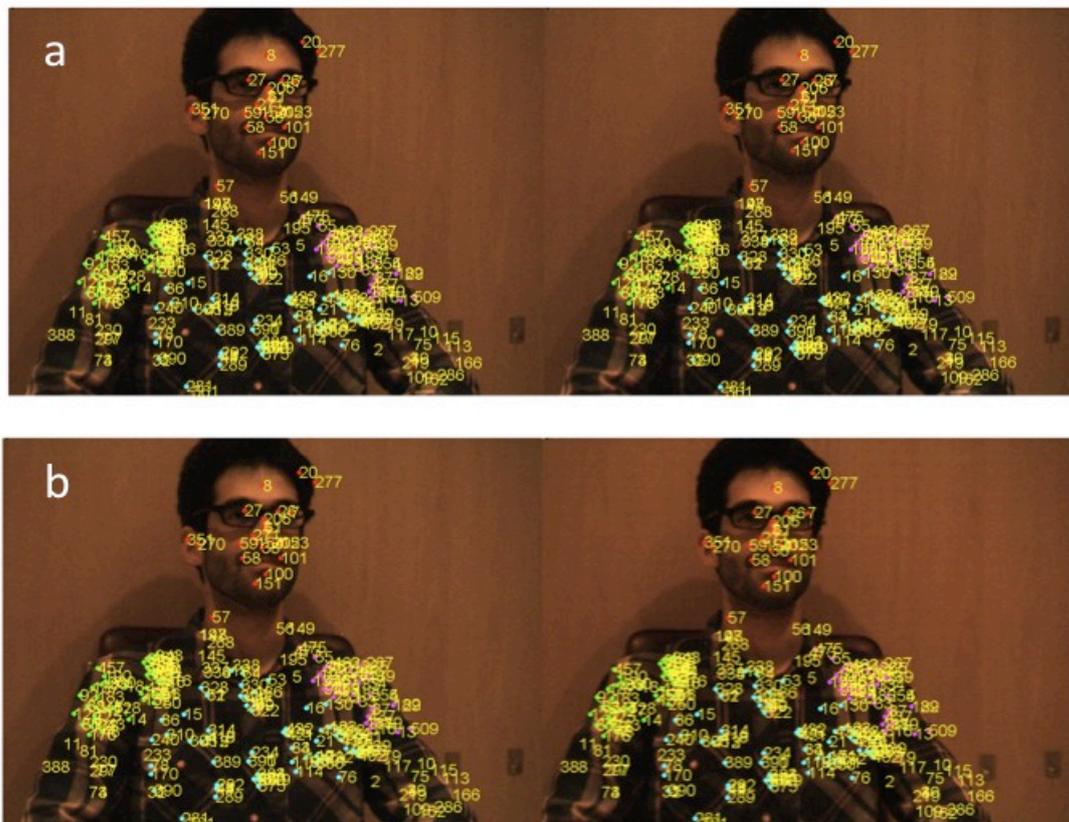


Figure 1: Performance of the keypoint matching algorithm between frames L-6/L-1 (a) and between simultaneously acquired frames from both cameras, L-6, R-6 (b). The color of the dots denotes different areas of the subject's body (red=head, magenta=core, yellow=left shoulder and green=right shoulder) and the numbers the index of each keypoint, which allows tracking of each feature through the image sequence.

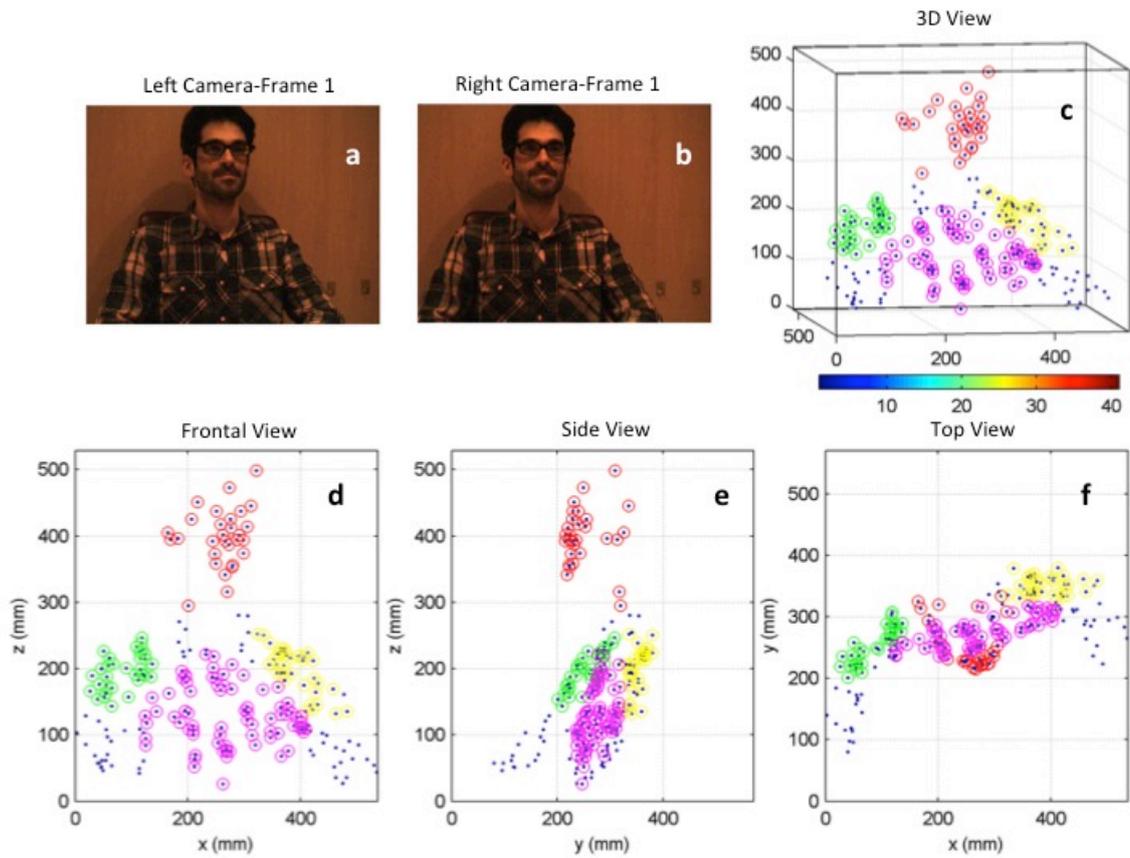


Figure 2: Keypoint pairs stereo-triangulation procedure for two instantaneous L-R camera frames (a and b). Blue dots show the detected keypoint locations in 3-D perspective (c), as well as frontal, side and top 2-D views (d, e and f, respectively). Colors denote different areas of the subject's body (red, head; magenta, core; yellow, left shoulder; and green, right shoulder).

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

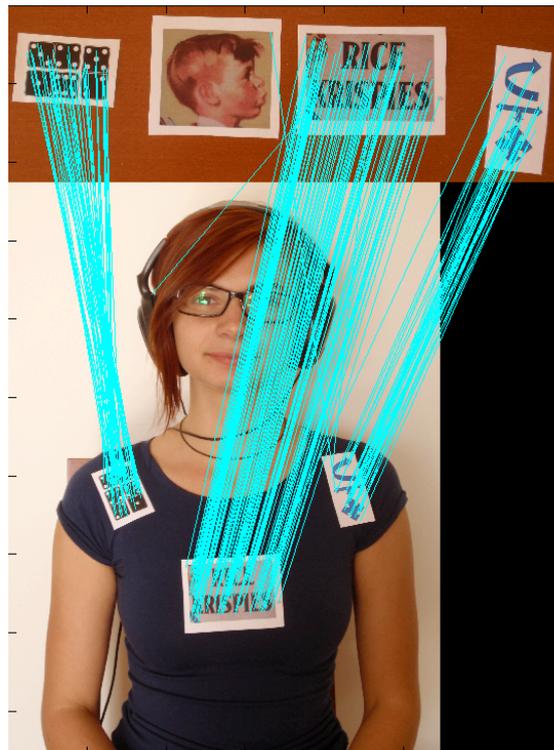


Figure 3: Keypoint pairs stereo-triangulation procedure for two instantaneous L-R camera frames (a and b). Blue dots show the detected keypoint locations in 3-D perspective (c), as well as frontal, side and top 2-D views (d, e and f, respectively). Colors denote different areas of the subject's body (red, head; magenta, core; yellow, left shoulder; and green, right shoulder).

4.3 The Stereo-Vision Motion Tracking Software

4.3.1 System Installation

After camera installation and connection to the manufacturer's image acquisition software, the individual and stereo camera calibration described in Section 4.2 has to be performed. Our software has been designed to use the calibration export files of the Bouguet MATLAB toolbox (Bouguet, 2007) directly. This procedure is necessary only during the initial system installation and has to be repeated only in case the relative camera positions and orientations change.

The SVMT algorithm has been tested successfully in MATLAB Releases 2009a and 2010a in Windows XP SP2, Mac OS and Ubuntu 10.04 64bit platforms. It was run successfully in commercial laptop and desktop computers of 2008 up to 2011 standards and has not shown to be exceptionally computationally intensive. For some platforms (other than Linux or Windows) the SIFT keypoint identification algorithm has to be compiled to produce a working executable. The SVMT software is freely available at <https://sourceforge.net/projects/svmt>.

4.3.2 Basic Inputs

The processing of each event is performed by the function `event_process`, through the operations described below and in the flow diagram shown in Figure 5. The function requires two MATLAB data structures as input; one with the processing and visualization parameters (`params`) and another with the paths definition (`paths`). Images of the patterns for automatic area identification can be provided as an optional input. All inputs can be generated by a Graphical User Interface (SVMT_GUI) developed to facilitate the use of the SVMT toolbox (Figure 6). However, users more familiar with programming are encouraged to use the scripts `SVMT_batch` and `SVMT_batch_preparation`, which allow the processing of several events in batch mode.

4.3.3 Image Input

For the present application, images are exported by the image acquisition software in two separate ASCII files, one for each camera, named `CameraLeft.tmp` and `CameraRight.tmp`, containing the complete event image set. They are imported into SVMT in the form of a MATLAB data structure generated by the `read_tmp`

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

function. For a different filename and image storage protocol, only the `read_tmp` function has to be modified accordingly to implement the SVMT toolbox.

4.3.4 Area Definition

The appropriate body areas are defined either manually or automatically through the `define_sections` function. For manual definition, SVMT requests the user to manually define (using the mouse) the perimeter of sections on frame L-1 which contain the body areas of interest. For automatic identification, specially designed markers are attached at the subject's body areas of interest and are identified after comparison with images of the markers alone.

4.4 Keypoint Identifier

The keypoint identification algorithm is applied on pairs of images according to the procedure described in Section 4.2.4, implemented by the `keypoints` function. The extracted keypoints are associated with the pre-defined body areas (see Sections 4.2.5 and 4.3.4) through the `identify_sections_patterns` function and their geo-location is performed by the `geolocate_sections` function based on the theoretical background provided in 4.2.2 and 4.2.3.

4.4.1 Trajectory Extraction

For each keypoint, distinct positions tracked in time are combined to generate the final trajectory through the function `post_process`. The individual trajectories are further processed in the `extract_section_trajectories_velocities` function to generate the pre-defined body areas' motion paths and their corresponding velocity and acceleration time series (see also Section 4.2.5).

4.4.2 Data Export

Once the processing procedure is completed, all the intermediate and final results are summarized in the MATLAB data structure event, which is exported in a user-defined directory. The same data structure is used as input in a set of functions oriented towards easy visualization and validation of the results (e.g. `trajectory_extraction_plot`, `trajectories_3Dplot`, `velocities_plot`, `trajectories_plot`,

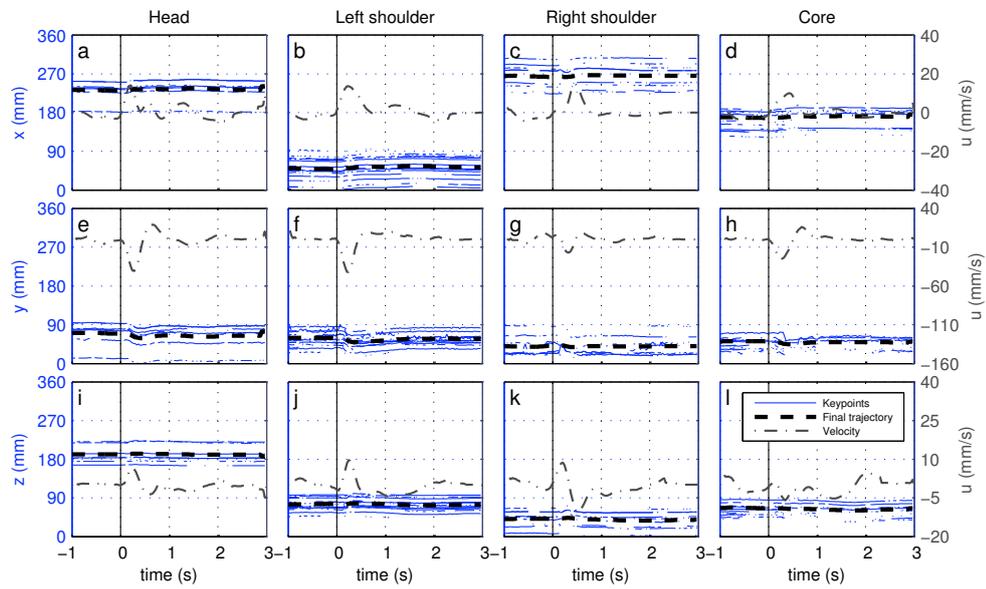


Figure 4: Final trajectory extraction procedure. Blue lines show the x-, y- and z-locations (rows) of keypoints along the frame sequence (horizontal axis denotes time), while the black dashed lines show the final motion paths. Columns correspond to different body areas (Head, left-right shoulder and core). The right vertical axis and the gray, dashed-dotted line correspond to the velocity.

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

make_event_video). The activation of the above functions is an option during the initiation of the main event_process function of the SVMT algorithms.

4.5 Test Implementation and Validation

4.5.1 Equipment and Experimental Layout

The SVMT method was originally developed to process imagery obtained during experiments designed to elicit the activation of motor reflexes, in the laboratory of the Human Physiology research group at the University of Granada in Spain. The image acquisition system consists of a Pentium IV Personal Computer and two PointGrey FireFly MV video cameras, fixed on an aluminium base with dimensions 20 x 5 x 0.5 cm. The base is constructed in such a way that the relative position and viewing angles of the cameras are not affected during the platform's transport, which can be fixed on a camera tripod with standard 1/4"-20tpi (threads per inch) screw dimensions. The cameras (Point-Grey FFMV-03M2C-CS) were selected on the grounds that they combine several desired characteristics for the given application:

- Their small size (44 x 34 x 24.4 mm) is important in order not to affect the subject's behaviour (thus avoiding bias to the obtained data), and comes in line with the non-intrusive nature of the system.
- They provide image resolution and acquisition rate (752 x 480 pixels at 61 frames per second (fps)), as well as minimum shutter speeds of 0.12 ms that are low enough to reduce blur during fine and rapid movements expected in the present application.
- They allow robust software or external trigger synchronisation and 'time-stamping' of the camera images, which is vital for a stereo-vision application, as well as to synchronize motion tracking data with other physiological measurements.

The cameras are installed in a room with dimensions of 2.5 x 3 x 3 m and Faraday Caging, and are both connected to the PC through an IEEE-1394a Firewire PCI card, which controls synchronous image acquisition. Since stereo calibration is valid only for specific geometries, the cameras are fixed on a stable base, assuring that their relative positions and orientation remain stable. The

4.5 Test Implementation and Validation

PC is located outside the room, integrated in a broad array of physiological recording devices (Coulbourn Instruments, PA; Biopac Systems Inc., CA). A second PC running E-Prime stimulus presentation software (Psychology Software Tools Inc., PA) controls timing precision, transmitting (through the parallel port) an external trigger that is used for the synchronization of all data acquisition devices. In addition, for each image, the PointGrey software records timestamps with accuracy of few milliseconds. Experimental subjects are facing the camera array, which is located at a distance of approximately 1.5 m. The approximate FOV dimensions do not exceed 1 m for all 3 coordinate system dimensions.

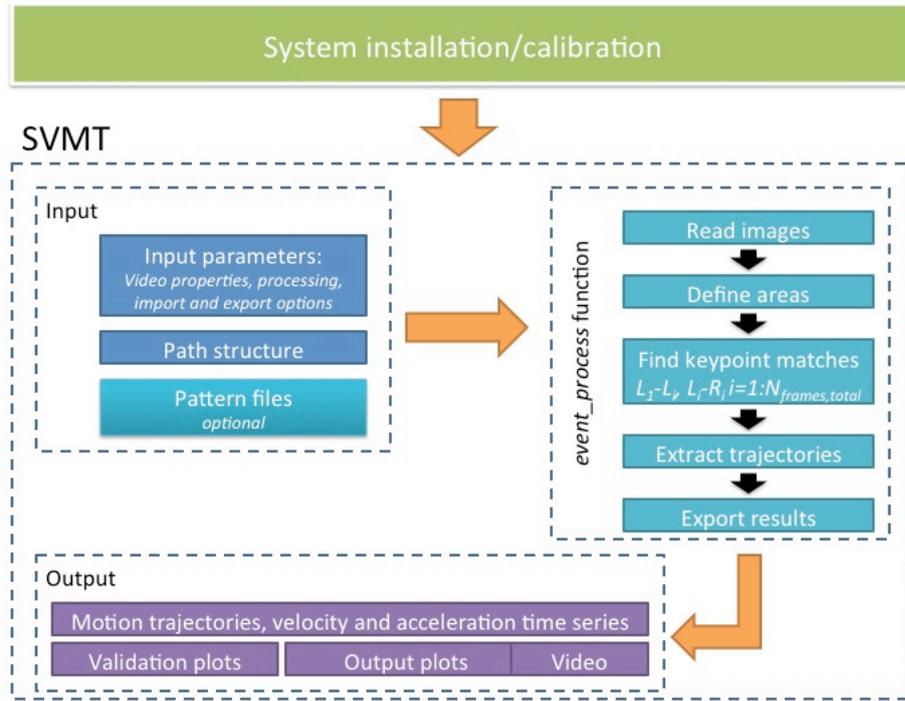


Figure 5: The SVMT toolbox flow diagram.

We tested the stereo motion tracking software in a psychophysiological experimental context by analysing a series of images obtained at a sampling rate of 30 frames per second during the elicitation of a startle response to intense acoustic stimulation. Image acquisition initiated automatically 1 s before the presentation of the acoustic stimulus and continued for 3 s post-stimulus. The acoustic stimulus was a burst of white noise containing frequencies in the 20 Hz to 20 kHz range, 105 dB intensity and instantaneous rise-time. The noise was generated

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

by a Coulbourn auditory stimulus generator and presented binaurally through headphones (Telephonic TDH Model-49, Telephonic Corporation, NY).

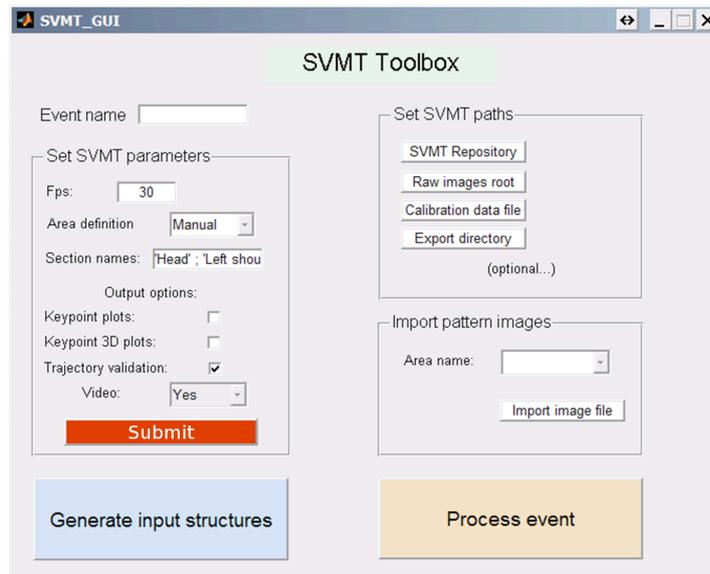


Figure 6: The SVMT toolbox graphical user interface.

The eyeblink component of the startle response was measured by recording the electromyographic activity from the orbicularis oculi muscle beneath the left eye using Ag/AgCl miniature electrodes. The raw EMG signal, sampled at 1 kHz, was amplified (30,000), and frequencies below 90 Hz and above 300 Hz were filtered, using a Coulbourn S75-01 bioamplifier. The signal was subsequently rectified and integrated using a Coulbourn S76-01 contour-following integrator, with a time constant of 100 ms. The psychophysiological test was performed on ten undergraduate psychology students (three male, seven female), who participated in the experimental session for course credit. Each subject received three stimuli with an inter-stimulus interval of 2 min. A resting period of 10 min for adaptation to laboratory conditions preceded the presentation of the first stimulus.

4.5.2 Results

During the development stage and prior to its use in an experimental context, substantial validation efforts took place in order to assess the overall accuracy of the SVMT method. This accuracy is mostly affected by the combination of

stereo-triangulation errors, the feature matching algorithm performance, and artifacts of the final motion paths extraction procedure. All the above are discussed independently in the following sections.

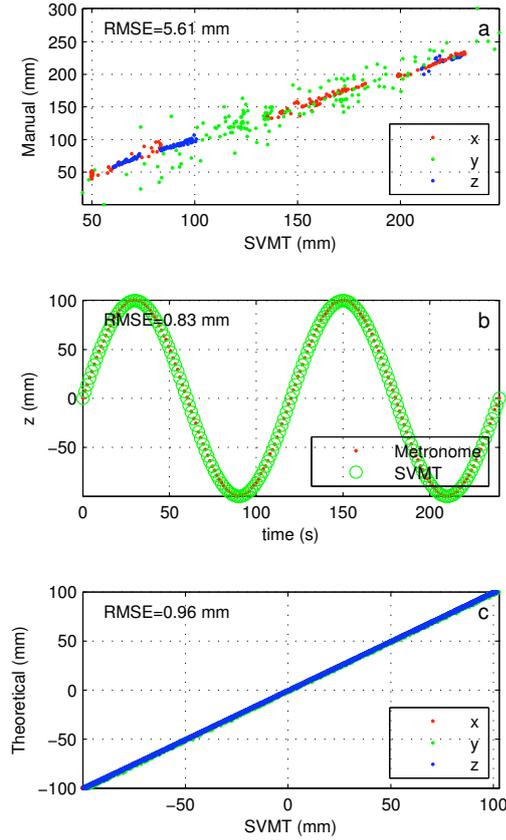


Figure 7: System validation comparing the SVMT motion paths with those obtained by manual tracking of the same movement: RMSE for the x, y, and z positions are equal to 1.96, 9.36, and 1.07 mm, respectively (a). System validation comparing the SVMT motion paths of the upper moving part of a mechanical metronome against the theoretical positions: (b) comparison of z-position time series, and (c) scatter plots. Colors red, green, blue, indicate x, y, z coordinates, respectively.

4.5.2.1 Stereo-Triangulation Accuracy

Stereo-triangulation errors were estimated during the camera calibration procedure and the camera geometry definition steps (see also Sections 4.2.1, 4.2.2 and 4.2.3), as the checkerboard features provide detailed ground truth information to

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

access performance in three dimensions. For the present application, we define the lateral, anteroposterior and superior-inferior axes as the x-, y-, and z- axes, respectively. The stereo-triangulation accuracy is limited by the pixel footprint (distance per pixel ratio), which is directly controlled by the distance from the object, the distance of the cameras, and the image pixel resolution. Validation results showed that pixel footprints for the presently used stereoscopic system are around 0.5 mm. They were also found to be slightly higher for the anteroposterior axis (y). As a result, the estimated stereo-triangulation RMS error for the x-z and y-z planes was 0.3 mm, which is slightly lower than the error for the x-y plane (RMS error of 0.5 mm).

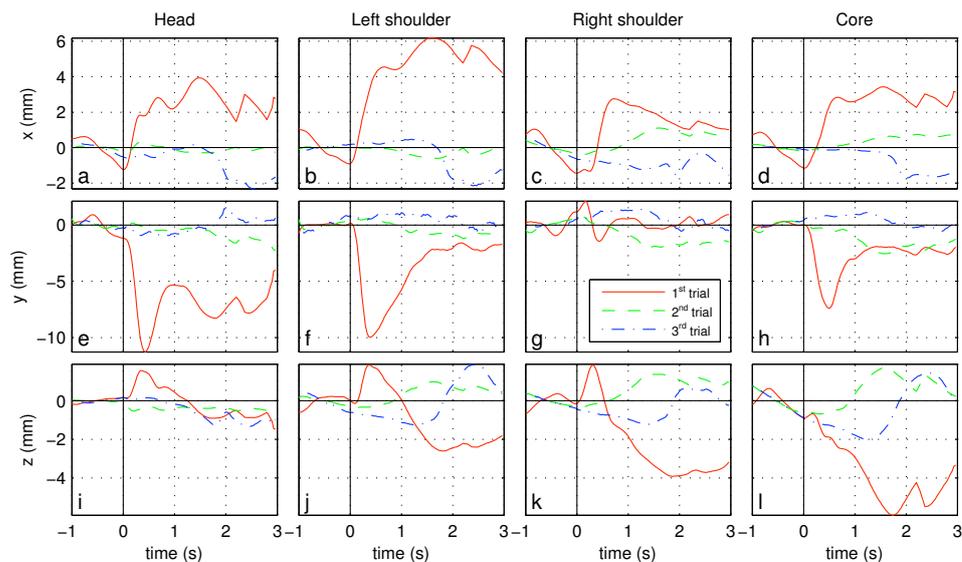


Figure 8: Motion trajectories extracted from the three consecutive presentations of an intense acoustic stimulus to a representative subject. Rows indicate Cartesian coordinate system axes and columns represent different body areas. In each graph, the first presentation of the stimulus is represented by a red continuous line, the second by a green dashed line and the third by a blue, dash-dotted line. Specific dynamical features of motor responses are observed, while habituation to repeated stimulus presentations is also evident.

4.5.2.2 Feature Matching Performance

The SIFT algorithm has been extensively validated and applied for computer vision (Lowe, 2004) and numerous other applications including commercial image stitching software (<http://www.kolor.com/panorama-software-autopano-pro.html>) and even coastal video monitoring (Vousdoukas et al., 2011; Vousdoukas et al., 2011), and has been proved very robust. The patterns used for the present application were selected after extensive testing, thus ensuring that they consistently produced a satisfactory amount of extracted keypoints (>10).

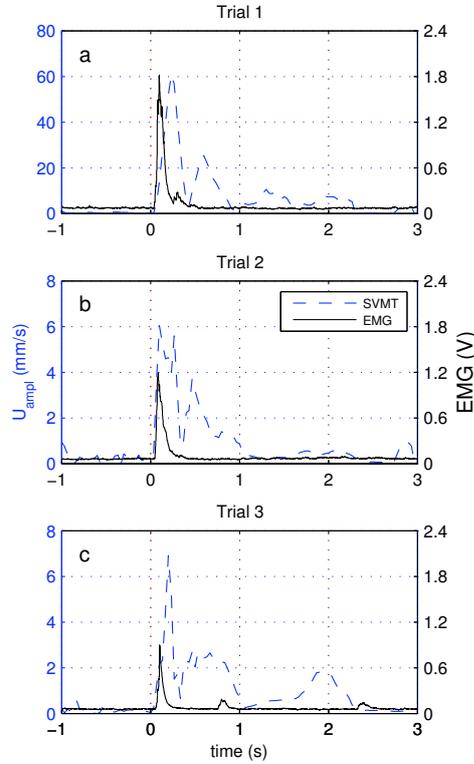


Figure 9: Comparison of EMG derived eyeblink startle and SVMT velocity signals in three consecutive presentations of an intense acoustic stimulus in one representative subject. On each plot left vertical axis and blue dashed line express velocity amplitude of the subject's head (spherical coordinates), while right vertical axis and solid black line the EMG signal in Volts. Horizontal axes express time in s, and the vertical red dotted line at $t = 1$ s the time of the intense acoustic stimulus presentation.

In addition, the feature matching and tracking procedure was further validated by comparing the SVMT results with those of manually extracted motion

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

paths for 4 specific features on the image. The features were manually identified (clicked with a mouse) along the entire image set (from both cameras) and stereo-triangulation followed. Such validation took place for two different events, while 3 different users performed manual tracking, in order to control for bias introduced by individual human performance. The overall RMS error was 5.6 mm, which corresponds to less than 3% of the movement range (Figure 7a), which is well below the acceptable maximum for the present application. A closer look showed that the above error corresponds to the anteroposterior axis where the stereo-triangulation errors are higher (see previous section), while for the other two axes RMS errors were less than 2 mm (Figure 7a). Moreover, it is expected that manual matching is less reliable than automatic, due to manual feature selection artifacts.

4.5.2.3 Validation Using a Metronome

Additional testing was performed by processing image sequences from an analogue metronome with a spherical pattern attached on its higher moving part. The metronome was set to perform a periodic motion with a period of 2 s and imagery was obtained from different viewing angles and COVs. SVMT processing was applied to all obtained datasets and the estimated motion paths were compared according to the following procedure: a) rigid transformation was applied to align the motion paths to the same coordinate system, since due to the varying angle and centre of view, they were originally expressed in different coordinate systems; b) time lags were estimated and removed using cross-correlation technique; c) since after the above pre-processing the extracted motion paths should be identical, the RMS error of all instantaneous positions were estimated for each axis, against the theoretical values of the motion paths (typical periodical oscillation with 2 s period); d) an additional RMS error was estimated after dividing the original RMS errors per axis with the equivalent average amplitude of motion.

The extracted SVMT motion trajectories were in very good agreement with the metronome's periodic movement (Figure 7b). Comparisons of the results between image sequences from different points of view showed RMS errors around 0.97 mm (c), which again were higher for the anteroposterior axis (RMS error around 1.15 mm), which is the one expressing distance from the camera towards the subject (see also discussion in Section 4.2.1). Estimated errors were found to be less than 1% of the metronome's movement amplitude.

4.5.2.4 Psychophysiological Results

System application showed robust performance and processing times (2010 PC standards) around 120 s for each experimental trial tested. The modified Lowe (Lowe, 2004) algorithm proved to be robust, and the small shutter times ensured image sharpness during the subjects' rapid movements, which is essential to maintain a sufficient number of identified keypoint matches. For the events tested, the minimum number of keypoint pairs per body area was always above 10 for each frame, which proved to be sufficient for effective motion tracking.

Figure 8 depicts motion trajectories extracted from three consecutive presentations of the acoustic stimulus for a representative subject. The trajectories clearly illustrate the motor reactivity pattern of the subject to the acoustic stimulus. For example, during the first trial (red continuous line), the reaction of the subject was an upward (increasing z-position) and posterior (increasing y-position) movement, which was more enhanced for the head. At the same time, the right shoulder appeared to move forward (decreasing y-position), in the opposite direction of the other body areas of interest. This body movement is substantially more pronounced in response to the first presentation of the stimulus.

For the same subject, in Figure 9 we observe the close correspondence between the EMG signal indicating the eyeblink startle response (black continuous line) and the velocity signal extracted by the SVMT (blue dotted line). The EMG signal indicates the expected eyeblink habituation to the intense noise; the response amplitude is progressively reduced as we move from trial 1 to trial 3. Interestingly, the velocity signal depicts a significantly more pronounced habituation of the global motor response to the acoustic stimulus (note the difference in the scale of the vertical axes in the three trials). Taken together, these observations confirm that the SVMT method can detect fine motor responses to sensory stimulation and provide important complementary information to that obtained by measuring the activity of individual muscle groups.

4.5.3 Discussion

The SVMT system showed robust performance, while combining several other advantages, such as low cost, non-intrusive data acquisition, accurate quantitative information and bootstrap manner operation. Installation is not logistically or

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

technically demanding and the stereo camera rig calibration is straightforward and can be performed in less than an hour. The output format of the results facilitates processing, while several functions for analysis and plotting are already included in the toolbox.

Importantly, the presently tested set-up proved capable of monitoring very subtle movements, with amplitude of few mm (e.g. Figure 8). In fact, the resolution of the measurement is directly related to the stereo-triangulation resolution, expressed through the pixel footprint (mm per pixel), which for the used stereo rig was around 0.5 mm. The noise of the measurements is also ranging at the pixel footprint dimensions and was not significant since the measured movements were typically of amplitudes reaching/exceeding 1 cm. The measurement resolution can be further improved without any changes in the software, benefiting from the constantly increasing pixel resolution provided by commercial cameras.

Regarding the other possible error factors, the SIFT keypoint detector was selected after testing several feature matching algorithms, and it was proven that it is not affected by light, color and contrast changes, as well as noise, at least to the extent that it could exist in the processed imagery. On the other hand, other feature matching procedures could be easily incorporated to SVMT. Furthermore, comparison of the velocity signal extracted by the SVMT system with the eyeblink startle measured by surface EMG (Figure 9), clearly demonstrates the ability of SVMT to track subtle body movement as the one induced by the presentation of an intense acoustic stimulus.

The movements tracked in the present application were short in duration and did not involve full subject rotation. Thus, the point clustering/filtering procedure described in Section 4.2.5 was optimized for features which remain in the FOV. Even though modifying the processing algorithms to track subjects that fully rotate, or leave the FOV sporadically is beyond the present scope, such feature could be included with reasonable effort and without significantly increasing computational times.

Finally, although in this paper we describe an application integrated in a psychophysiological laboratory, it is easy to imagine a similar setup in a more ecological environment, such as in a classroom, where, for example, the motor activity of students could be evaluated for the diagnosis of hyperactivity disorders. Another intriguing possibility is the use of such a system for the detection and patterning of facial expressions that can be used either in research, or even for

4.5 Test Implementation and Validation

the engineering of human-machine communication interfaces.

4. SVMT: A MATLAB TOOLBOX FOR STEREO-VISION MOTION TRACKING OF MOTOR REACTIVITY

Capítulo 5

Estilos Defensivos en Humanos. Correlatos Neuroendocrinos, Psicofisiológicos y del Movimiento

5.1 Introducción

Las principales medidas utilizadas en el estudio de las respuestas defensivas en humanos han sido las hormonales y las psicofisiológicas. Entre las hormonales, las principales han sido el cortisol (p.e., Charmandari y cols., 2005; Kaltsas y Chrousos, 2007; Koob, 1999; Negrão y cols., 2000; Tsigos y Chrousos, 2002), especialmente ante estresores agudos que implican una evaluación social e incontrolabilidad en un contexto de ejecución motivada (Dickerson y Kemeny, 2004), y la testosterona, principalmente ante situaciones de estrés agudo en contextos sociales de competición, agresividad o dominancia (p.e., Chichinadze y Chichinadze, 2008; Chinchinadze y cols., 2010; Chichinadze y cols., 2012; Eisenegger y cols., 2011; Fry y cols., 2011; Lumia y cols., 1994; Oliveira y cols., 2009; Salvador y cols., 1999; Wingfield, y Sapolsky, 2003). En una revisión realizada sobre modelos animales, Korte y cols. (2005) mostraron que los niveles de ambas hormonas ante situaciones estresantes están relacionadas con dos estilos de respuesta, un estilo más reactivo o pasivo que estaría asociado a mayores niveles de cortisol, y un estilo más proactivo o activo asociado a mayores niveles de testosterona.

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

Existen estudios que han puesto de manifiesto la relación existente entre los niveles basales de cortisol y reacciones de inmovilidad o inhibición conductual ante situaciones estresantes (Böhnke, Bertsch, Kruk y Naumann, 2010; Buss y cols., 2004; Kagan y cols., 1988; van Honk y cols., 2000; Widle, 1994). Por su parte, también hay una serie de estudios que muestran cómo respuestas más activas ante el estrés están asociadas a mayores niveles basales de testosterona (Bernhardt y cols., 1998; Grant y France, 2001; Harris y cols., 1996; Oliveira y cols., 2009; Salvador y cols., Widle, 1994).

En el estudio psicofisiológico de las respuestas defensivas han predominado dos paradigmas, uno basado en la Respuesta Motora de Sobresalto (RMS) (Blumenthal y cols., 2005; Lang y cols., 2000; Lang y Davis, 2006), y el otro en la Respuesta Cardíaca de Defensa (RCD) (Fernández, 1986; Fernández y Vila, 1989a, 1989b; Vila y cols., 2007; Vila y Fernandez, 1989a,1989b). Ambos reflejos son elicitados por estimulación auditiva discreta, intensa y aversiva de inicio repentino (ruido blanco de 109 dB de intensidad, 500 ms de duración y tiempo de subida instantáneo).

Lang en su Teoría de Facilitación o Priming Motivacional determina que la magnitud del RMS puede verse modulada por la congruencia e incongruencia entre el tipo de reflejo (apetitivo o aversivo) y el estado o valencia afectiva en que se encuentre el organismo (agradable o desagradable) (Bradley y Sabatinelli, 2003; Lang, 1995; Lang y cols., 1997a; Lang y Davis, 2006).

La RCD es un tipo de respuesta fásica compuesta por cuatro componentes: dos acelerativos y dos desacelerativos de corta y larga latencia y duración que se suceden en orden secuencial alterno (aceleración-desaceleración-aceleración-desaceleración) dentro de los 80 segundos posteriores al inicio del estímulo. Durante la primera aceleración y deceleración impera la rama parasimpática y representa la interrupción conductual para dejar paso a la exploración atencional. La segunda aceleración-deceleración está dominada por la interacción simpática-parasimpática con un predominio simpático, y representa la preparación para la acción defensiva (Fernández, 1986; Fernández y Vila, 1989a, 1989b; Vila y Fernandez, 1989a,1989b; Vila, Fernández y Godoy, 1992; Vila y cols., 2007; Vila y cols., 1997). Existen diferencias individuales en el patrón de la RCD identificándose dos patrones o grupos de personas, uno predominantemente acelerativo o activo y uno predominantemente desacelerativo o pasivo. Dentro del patrón predominantemente activo existen dos grupos, uno muestra un patrón típico con sus

dos componentes acelerativo/desacelerativo secuenciales, y el segundo muestra un único componente acelerativo prolongado seguido de la desaceleración final. Dentro del patrón predominantemente pasivo existe, igualmente, dos grupos, uno muestra una desaceleración prolongada después de la primera aceleración, y el segundo muestra una vuelta a la línea de base después de la primera aceleración (Fernández y Vila, 1989c; Vila y cols., 2007).

Desde los primeros estudios de los reflejos defensivos (p.e., Pavlov, 1927), el estudio del movimiento en las respuestas defensivas ha sido abandonado debido, principalmente, a las dificultades impuestas por el registro psicofisiológico en el contexto de laboratorio, que requiere minimización de artefactos debidos a movimiento. Gracias a técnicas como la estabilometría y la estereovisión, ambas técnicas simples, no invasivas y que requieren muy poco tiempo de medición (Nishiwaki y cols., 2000; Vousdoukas, Perakakis, Idrissi y Vila, 2012), se ha retomado el interés por el estudio del movimiento en las respuestas defensivas. Se ha propuesto la medida del balanceo como herramienta para medir las respuestas ante estímulos emocionales o situaciones de estrés (p.e., Azevedo y cols., 2005; Boffino y Cols., 2009; Carpenter y cols., 2001; Perna y cols., 2001). Existen estudios en los que se ha demostrado la eficacia de la posturografía como herramienta para el análisis y estudio de respuestas defensivas, tanto activas, conductas de aproximación, como pasivas, conductas de evitación o congelamiento (p.e., Azevedo y cols., 2005; Facchinetti y cols., 2006; Hagenaars y cols., 2012; Hillman y cols., 2004).

Siguiendo a Korte y cols. (2005), entre los diferentes costes que se derivan de las estrategias defensivas adoptadas por los individuos categorizados como “halcones” y “palomas”, los primeros tienden a desarrollar mayores niveles de impulsividad o violencia mientras que los últimos tienden a desarrollar mayores niveles de ansiedad. Respecto a la relación entre los niveles de glucocorticoides basales y rasgos de ansiedad, tanto en animales (p.e., Landgraf y cols., 2007; Márquez, Nadal y Armario, 2005, 2006) como en humanos (p.e., Leininger y Skeel, 2012; Takahashi y cols., 2005; Van den Bergh, Van Calster, Pinna Puisant y Van Huffel, 2008; Vedhara y cols., 2003; Widle, 1994), no existen datos concluyentes. Igualmente, tampoco existen datos concluyentes en relación a los niveles de testosterona y la impulsividad (p.e., Blanco, Ibañez, Blanco-Jerez, Baca-García y Sáiz-Ruiz, 2001; Coccaro, Beresford, Minar, Kaskow y Geraciotti, 2007; Giotakos, Markianos y Vaidakis, 2005; O'Connor, Archer, Hair y Wu, 2002;

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

Yildirim y Derksen, 2012).

Estudiar estos dos patrones de respuesta al estrés es importante puesto que cada uno de ellos está relacionado con diferentes costes alostáticos o patologías derivadas de la activación frecuente o ineficaz del manejo de los mediadores de la alostasis, y nos puede ayudar a entender a nivel clínico qué factores juegan un papel de vulnerabilidad o de protección en el proceso de afrontamiento a las demandas ambientales con las que se enfrentan los organismos (Koolhaas, 2008; Koolhaas y cols., 1999; Korte y cols., 2005). De esta forma, los “halcones” tienen mayor probabilidad de manifestar desordenes del control de los impulsos y agresividad, patologías autoinmunes, depresión atípica, estados de fatiga crónica, arritmias atípicas, hipertensión e inflamación. En cuanto a las “palomas”, tienden a padecer el síndrome metabólico, desordenes de ansiedad, infecciones, depresión melancólica y estados psicóticos (Korte y cols., 2005). El objetivo de este estudio es comprobar si en humanos se replican estos dos patrones defensivos propuestos por Korte y cols., (2005), de forma que verifiquemos la existencia de subgrupos con determinadas características neuroendocrinas y su relación con medidas psicofisiológicas (reflejos defensivos), motoras (posturográficas y del movimiento) y subjetivas (estados emocionales y rasgos de personalidad).

5.2 Método

5.2.1 Participantes

La muestra estuvo compuesta por un total de 113 participantes, 57 hombres y 56 mujeres, estudiantes universitarios de las licenciaturas de psicología, fisioterapia, nutrición, actividad física y deporte y ciencias de la salud de la Universidad de Granada y de otros niveles educativos. Las edades estaban comprendidas entre 19 y 39 años (Media= 22.1; Dt= 3.8). Ningún participante se encontraba bajo tratamiento médico o psicológico, especialmente bajo tratamiento por algún trastorno de ansiedad, ni presentaban problemas cardiovasculares, posturales, visuales no corregidas y/o auditivos. Se excluyeron aquellos participantes que estaban expuestos a un estresor mantenido y los que estaban bajo tratamiento con medicamentos que contuvieran hormonas sintéticas o con antihistamínicos en cuya composición figuraran los glucocorticoides, con excepción de los anticonceptivos ya que se contrabalanceó el número de mujeres que los tomaban para evitar una reducción en los niveles de cortisol (Kirschbaum, Pirke y Hellhammer, 1995;

Kudielka, Hellhammer y Wüst, 2009). Del mismo modo, ningún participante consumía drogas a excepción de alcohol y tabaco, siempre que su organismo estuviera libre de alcohol el día de la prueba y los participantes fumaran su último cigarrillo mínimo una hora antes de la sesión y no tuvieran un problema de adicción (de los 113 participantes, 77 no eran fumadores). Por último, ninguno de los participantes padecía insomnio.

Se aplazaba la sesión a otro día si los participantes habían hecho ejercicio físico o tomado algún tipo de excitante esa mañana antes de la toma muestral, si variaron la noche anterior su patrón normal del sueño, si habían ingerido algún alimento o bebida, a excepción de agua, durante la hora anterior a la sesión y si llevaban menos de una hora despiertos, para evitar hacer coincidir la toma muestral con el momento del pico máximo del cortisol. Se excluyó a un participante varón de los análisis referentes a la testosterona debido a sus altos niveles en esta hormona. Para el análisis de la RCD se excluyeron 8 mujeres y 3 hombres por fallos en la calibración del sonido, con una N final para hombres de 53 y para mujeres de 48. Para el análisis del EMG y del RMS se excluyeron 75 participantes, 38 hombres y 37 mujeres, por error en el filtrado del EMG, con una N final para hombres de 19 y para mujeres de 19. Para el análisis del movimiento a través de la Estereovisión se excluyeron 51 participantes, 29 hombres y 22 mujeres, por errores en la calibración de las cámaras y del sonido, con una N final para hombres de 27 y para mujeres de 34.

5.2.2 Pruebas y Medidas Neuroendocrinas, Psicofisiológicas y del Movimiento

Para todos los participantes, la tarea experimental estuvo compuesta por una toma basal de las hormonas esteroides cortisol y testosterona a través de la saliva, una prueba de evocación del RMS y la RCD, que incluía medidas de movimiento a través de la estereovisión, y una prueba posturográfica.

5.2.2.1 Recogida de Muestra Basal de las Hormonas Cortisol y Testosterona

Sólo la porción libre de las hormonas esteroides alcanzan los tejidos diana y producen sus efectos. Se sabe que las fracciones libres de estas hormonas llegan a la saliva por difusión pasiva, por lo que los niveles de estas hormonas en saliva

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

no están afectados por la velocidad del flujo de secreción salivar (Cardoso y cols., 2011; Kahn y cols., 1988; Kirschbaum y Hellhammer, 1994). Se utilizó cortisol y testosterona salivar debido a que el análisis de esteroides a través de la saliva tiene muchas ventajas respecto a su recogida a través del plasma sanguíneo. Entre estas ventajas se encuentra que es una medida útil y fácil de aplicar para evaluar la fracción hormonal libre de esteroides en plasma (Cardoso y cols., 2011; Hellhammer y cols., 2009), además de ser un procedimiento no invasivo e independiente del contexto de laboratorio. Este procedimiento puede ser realizado en múltiples ambientes y repetido con frecuencia en una misma persona evitando el estrés que pueden provocar otras formas de obtener las muestras y, por lo tanto, evitando alteraciones del eje HHA (Granger, Shirtcliff, Booth, Kivlighan y Schwartz, 2004; Kahn y cols., 1988; Kirschbaum y Hellhammer, 1989, 1994). Además, se ha demostrado que los esteroides en saliva reflejan el mismo ritmo circadiano encontrado en plasma (Arregger y cols., 2007) y, a pesar de que las concentraciones de hormonas esteroides en saliva son menores que en sangre, se ha visto que estos niveles salivares correlacionan de forma elevada con los niveles en sangre, oscilando la correlación entre 0.71 y 0.96 (Kirschbaum y Hellhammer, 1994).

Se realizaron dos tomas secuenciales de la muestra salivar, la primera para medir el nivel de cortisol y la segunda para medir el nivel de testosterona, ambas a través de estimulación salivar. Las muestras fueron tomadas por la mañana entre las 9:00 y las 11:30 horas con el objetivo de minimizar las influencias de las fluctuaciones circadianas sobre la variación hormonal de los individuos. Para cada toma de muestra de saliva se proporcionaba a los participantes un vaso de agua para que se enjuagara la boca y se tragaran el agua. Se proporcionaba también un pañuelo desechable y un tubo de ensayo, siempre en condiciones de higiene y esterilidad manipulando las muestras siempre con guantes, y se explicaba al participante que cuando le diéramos una señal debía mover la boca como si estuviera hablando (nunca se le daban ejemplos de comida) con la boca cerrada durante un minuto cronometrado. Al participante se le especificaba que durante ese minuto no debía tragarse la saliva. Después de ese minuto estimulando las glándulas salivares, se le pedía al participante que escupiera toda la saliva acumulada en el tubo de ensayo que ellos mismos manipulaban, con su código correspondiente tanto para el cortisol como para la testosterona. Una vez escupida la muestra, se le proporcionaba alcohol para que se limpiara las manos y apuntábamos la hora

exacta de recogida de la muestra. Guardábamos las muestras en sitio fresco hasta el término de la sesión. Posteriormente los tubos eran congelados a -20°C en un laboratorio ubicado en la facultad de farmacia de la Universidad de Granada con instalaciones adecuadas. Las muestras no se quedaban más de 4 horas desde su recogida sin ser congeladas, ya que en caso de que sobrepasaran las 4 horas la saliva ya no serviría para el análisis de la testosterona. Las muestras no eran descongeladas hasta el día del análisis.

5.2.2.2 Prueba Psicofisiológica

El reflejo motor de sobresalto y la respuesta cardíaca de defensa se evocaron con un ruido blanco de 105 dB de intensidad, tiempo de subida instantáneo y duración de 500 milisegundos. El sonido fue presentado en 3 ocasiones de acuerdo a la siguiente secuencia: a) 10 minutos de descanso sin estimulación, b) una línea de base de 15 segundos antes de cada presentación del sonido, c) presentación del estímulo auditivo con un intervalo de registro postestímulo de 164.5 segundos y d) un período final de 180 segundos después de la presentación del tercer sonido. El intervalo temporal entre estímulos era de 180 segundos. Durante la tarea los participantes sólo tenían que intentar relajarse, mantener los ojos abiertos y mirar a un póster en la pared de enfrente que simulaba un tablero de ajedrez.

Respuesta Cardíaca de Defensa (RCD). La RCD se obtuvo a partir del registro del electrocardiograma obteniendo los períodos cardíacos (PC) (intervalos R-R) medidos con precisión de milisegundos y transformándolos a tasa cardíaca (TC) segundo a segundo durante los 80 segundos posteriores a la presentación del sonido. Estos valores eran transformados a puntuaciones diferenciales con respecto al valor promedio de la TC medida en los 15 segundos de línea de base preestímulo. Para un fácil manejo de los datos y facilitar los análisis, los 80 valores de la TC se redujeron a 10 valores (Fernández y Vila, 1989b) correspondientes a las 10 medianas de los siguientes intervalos: dos intervalos de 3 segundos, dos intervalos de 5 segundos, tres intervalos de 7 segundos y tres intervalos de 13 segundos.

Reflejo Motor de Sobresalto (RMS). El Reflejo Motor de Sobresalto se definió como la amplitud de la respuesta electromiográfica (EMG) integrada del músculo orbicular del ojo izquierdo, iniciada entre los 21 y 120 milisegundos posteriores al inicio del estímulo y expresada en unidades de microvoltios. Además de este parámetro de amplitud, se calcularon también las latencias de iniciación

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

(entre el inicio del estímulo y el inicio de la respuesta) y de terminación (entre el inicio de la respuesta y su punto máximo) del reflejo motor de sobresalto.

Durante toda la tarea se registró, además, la conductancia eléctrica de la piel (SCR). Esta variable se analizó de igual forma que la RCD a través de las 10 medianas utilizando la misma secuencia de la RCD: dos intervalos de 3 segundos, dos intervalos de 5 segundos, tres intervalos de 7 segundos y 3 intervalos de 13 segundos.

5.2.2.3 Prueba Posturográfica

Para la prueba posturográfica, los participantes se colocaban encima de una plataforma de fuerza con los pies descalzos y con calcetines mientras visualizaban 3 bloques de imágenes afectivas con diferente contenido emocional (agradable, desagradable y neutral). Se les instruía en que adoptaran una postura natural y cómoda con los brazos relajados a lo largo del tronco y los pies juntos en el centro de la plataforma (aproximadamente 5 cm de distancia). También, se les especificaba que no realizaran movimientos bruscos, ni suspiros o respiraciones bruscas, ni bostezos. Las imágenes fueron extraídas de la baremación española del IAPS¹(Moltó y cols., 1999; Vila y cols., 2001) y proyectadas en una pantalla colocada a 50 cm de los participantes (ángulo de visión de 45.6^o) y a una altura ajustada con el fin de alinear el centro de la pantalla con el centro de visión de los participantes. Se emplearon un total de 81 imágenes, 27 imágenes por cada categoría. Las imágenes agradables consistían en proyecciones de contenido erótico donde siempre aparecían parejas para controlar el factor excitabilidad en función de la tendencia sexual. Las imágenes desagradables consistían en mutilaciones o heridas. Las neutrales hacían referencia a objetos. Ambas categorías, agradable y desagradable, fueron igualadas en arousal, eligiéndose sólo las más activantes de su subcategoría. La secuencia de presentación de imágenes fue la siguiente: 1) 3 minutos de línea de base, 2) presentación de las 27 imágenes de cada bloque con una duración de 6 segundos por imagen, y 3) una pantalla gris de 20 segundos

¹Las imágenes tenían la siguiente codificación:

agradables:4606, 4607, 4608, 4609, 4611, 4641, 4651, 4652, 4653, 4656, 4658, 4659, 4660, 4664, 4666, 4669, 4670, 4672, 4676, 4680, 4681, 4683, 4687, 4689, 4690, 4800, 4810; neutrales: 7000, 7002, 7004, 7006, 7009, 7010, 7020, 7025, 7030, 7031, 7035, 7040, 7050, 7060, 7080, 7090, 7100, 7110, 7150, 7170, 7175, 7217, 7224, 7233, 7235, 7705, 7950; desagradables: 3000, 3010, 3030, 3051, 3053, 3060, 3061, 3062, 3063, 3064, 3068, 3069, 3080, 3100, 3102, 3110, 3120, 3130, 3140, 3150, 3168, 3170, 3261, 3400, 9252, 9253, 9405.

de duración después de cada bloque de imágenes. Las imágenes dentro de cada bloque se presentaban en orden aleatorio, siguiendo un cuadro Latino.

Desplazamiento del Centro de Presión (DCP). El desplazamiento del CP se definió como el desplazamiento recorrido por las fuerzas aplicadas con los pies sobre la plataforma de fuerza. La proyección de las fuerzas verticales se descompuso en dos señales del CP, una señal para el movimiento del eje anteroposterior (A-P) y una para el movimiento en el eje mediolateral (M-L). Los parámetros del desplazamiento del CP que se analizaron en ambos ejes fueron: a) el área del balanceo a través del desplazamiento del CP en una elipse, b) la desviación estandar, y c) la frecuencia de la potencia media, analizada a partir de la densidad espectral de la señal.

5.2.2.4 Medición del Movimiento a través de la Estereovisión

Durante el ensayo de defensa, se registró el movimiento de la cabeza y del tronco en los ejes X, Y, Z, tal como se expuso en el capítulo anterior.

5.2.3 Medidas de Autoinforme

State-Trait Anxiety Inventory (STAI; Spielberger, Gorsuch y Lushene, 1982). Este instrumento está diseñado para evaluar separadamente la ansiedad estado y la ansiedad rasgo. En la subescala de estado, la persona responde de acuerdo a cómo se siente en el momento presente, mientras que en la subescala de rasgo la persona responde en función de cómo se siente en general. Está compuesto por 40 ítems: 20 ítems conforman la subescala estado (10 ítems invertidos) y 20 ítems conforman la subescala rasgo (7 ítems invertidos). Los participantes evalúan cada ítem en una escala tipo Likert de 4 puntos (0 = nada ; 3 = mucho), por lo que la puntuación obtenida varía de 0 a 60, correspondiendo una mayor puntuación con un mayor nivel de ansiedad. Los estudios de validación del STAI en población española (Bermúdez, 1978a, 1978b) muestran unos valores de consistencia interna similares a los obtenidos en los estudios originales, oscilando entre 0.82 y 0.92.

The Aggression Questionnaire (AQ; Buss y Perry, 1992). El AQ es un instrumento de 29 ítems que mide diferentes dimensiones del constructo hostilidad/ira/agresión. Consta de 4 subescalas: 1) ira, 2) hostilidad, 3) agresión verbal y 4) agresión física. La persona debe decidir si el contenido de los ítems es

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

característico de él puntuándolo en una escala tipo Likert que va desde 1 (muy poco característico de mí) hasta 5 (muy característico de mí). El AQ ha sido validado en población española (García-León y cols., 2002), encontrándose una buena consistencia y fiabilidad en las diferentes subescalas. La consistencia total fue de 0.82 y los valores de fiabilidad obtuvieron una puntuación total de 0.85.

Barratt Impulsiveness Scale, Versión 11 (BISS-11; Patton, Stanford y Barratt, 1995). Se trata de un cuestionario que evalúa la impulsividad, entendida como rasgo, desde la perspectiva psicológica, comportamental y social. Contiene 3 subescalas: 1) la impulsividad cognitiva, 2) la impulsividad motora y 3) la impulsividad no planificada. Consta de 30 ítems que se puntúan en una escala tipo Likert que va de 1 (raramente o nunca) a 4 (siempre o casi siempre). De los 30 reactivos, 12 están redactados de forma inversa. No existen puntuaciones de corte, por lo que se suele utilizar la mediana de la distribución para interpretar los datos. Ha sido adaptado a la población española (Oquendo y cols., 2001) con propiedades psicométricas adecuadas (fiabilidad de 0.75).

Tonic Immobility Scale (TIS; Forsyth, Marx, Fusé, Heidt y Gallup, 2000). El TIS es una medida de autoinforme originalmente diseñada con el propósito de evaluar la presencia y severidad de la inmovilidad tónica (IT) en mujeres que habían experimentado una agresión sexual. Está compuesto por un total de 13 ítems dirigidos a medir el grado en el cual la persona experimenta miedo y varios aspectos de la IT durante o inmediatamente después de la experiencia estresante. Los ítems son evaluados a través de una escala tipo Likert que va de 0 a 6, en función del grado en el que la persona experimentó el aspecto evaluado. Bados, Toribio y García-Grau (2008) estudiaron en población española si la IT varía en función del tipo de trauma y modificaron la redacción de los ítems para que hicieran referencia “al peor acontecimiento traumático/experiencia traumática más dura o estresante”, y no exclusivamente a una experiencia de agresión sexual. Encontraron para la subescala de IT una consistencia interna de 0.653, siendo mucho menor la fiabilidad para la subescala miedo, con un valor de 0.425. Estos datos corroboran los resultados encontrados en la escala original (Fusé, Forsyth, Marx, Gallup y Weaver, 2007). Con el objetivo de evaluar las reacciones más activas ante las experiencias altamente estresantes o traumáticas, elaboramos una subescala activa compuesta por 5 ítems (anexo 1). En nuestro estudio el grado de inmovilidad sentida por los participantes se midió teniendo en cuenta sólo los ítems directamente relacionados con el patrón de inmovilidad

motora: “ítem 1, Califica el grado en el que te quedaste inmóvil o te sentiste paralizado/a durante el acontecimiento”; “ítem 2, Califica el grado en el que fuiste incapaz de moverte aunque no hubiera restricción física durante el acontecimiento”; “ítem 4, Califica el grado en el que fuiste incapaz de gritar o chillar durante el acontecimiento”; “ ítem 10, Califica el grado en el que sentíste que podías escapar durante el acontecimiento”. Igualmente, para el patrón de reacciones más activas se tuvieron en cuenta los ítems añadidos al TIS, ya que todos están relacionados con un patrón de movilidad: “ítem 14, Califica el grado en el que pusiste algún tipo de resistencia física (arañar, golpear, patear, empujar, morder, otras) durante el acontecimiento”; “ítem 15, Califica el grado en que te enfrentaste a la situación durante el acontecimiento ”; “ítem 16, Califica el grado en el que intentáste hablar y negociar con la/s persona/s implicada/s durante el acontecimiento”; “ítem 17, Califica el grado en el que intentaste protegerte (cubrirte con los brazos, esconderte, buscar apoyo, buscar asesoramiento, otros) durante el acontecimiento”; “ítem 18, Califica el grado en el que intentáste salir corriendo/escapar del acontecimiento”. Uno de los objetivos de este estudio es validar y adaptar este cuestionario a la población española.

Human Defensive Scenarios (Escenarios Defensivos, ED; Blanchard, Hynd, Minke, Minemoto y Blanchard, 2001). Es un cuestionario diseñado para evaluar el paralelismo entre la conducta defensiva en mamíferos no humanos y humanos. Está formado por 12 escenarios amenazantes con 10 opciones de respuesta donde los participantes deben puntuar los escenarios en función de las 5 características situacionales que se ha visto que alteran la conducta defensiva en roedores: 1) magnitud de la amenaza; 2) posibilidad de escapar; 3) distancia; 4) ambigüedad; y 5) oportunidad de esconderse. Los 12 escenarios variaban a través de estas dimensiones y la frecuencia de la opción de respuesta elegida se correlaciona con las características situacionales. Se les pide a los participantes que elijan su primera opción conductual de la lista y, si era el caso, añadir una opción de respuesta que no apareciera en las 10 ofrecidas. Las opciones de respuestas son las siguientes: 1) esconderse; 2) quedarse congelado, inmovilizado; 3) correr, tratar de escapar, desaparecer (huida); 4) amenazar con chillar o pedir ayuda; 5) gritar, chillar o pedir ayuda; 6) amenazar con atacar; 7) atacar o luchar; 8) comprobar la situación, acercarse o investigar (evaluar el riesgo); 9) buscar algo para usar como arma; 10) rogar, suplicar clemencia o negociar; 11) otros. Dado que no existe adaptación española de este cuestionario, en nuestro estudio se llevó a cabo

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

una traducción doble inglés-español y español-inglés con la participación de un nativo de habla inglesa. Se evaluó sólo la frecuencia con la que era elegida cada opción conductual y no se evaluó las características situacionales. Para medir las reacciones más pasivas-evitativas se tuvieron en cuenta las opciones de respuesta 1, 2, 3, 4, 6 y 10 y para las reacciones más activas se tuvieron en cuenta las opciones de respuesta 5, 7, 8 y 9. Al igual que el instrumento anterior, uno de los objetivos de este estudio es validar esta escala en la población española.

Maniquí de Auto-evaluación (Self-Assessment Manikin, SAM, Lang, 1980). Es un instrumento de medida pictográfica no verbal, de fácil y rápida aplicación. Este instrumento se diseñó para evaluar las imágenes del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS) en las tres dimensiones emocionales generales: valencia, arousal y dominancia. El SAM está compuesto por tres escalas y cada una de ellas formada por una secuencia de cinco figuras humanoides, graduadas en intensidad, que representan diferentes niveles de agrado, excitación o dominio en un rango de 1 a 9. El SAM es un instrumento especialmente adecuado para su uso en países y culturas diferentes, ya que está libre de las influencias culturales y no requiere el uso del lenguaje (Lang, 1995; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997b). Este método de evaluación, ha sido validado y empleado extensamente en la investigación de la reactividad subjetiva ante estímulos emocionales (p.e., Bradley y Lang, 2000).

Escala de Reactividad Subjetiva. Su finalidad es recoger una evaluación subjetiva de la intensidad y desagrado ante la presentación de los estímulos auditivos. Consta de dos subescalas: intensidad del sonido y desagrado del sonido. Los participantes evaluaban la intensidad y desagrado del sonido de defensa en una escala de 0 a 100, donde 0 significa “nada en absoluto de intenso o desagradable” y 100 “extremadamente intenso o desagradable”. El cuestionario se pasaba de forma heteroaplicada inmediatamente después de terminar la tarea.

5.2.4 Aparatos e Instrumentos

5.2.4.1 Variables Fisiológicas

Las variables fisiológicas fueron registradas con un sistema de adquisición de datos Biopac (MP150, Biopac Systems Inc., Santa Barbara, CA) conectada a un polígrafo marca Coulbourn (modelo Link V). La adquisición de datos se realizó digitalmente con el software AcqKnowledge 4.2. Para las medidas posturográficas

la adquisición de datos se realizó a través del software AMTI Balance Clinic. El software E-Prime 2.0 controlaba la secuencia experimental y la presentación de los estímulos visuales y auditivos.

La tasa cardíaca se obtuvo a partir del registro del período cardíaco mediante un preamplificador modelo V75-04 a partir de la señal del electrocardiograma (ECG) captada a partir de la derivación II utilizando electrodos Beckman de tamaño estandar, 8mm, fijados a la piel mediante discos adhesivos de doble cara y gel electrolítico. El registro se realizó a una tasa de muestreo de 1000 Hz y un filtro de banda 8-32Hz. La detección de los picos R para la extracción de la señal del período cardíaco a partir del electrocardiograma y la corrección de los artefactos se realizó con el programa informático Ecglab (Carvalho, da Rocha, Nascimento, Souza Neto y Junqueira, 2002).

Posteriormente, los valores del período cardíaco se exportaron al programa KARDIA (Perakakis, Joffily, Taylor, Guerra y Vila, 2010) para la obtención de las series temporales y los promedios ponderados de la tasa cardíaca (TC) a una muestra de 5 Hz. KARDIA es un software desarrollado en Matlab diseñado tanto para el análisis de la variabilidad cardíaca como para el análisis de las respuestas fásicas asociadas a estímulos discretos. Para el análisis de variabilidad cardiaca dispone de algoritmos tanto lineales en el dominio de tiempo y de frecuencia, como no-lineales.

El electromiograma (EMG) integrado se registró a través de un preamplificador modelo V75-04 y un integrador multifunción modelo V76-23A, a partir de la señal registrada sobre el músculo orbicular del ojo izquierdo utilizando electrodos de miniatura Ag/AgCl de 4 mm de diámetro fijados a la piel con discos adhesivos y gel electrolítico. La señal electromiográfica directa se registró utilizando un filtro de paso banda de 13-1000 Hz. La señal electromiográfica integrada se registró a partir de esta señal utilizando una constante de tiempo de 100 ms. Los datos fueron tratados con un programa realizado en lenguaje Matlab que abría una ventana desde 50 ms antes de la aparición de sonido hasta 250 ms después de la aparición del sonido, obteniendo la amplitud del sobresalto en microvoltios, la latencia de inicio y el tiempo de terminación. Por último, las puntuaciones de la amplitud del sobresalto fueron transformadas en puntuaciones típicas con media de 50 y desviación típica de 10 (Blumenthal y cols., 2005).

La actividad eléctrica de la piel (SCR) se registró con un modulo de Coulbourn modelo V71-23 utilizando una tasa de muestreo de 20 Hz y un rango de

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

sensibilidad de 500 mV/microSiemens. Se utilizaron 2 electrodos de 8mm de diámetro y gel isotónico K-Y Jelly colocados en la prominencia hipotenar de la mano izquierda. Los datos fueron tratados con un programa realizado en lenguaje Matlab para obtener los valores de la conductancia segundo-a-segundo durante los 80 segundos posteriores a la presentación del estímulo de defensa y derivar a partir de ellos los valores de las 10 medianas correspondientes a los 10 intervalos de la RCD.

5.2.4.2 Presentación de Estímulos

La secuencia y el tiempo de presentación de los estímulos visuales y auditivos se programaron con un software E-Prime 2.0, que también controlaba los marcadores de los estímulos. Para la presentación de las imágenes, el software se conectó a un monitor LCD de 19 pulgadas donde los participantes visualizaban las imágenes. La cumplimentación de la batería de cuestionarios y la evaluación de las imágenes a través de las escalas del SAM también fue programada a través del E-Prime.

Para la producción de los sonidos se utilizó un estimulador auditivo marca Coulbourn modelo V85-05 junto con un amplificador de audio modelo Sinheisser. La intensidad del sonido se calibró con un sonómetro Brüel y Kjaer (modelo 2235) utilizando un oído artificial Brüel y Kjaer (modelo 4153).

5.2.4.3 Variables Posturográficas

Partiendo de los resultados encontrados en nuestro primer estudio (ver capítulo 3) en el que no encontramos diferencias en las respuestas fásicas ante las imágenes agradables y desagradables, y basándonos en los resultados de la literatura científica sobre respuestas posturográficas e inmovilidad tónica y freezing, nos decantamos por el análisis tónico de la respuesta postural ante estímulos emocionales. Los datos posturográficos fueron cuantificados y evaluados utilizando una plataforma de fuerza AccuSway Plus (AMTI, Advanced Mechanical Technology, Inc., Wattertown, MA) con una tasa de muestreo de 50 Hz. La plataforma consiste en una placa de aluminio cuadrada con un ancho de 50 x 50 cm, una altura de 14.4 mm y un peso de 11.4 Kg, que mide las tres fuerzas (F_x , F_y , F_z) y los momentos (M_x , M_y , M_z) implicados en el balanceo/equilibrio humano, proporcionando resultados que permiten el fácil cálculo de las coordenadas del centro de presión (CP). Los extensómetros de fuerza son muy utilizados como sensores de deformación en

los sistemas de medida de fuerza (Ramey, 1975) y la plataforma estabilométrica incorpora cuatro captadores extensométricos de fuerza sobre los que se apoya la placa que define la superficie sobre la que se ejercen la fuerza a analizar. Cuando una persona se coloca sobre la plataforma, la fuerza ejercida se reparte entre los cuatro sensores, generándose las señales eléctricas en función de la carga asumida por cada uno de ellos (Peydro de Moya y cols., 2005). Las rejillas de la superficie de la plataforma proporcionan las coordenadas de la base de soporte, las cuales se pueden combinar con los datos del balanceo permitiendo calcular el CP en función de la posición de los pies de la persona. La proyección de las fuerzas verticales de reacción registradas por la plataforma se descompuso mediante el software AMTI Balance Clinic en dos señales del CP, una señal para el movimiento del eje anteroposterior (A-P) y una para el movimiento en el eje mediolateral (M-L). Después, fueron exportados a Matlab (MathWorks Inc., MA) para su análisis.

5.2.4.4 Estereovisión

Para el análisis del movimiento a través de la estereovisión, utilizamos un sistema de adquisición que consistió en dos cámaras PointGrey FireFly MV conectadas a un PC Pentium IV mediante una tarjeta IEEE-1394a Firewire PCI que controlaba la adquisición de la imagen sincronizada. Las dos cámaras estaban colocadas en una base de aluminio con dimensiones 20 cm x 5 cm x 0.5 cm que a su vez estaba fijada sobre un trípode de cámara estandar construido de manera que la posición relativa de los ángulos de visión de las dos cámaras no quedara afectada por el transporte de la base. Las cámaras se instalaron en la habitación del participante (habitación de 2.5 m x 3 m x 3 m con aislamiento Faraday) a una distancia de 1.5 m aproximadamente del participante. Se eligieron estas cámaras (Point- Grey FFMV-03M2C-CS) porque combinan una serie de características idóneas para nuestra aplicación: 1) Su tamaño es pequeño (44 mm x 34 mm x 24.4 mm) minimizando la influencia sobre el comportamiento de los participantes ya que encaja perfectamente con la naturaleza no-invasiva de nuestro sistema de registro; 2) proporcionan una resolución de imagen (752 x 480 pixeles), una tasa de adquisición (61 muestras por segundo) y un tiempo mínimo de exposición (0.12 ms) adecuados para obtener una buena imagen reduciendo su borrosidad durante el movimiento rápido que se espera en nuestra aplicación; y 3) permiten una sincronización externa con nuestro sistema de presentación de estímulos (E-prime) mediante el puerto paralelo del PC.

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

5.2.4.5 Variables Neuroendocrinas

Para el análisis de las hormonas esteroides, sacabamos las muestras salivares del congelador como mínimo media hora antes del inicio del análisis para que alcanzasen una temperatura ambiente (20-23°C). Una vez descongeladas las muestras, los tubos de ensayo que contenían las muestras fueron centrifugados a 4000 rpm (aproximadamente 2000 g, la fuerza de gravedad a la que centrifugamos). La centrifugación nos permite separar las moléculas de saliva que vamos a analizar de las moléculas de proteínas y mucosidad. Para el análisis del cortisol y testosterona se utilizó un kit de inmunoensayo para cortisol y testosterona salivar (Salivary EIA Kit, Salimetrics LLC). El principio de este análisis se basa en la competición entre las hormonas sintéticas ligadas a una enzima peroxidasa (conjugado enzimático) y la porción libre de hormonas que se encuentran en los patrones y las muestras recolectadas para unirse a los anticuerpos. Después de la incubación, con la fase de lavado las hormonas no ligadas a los anticuerpos se eliminan fácilmente. La cantidad de conjugado enzimático es inversamente proporcional a la cantidad de hormona libre contenidas en las muestras. Este tipo de análisis es considerado uno de los más sensibles para la detección de niveles hormonales en saliva (Kirschbaum y Hellhammer, 1989).

Para el análisis de la hormona cortisol se utilizó un kit de inmunoensayo 1-3002 de la empresa Salimetrics LLC. La sensibilidad o límite mínimo de detección de cortisol salivar fue 0.0003 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (0.083nmol/L). La precisión intraensayo del kit varía de 3.35 $\mu\text{g}/\text{dL}$ a 3.65 $\mu\text{g}/\text{dL}$, y la precisión entre ensayo varía entre 3.75 $\mu\text{g}/\text{dL}$ y 6.41 $\mu\text{g}/\text{dL}$. La correlación entre el cortisol salivar y el cortisol en sangre fue de 0.91.

Para el análisis de la hormona testosterona de utilizo un kit de inmunoensayo 1-2402 de la empresa Salimetrics LLC. La sensibilidad teórica o nivel mínimo de detección de testosterona salivar fue de 0.1 pg/mL. La precisión intraensayo varió de 2.5 pg/mL a 6.7 pg/mL, y la precisión entreensayo varió entre 5.6 pg/mL y 14.05 pg/mL. La correlación entre los niveles de testosterona en saliva y la testosterona en sangre correlacionó a 0.96, siendo más fuerte en hombres (0.91) que en mujeres (0.61).

El análisis químico de la saliva se realizó en el Departamento de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada, bajo la supervisión de dos especialistas en análisis bioquímico de hormonas en saliva.

5.2.5 Procedimiento

Los participantes fueron reclutados a través de sus clases o contactos con el laboratorio de psicofisiología recibiendo algún tipo de compensación por su participación voluntaria. El procedimiento seguido consistió en tres fases bien diferenciadas:

Fase pre-experimental. Se contactó telefónicamente con los voluntarios para hacerles una breve entrevista relacionada con los criterios de exclusión, relativos, principalmente con las variables que afectan a los niveles hormonales. A las personas que cumplían los criterios de inclusión se les explicó que se trataba de un estudio psicofisiológico en el que se les colocarían electrodos en diferentes partes de su cuerpo para el registro de algunas variables fisiológicas y que se les recogerían dos muestras de saliva para el posterior análisis hormonal. Antes de despedirnos, les resolvíamos las dudas que tuvieran, les instruíamos en las indicaciones a cumplir para minimizar cualquier factor que influyera en los niveles hormonales basales y que tenían que cumplir para el día de la sesión experimental y les dábamos una cita para dicha sesión.

Fase experimental. En primer lugar, una vez en el laboratorio se le informaba al participante en qué consistía el estudio. Una vez comprendida la información y aceptada la participación, se le requería su consentimiento informado. A continuación, el experimentador rellenaba una ficha personal relacionada con la toma muestral de saliva para confirmar y completar los datos recabados durante la entrevista telefónica y constatar que habían cumplido las indicaciones dadas. Pasábamos a leerle las instrucciones específicas para la toma de muestra salivar y a la recogida de las dos tomas muestrales. Todas las muestras salivares de los participantes se recogían entre las 9:00 h y las 11:30 h de la mañana. A continuación, el participante era citado para la prueba psicofisiológica y posturográfica que se realizaba entre las 11:30 h y las 14:00 h del mismo día (a excepción de 2 participantes que realizaron las pruebas entre las 17:00 h y las 20:00 h del mismo día).

El orden de realización de la prueba psicofisiológica y posturográfica se contrabalanceó de forma aleatoria para todos los participantes. Así mismo, el orden de presentación de los tres bloques de imágenes en la prueba posturográfica se contrabalanceó utilizando un diseño de cuadrado latino, resultando seis órdenes diferentes de presentación. La asignación aleatoria se realizó según el orden de llegada de los participantes al laboratorio.

Al inicio de la sesión de registro, el experimentador rellenaba una ficha per-

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

sonal de cada participante y este pasaba a completar el conjunto de cuestionarios a través de un ordenador portátil. A continuación, se le proporcionaba al participante información sobre en qué consistían las dos tareas de registro y pasaban a realizarlas según el orden que les correspondiera con un descanso entre tareas de aproximadamente 2–4 minutos. En este intervalo se procedía a la colocación o eliminación de sensores según la tarea que realizaban en primer lugar. Inmediatamente después de terminar la tarea psicofisiológica, los participantes evaluaban la intensidad y desagrado del sonido. La última parte de la fase experimental consistió en evaluar un subconjunto de las imágenes agradables, neutras y desagradables presentadas durante la tarea posturográffica, elegidas al azar y siempre las mismas para todos los participantes, utilizando las tres escalas del SAM (valencia, arousal y dominancia) a través de un ordenador portátil.

Durante esta fase, el experimentador permanecía en una habitación contigua y comunicada audiovisualmente mediante una cámara de vídeo con la habitación del participante, controlando el funcionamiento correcto de los aparatos y los posibles incidentes durante el registro.

Fase post-experimental. Se agradecía a los participantes su colaboración y se les entregaba un certificado que acreditaba su participación. A todos ellos se les pidió que no comentaran con sus compañeros las características del estudio con el fin de mantener igualadas las condiciones de información entre todos los participantes.

5.2.6 Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos se presentan en el siguiente orden. En primer lugar se describen las características hormonales de la muestra. En segundo lugar se muestran las correlaciones bivariadas entre los niveles hormonales basales y las puntuaciones de las medidas subjetivas, psicofisiológicas y del movimiento. En tercer lugar, se presentan los resultados de los análisis de regresión utilizando las medidas hormonales como variable dependiente y el resto de las variables como predictoras. Por último, se presentan las diferencias entre los grupos altos y bajos en los niveles hormonales y las variables de autoinforme, psicofisiológicas y del movimiento utilizando ANOVAs tanto univariados de grupos independientes como mixtos de grupos independientes y medidas repetidas. La división de los grupos alto y bajo en cortisol y testosterona se realizó teniendo en cuenta las medianas de las puntuaciones. Se utilizó la mediana como criterio de referencia

para separar a los grupos por dos motivos. El primero, debido al escaso tamaño de la muestra, sobre todo en la variable testosterona ya que realizábamos los análisis de la muestra en función del sexo, con el objetivo de conseguir grupos homogéneos. El segundo, debido a que en nuestra muestra existen participantes que, aun estando dentro de los niveles hormonales normales, tienen puntuaciones más extremas. Debido a que los hombres tienen niveles de testosterona superiores al de las mujeres, los análisis para esta hormona se hicieron separadamente para hombres y mujeres (Granger y cols., 2004). En nuestro estudio se corroboran estas diferencias significativas entre los hombres y las mujeres en los niveles de testosterona basal ($F[1,110]= 133.055, p <0.0001$). Por el contrario, no encontramos diferencias significativas entre hombres y mujeres en los niveles basales de cortisol ($F[1,110]= 0.284, p >0.595$). En todos los Análisis de Varianza con factores intrasujeto y con el fin de controlar el incumplimiento del supuesto de esfericidad se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser. Los resultados se informan con los grados de libertad originales y el nivel de significación corregido. Para las comparaciones post-hoc se aplicó el ajuste de Bonferroni. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS 16. El nivel de significación se estableció en $p >0.05$ para todos los análisis.

5.3 Resultados

5.3.1 Análisis Descriptivo

5.3.1.1 Perfil Neuroendocrino de la Muestra

Características Descriptivas de la Muestra. La tabla 1.1 muestra los valores esperados de cada hormona para ambos sexos según el estudio elaborado por el laboratorio de la empresa Salimetrics LLC para los kits utilizados en los análisis hormonales y los valores del análisis de las muestras de nuestro estudio. Los resultados del análisis bioquímico que realizamos a las muestras de saliva de los participantes mostraron que las cifras de cortisol y testosterona se encuentran dentro de los valores esperados. Para el cortisol se analizó la muestra teniendo en cuenta a ambos sexos, y la media fue 10.190 nmol/l y la Mdn es de 8.969 nmol/l, siendo la Dt de 6.15 nmol/l con valores que van de 0.84 a 36.26 nmol/l. Para la testosterona, en hombres, la media fue 126.40 pg/mL y la Mdn de 118.637 pg/mL, con una Dt de 38.93 pg/mL y unos niveles que varían de 63.92 a 253.33

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

pg/mL. Para las mujeres la media fue 59.39 pg/mL y la Mdn de 54.56 pg/mL, con una Dt de 19.34 pg/mL y unos niveles que varían de 30.47 a 106.14 pg/mL. Como era de esperar, los hombres de la muestra tenían niveles de testosterona más elevados que las mujeres.

Tabla 1.1. Datos descriptivos de los resultados de la muestra relativos a la medición de los valores hormonales y comparación con los valores reportados por los diferentes kits utilizados.

Comparación de valores hormonales referenciales según los Kits utilizados en el análisis con los de la muestra utilizada en nuestro estudio					
Hormonas Cortisol: µg/dL Testosterona: pg/mL		Media (Kits)	Mediana (Kits)	Rango	
				Kits	Muestra
Edad: 18-50 años	Cortisol Basal-H	-----	-----	0.021-1.551	0.03-1.31
	Cortisol Basal-M	-----	-----	0.021- 1.515	0.10-1.14
Testosterona Basal-H		165.50	136.18	59.05-335.12	63.92-253.33
Testosterona Basal-M		50.55	40.00	7.09-135.14	30.47- 106.14

Valores descriptivos de la muestra utilizada en nuestro estudio

Hormonas Cortisol: nmol/L Testosterona: pg/mL	Media	Mediana	DT	Asimetría	Curtosis
Cortisol Basal (N=112)	10.190	8.969	6.15	1.92	4.66
Testosterona Basal-H (N=56)	126.40	118.637	38.93	0.877	1.07
Testosterona Basal-M (N=56)	59.39	54.56	19.34	0.73	-0.325

Nota: La letra H hace referencia a hombres y la letra M hace referencia a mujeres.

Distribución de la Muestra. Según las cifras hormonales obtenidas en el análisis bioquímico, nuestra muestra sigue la distribución que se observa en las gráficas (1.a),(1.b),(1.c). Las gráficas nos indican que las distribuciones son normales, donde la asimetría es mayor para los niveles de testosterona, más en mujeres que en hombres, y menos asimétrica para los niveles de cortisol. A primera vista parece que la mediana divide la muestra en dos grupos bien diferenciados y

refleja claramente la distribución en dos tipos de personas: las que tienen niveles hormonales bajos y las que tienen niveles hormonales altos.

En la gráfica (1.a) se muestran las puntuaciones agrupadas por frecuencias de los niveles de cortisol basal en saliva para toda la muestra. Los niveles por encima de la mediana corresponden a los participantes denominados “Palomas”.

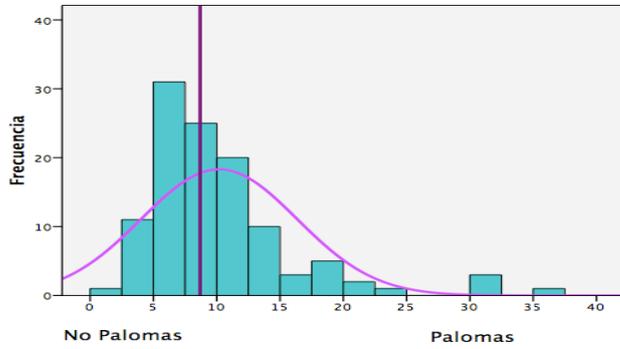
En las gráficas (1.b)-(1.c) se muestran las distribuciones de los niveles de testosteron basal en saliva por separado para hombres y mujeres, respectivamente. Los niveles por encima de la mediana corresponden a los participantes denominados “Halcones”.

En la tabla 1.2 se muestran los valores de la frecuencia tanto para el cortisol como para la testosterona. Dado que nuestra medida de centralización fue la mediana, la mitad de la muestra aproximadamente entra dentro del rango establecido para las “Palomas” (50.4%). De los hombres, la mitad (50%) tenían niveles de testosterona por encima de la mediana entrando dentro del grupo de los “Halcones”. De las misma manera, la mitad de las mujeres (50%) puntuaban en testosterona basal por encima de los valores establecidos para incluirlas dentro de “Halcones”.

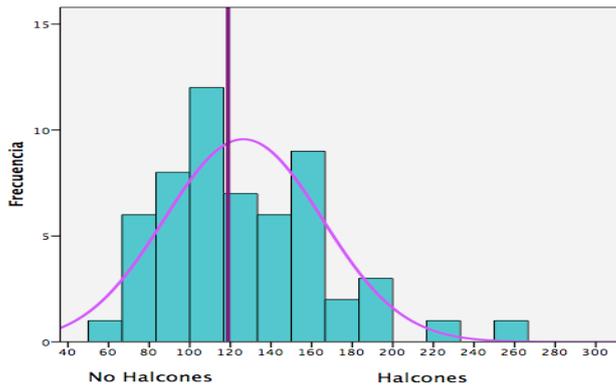
Tabla 1.2. Frecuencia de los niveles hormonales basales.

Hormonas	Frecuencia (%)
Cortisol Basal	
Palomas	57 (50,4%)
No Palomas	56 (49,6%)
Testosterona Basal Hombres	
Halcones	28 (50%)
No Halcones	28 (50%)
Testosterona Basal Mujeres	
Halcones	28 (50%)
No Halcones	28 (50%)

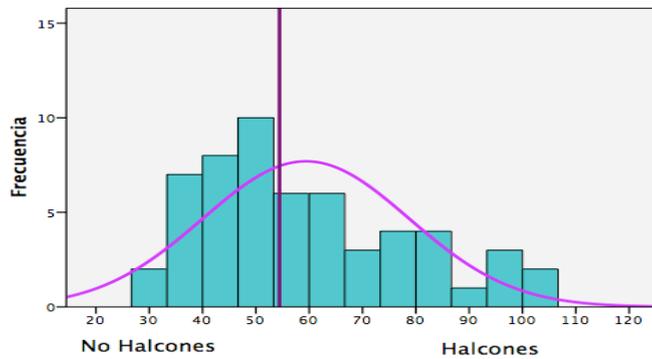
5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO



Gráfica 1a. Cortisol basal



Gráfica 1b. Testosterona basal en hombres



Gráfica 1c. Testosterona basal en mujeres

5.3.2 Análisis de Correlación

En este estudio utilizamos el coeficiente de correlación de Pearson para analizar las correlaciones entre las variables hormonales y el resto de variables. Se tomaron como medidas hormonales los niveles basales del cortisol para el grupo total y de la testosterona para hombres y mujeres por separado.

5.3.2.1 Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas

Los resultados mostraron fuertes correlaciones positivas entre los niveles de cortisol basal y los niveles de testosterona basal tanto para las mujeres ($r= 0.393$, $p= 0.006$) como para los hombres ($r= 0.628$, $p < 0.001$). Estos resultados indican que tanto los hombres como las mujeres con niveles altos en testosterona tienen, a su vez, elevados niveles de cortisol, pero los hombres en comparación con las mujeres, muestran niveles más altos de cortisol.

5.3.2.2 Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas de Autoinforme

Las correlaciones entre las variables hormonales y las medidas de autoinforme se muestran en la tabla 2. Se observa una correlación negativa y estadísticamente significativa entre los niveles de cortisol basal y los factor Activo del TIS ($r= -0.210$; $p < 0.026$; ítems añadidos al TIS) e Ira del AQ ($r= -0.204$; $p < 0.03$).

En hombres, se observa una correlación negativa estadísticamente significativa entre los niveles de testosterona basal y el factores Ira del AQ ($r= -0.279$; $p < 0.037$).

En las mujeres se encontró una correlación estadísticamente significativa y positiva entre los niveles basales de testosterona y el factor Agresión verbal del AQ ($r= 0.275$; $p < 0.04$) y la opción de respuesta “Buscar un arma” del ED ($r= 0.302$; $p < 0.024$). La relación fue negativa con la opción de respuesta “Amenazar con chillar” del ED ($r= -0.288$; $p < 0.031$).

Para el cortisol, en general no se encontraron correlaciones significativas con la mayoría de las medidas de autoinforme. Cuando correlacionó, lo hizo negativamente con factores de respuestas más activas (Factor activo del TIS y factor Ira del AQ).

Para la testosterona tampoco se encontraron correlaciones significativas con la mayoría de las medidas de autoinforme. En hombres, la testosterona basal cor-

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

relacionó negativamente con factores que indican respuestas más activas (factor Ira del AQ). En mujeres se observaron correlaciones positivas entre los niveles de testosterona y factores de respuestas más activa (Agresión verbal del AQ y “buscar un arma” del ED) y negativamente con repuestas que indican una tendencia a reaccionar de forma evitativa (“amenazar con chillar” del ED).

Tabla 2. Correlaciones entre las variables hormonales y las medidas de autoinforme .

Medidas de autoinforme	Cortisol Basal (N=113)	Testosterona Basal H (N=56)	Testosterona Basal M (N=56)
TIS			
Activo	-0.210*	-0.097	0.102
Inmovilidad Tónica	0.071	0.158	0.096
AQ			
Ira	-0.204*	-0.279*	-0.156
Hostilidad	0.136	-0.026	-0.118
Ag. Física	-0.086	0.208	0.089
Ag. Verbal	0.080	0.025	0.275*
BISS-11			
I. Cognitiva	0.034	-0.053	0.224
I. Motora	0.084	0.025	0.244
I. Planificada	0.159	0.141	0.154
I. Total	0.136	0.074	0.249
ED			
Atacar	-0.035	0.026	0.226
Evaluar	-0.040	-0.055	0.043
Buscar un arma	-0.030	0.255	0.302*
Chillar	-0.005	-0.080	-0.137
Escondese	-0.124	0.046	-0.150
Congelarse	0.091	0.186	-0.028
Huir	0.104	0.197	-0.162
Amenazar con chillar	-0.081	-0.002	-0.288*
Amenazar con atacar	0.050	-0.210	0.118
Rogar	-0.001	0.253	-0.072
STAI			
Estado	-0.018	-0.1	0.130
Rasgo	-0.007	-0.013	0.115

Nota: La testosterona está analizada separadamente para hombres (H) y mujeres (M). El asterisco (*) que aparece en la tabla indica los efectos que son significativos a un nivel de probabilidad inferior a 0.05 ($p < 0.05$).

5.3.2.3 Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas Psicofisiológicas

Las correlaciones obtenidas entre los niveles hormonales basales y las medidas psicofisiológicas se muestran en la tabla 3. Para el cortisol basal, encontramos correlaciones positivas con la SCR (LB y medianas Mdn3, Mdn4, Mdn5, Mdn6, Mdn7 y Mdn8). Para la RCD se encontró una correlación positiva con los valores de la línea de base (LB) y el nivel tónico (NT) inmediatamente antes del sonido y una correlación negativa con la Mdn1 de la RCD.

Para la testosterona, sólo se encontraron correlaciones estadísticamente significativas en los hombres, observándose una correlación positiva a nivel basal con la RCD y el EMG y a nivel tónico de la RCD. También se encontró una correlación negativa y estadísticamente significativa con la Mdn1 de la RCD.

5.3.2.4 Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas Posturográficas

Los análisis de correlación entre las variables hormonales y los parámetros posturográficos sólo mostraron correlaciones positivas y significativas entre los niveles basales de cortisol y los parámetros área ($r= 0.192$; $p < 0.042$) y la Dt en la dirección M-L ($r= 0.234$; $p < 0.013$) ante imágenes neutras. Las personas con mayores niveles de cortisol tienen un mayor desplazamiento del centro de presión en el eje M-L, indicado por una mayor área y una mayor desviación típica cuando las imágenes eran neutras.

5.3.2.5 Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas de Estereovisión

Los análisis de correlación entre las variables hormonales y las medidas de estereovisión mostraron para el cortisol correlaciones negativas y significativas con los parámetros de velocidad máxima de la cabeza y del tronco en el eje Y ($r= -0.261$; $p < 0.04$; $r= -0,288$; $p < 0.023$, respectivamente) y positivas con la velocidad total máxima del tronco ($r= 0.313$; $p < 0.013$).

Para la testosterona, en hombres, se encontraron correlaciones negativas y significativas con el tiempo de alcance de la velocidad máxima del tronco ($r= -0.433$; $p < 0.024$) y el máximo desplazamiento de la cabeza en el eje Y ($r= -0.448$; $p < 0.019$). En mujeres, los análisis revelaron una correlación negativa

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

Tabla 3. Correlaciones entre las variables hormonales y los parámetros psicofisiológicos ante el primer ensayo de defensa.

RCD	Cortisol Basal (N=101)	Testosterona Basal H (N=56)	Testosterona Basal M (N=48)
LB	0.220*	0.356**	-0.097
NT(15seg)	0.234*	0.355**	-0.195
Mdn1	-0.200*	-0.416**	-0.040
Mdn2	0.013	-0.080	0.149
Mdn3	0.103	0.066	0.143
Mdn4	0.092	0.083	0.155
Mdn5	0.007	0.039	0.197
Mdn6	-0.071	0.027	0.059
Mdn7	-0.084	-0.021	-0.039
Mdn8	-0.076	-0.062	0.015
Mdn9	-0.108	-0.129	0.173
Mdn10	-0.043	-0.053	0.248
SCR	Cortisol Basal (N=113)	Testosterona Basal H (N=56)	Testosterona Basal M (N=56)
LB	0.186*	0.198	0.142
NT (15seg)	0.163	0.165	0.128
Mdn1	0.184	0.180	-0.063
Mdn2	0.169	0.178	-0.089
Mdn3	0.230*	0.152	-0.078
Mdn4	0.234*	0.173	-0.093
Mdn5	0.232*	0.186	-0.106
Mdn6	0.226*	0.151	-0.075
Mdn7	0.211*	0.140	-0.099
Mdn8	0.197*	0.090	-0.054
Mdn9	0.182	0.060	-0.055
Mdn10	0.175	0.078	-0.042
EMG	Cortisol Basal (N=38)	Testosterona Basal H (N= 19)	Testosterona Basal (N=19)
LB	0.224	0.590**	0.189
NT (15seg)	0.241	0.387	0.222
Mdn1	0.116	-0.103	0.064
Mdn2	0.202	-0.095	0.200
Mdn3	0.110	-0.187	0.199
Mdn4	0.133	0.144	-0.181
Mdn5	-0.044	0.055	-0.101
Mdn6	-0.103	-0.054	-0.210
Mdn7	-0.143	-0.038	-0.118
Mdn8	-0.082	0.105	-0.089
Mdn9	0.055	0.427	-0.180
Mdn10	-0.049	0.038	-0.154
RS	Cortisol Basal (N= 38)	Testosterona Basal H (N= 19)	Testosterona Basal M (N= 19)
Latencia de inicio	-0.091	-0.320	0.030
Amplitud	0.083	0.029	-0.019
Pico máximo	0.240	0.059	0.234

Nota: Los parámetros son los siguientes: ; Línea de base (LB); Nivel tónico (NT); Mediana (Mdn). El asterisco (*) que aparece en la tabla indica los efectos que son significativos a un nivel de probabilidad inferior a 0.05 ($p < 0.05$) y el doble asterisco (**) indica los efectos que son significativos a un nivel de probabilidad inferior a 0.01 ($p < 0.01$).

y significativa entre los niveles de testosterona y el máximo desplazamiento del tronco en el eje Z ($r = -0.384$; $p < 0.025$).

En general, las personas con mayor nivel de cortisol basal mostraban una velocidad máxima menor tanto de la cabeza como del tronco en la dirección A-P, sin embargo cuando tenemos en cuenta las tres direcciones, los niveles elevados de cortisol se asocian con una mayor velocidad máxima.

Los hombres con mayor nivel de testosterona mostraban un menor desplazamiento de la cabeza en el eje A-P y tardaban menos en alcanzar la velocidad máxima del tronco. Las mujeres con mayor nivel de testosterona mostraban un menor desplazamiento del tronco en la dirección vertical.

5.3.3 Análisis de Regresión

A partir de las correlaciones estadísticamente significativas, realizamos un análisis de regresión mediante pasos sucesivos para identificar las variables que mejor predicen los niveles de cortisol y testosterona. En nuestro estudio definimos las variables hormonales como dependientes y el resto de variables como independientes. Como se ve en la tabla 4a, para el cortisol las variables que entraron en la ecuación de regresión con coeficientes positivos fueron la respuesta en conductancia (SCR-Mdn4) y el nivel basal en la tasa cardíaca (RCD-LB) y las que lo hicieron con coeficientes negativos fueron el factor Activo del TIS y el factor Ira del AQ. Por lo que las puntuaciones altas en el factor Activo e Ira predicen los niveles bajos de cortisol basal en nuestros participantes. En sentido contrario lo hacen las variables SCR-Mdn4 y RCD-LB.

Para la testosterona, en hombres, la tabla 4b muestra que la ecuación de regresión señaló que el factor Ira del AQ predice negativamente los niveles basales de testosterona, mientras que la tasa cardíaca en la línea de base (RCD-LB) lo hizo positivamente. De esta forma, niveles altos en el factor Ira predicen niveles de testosterona más bajos, mientras que valores altos en la línea de base de la RCD predicen mayores niveles de testosterona en hombres.

Como se observa en la tabla 4c, en las mujeres, la ecuación de regresión muestra que la opción de respuesta “Amenazar con chillar” del ED predice negativamente los niveles basales de testosterona, mientras que la opción de respuesta “Buscar un arma” del ED y el factor Agresión verbal de AQ lo hicieron positivamente. De esta forma, puntuaciones altas en el factor Agresión Verbal y la elección de la respuesta “Buscar un arma” correlacionan positivamente con los

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

niveles de testosterona basales, mientras que la opción de respuesta “Amenazar con chillar” lo hizo negativamente.

Tabla 4a. Regresión múltiple para el cortisol.

Cortisol Basal	B	EE	Beta	T.	P
SCR-Mdn4	0.0464	0.034	0.173	1.902	0.060
Ira	-0.229	0.096	-0.213	-2.373	0.019
Activo	-0.221	0.105	-0.191	-2.111	0.037
RCD-LB	0.113	0.054	0.189	2.094	0.039

Nota: Las variables son las siguientes: Cuarta mediana de la conductancia (SCR-Mdn4); Línea de base de la RCD (RCD-LB).

Tabla 4b. Regresión múltiple para la testosterona en hombres.

Testosterona Basal-H	B	EE	Beta	T.	P
Ira	-1.784	0.857	-0.239	-2.082	0.042
RCD-LB	1.124	0.456	0.284	2.467	0.017

Nota: Línea de base de la RCD (RCD-LB).

Tabla 4c. Regresión múltiple para la testosterona en mujeres.

Testosterona Basal-M	B	EE	Beta	T.	P
Ag. Verbal	1.114	0.526	0.258	2.116	0.039
Amenazar chillar	-16.233	7.594	-0.262	-2.138	0.037
Buscar arma	7.048	3.277	0.264	2.151	0.036

5.3.4 Análisis de Varianza (ANOVA)

5.3.4.1 Medidas Neuroendocrinas

El ANOVA unifactorial aplicado a la testosterona para las diferencias en cortisol reveló diferencias significativas tanto en hombres ($F[1, 54]= 6.701, p <0.012$) como en mujeres ($F[1, 54]= 4.337, p <0.042$). Para ambos sexos, la comparación por pares reveló diferencias significativas entre el grupo alto y bajo en cortisol.

El ANOVA unifactorial aplicado al cortisol para las diferencias en testosterona reveló diferencias significativas tanto en hombres ($F[1, 54]= 16.852, p <0.0001$) como en mujeres ($F[1, 54]= 5.211, p <0.026$). Para ambos sexos, la comparación por pares reveló diferencias significativas entre el grupo alto y bajo en testosterona.

Para ambos sexos, el grupo alto en cortisol tenía mayores niveles de testosterona que el grupo bajo en cortisol. De la misma forma, el grupo alto en testosterona mostraba mayores niveles de cortisol que el grupo bajo en testosterona.

5.3.4.2 Medidas de Autoinforme

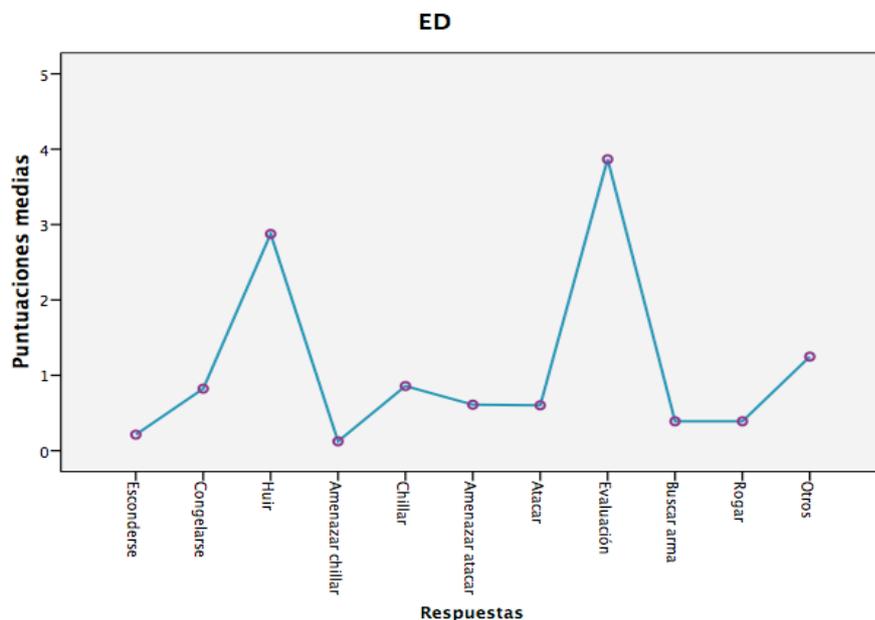
State-Trait Anxiety Inventory (STAI). El ANOVA unifactorial aplicado al inventario de ansiedad STAI / E y STAI / R para las diferencias en cortisol no reveló ningún efecto significativo (ambas $p >0.8$).

El resultado del ANOVA unifactorial aplicado al inventario de ansiedad STAI / E y STAI / R para las diferencias en testosterona en hombres, tampoco reveló ningún efecto significativo (ambas $p >0.5$). En mujeres, igualmente no se encontraron efectos significativos (ambas $p >0.2$).

Human Defensive Scenarios (Escenarios Defensivos, ED). El ANOVA factorial 2 x (11), con un primer factor entre grupos Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, respuestas del ED (Escondarse, Congelarse, Huir, Amenazar con chillar, Chillar, Amenazar con atacar, Atacar, Evaluación, Buscar un arma y Otros) aplicado a las diferencias de cortisol reveló un efecto principal significativo del factor ED ($F[10, 1110]= 128.77, p <0.0001$). Como puede verse en la gráfica 2, todos los participantes eligen con mayor frecuencia la opción de respuesta Huir y Evaluación, independientemente de que pertenezcan al grupo de alto (“paloma”) o bajo (“no paloma”) en el nivel basal de cortisol. Tras realizar una comparación por pares, observamos que la respuesta Huir y Evaluación se diferencian del resto de las opciones de respuesta.

El ANOVA 2 x (11) aplicado a las diferencias en testosterona para hombres reveló un efecto principal significativo para el factor ED ($F[10, 550]= 78.603, p <0.0001$). Como se observa en la gráfica 3, todos los hombres eligen con más frecuencia las opciones de respuesta Huir y Evaluación independientemente de que formaran parte del grupo de “halcones” o de “no halcones”. Tras realizar una comparación por pares, observamos que estas dos opciones de respuesta se

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

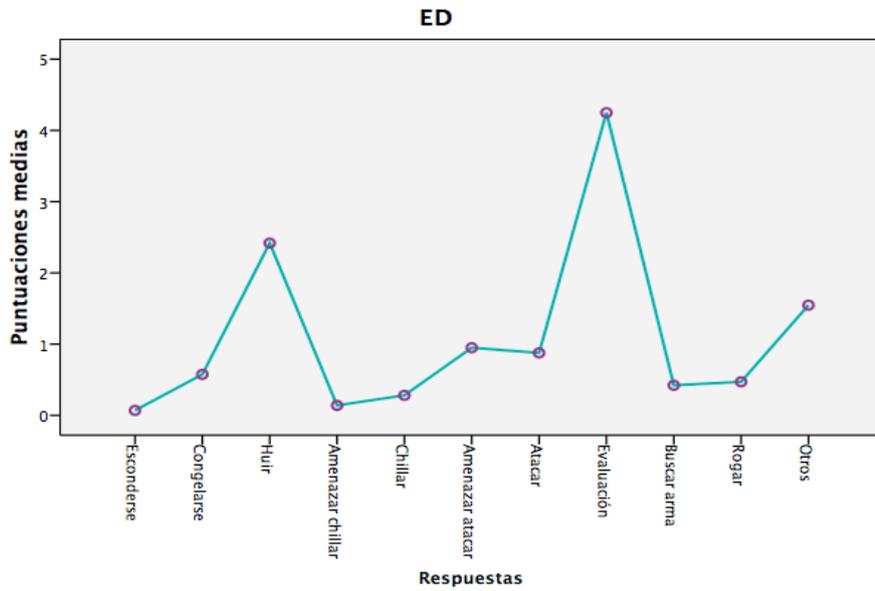


Gráfica 2. Elección de las 11 opciones de respuesta en todos los participantes.

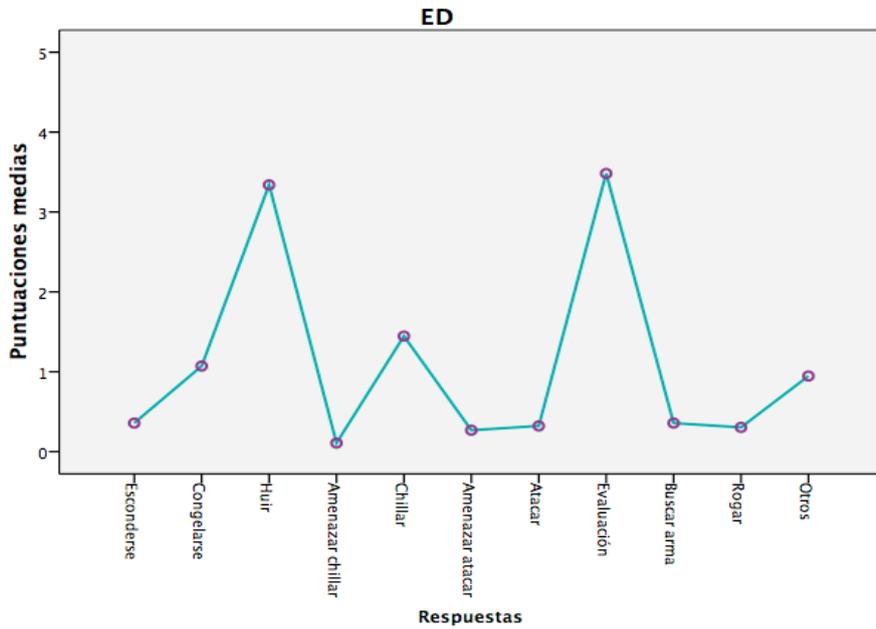
diferencian del resto de las opciones de respuesta. Igualmente, en mujeres se encontró un efecto principal significativo para el factor ED ($F[10, 540]= 73.435$, $p < 0.0001$). Como se observa en la gráfica 4, las mujeres también eligen con mayor frecuencia las opciones de respuesta Huir y Evaluación, independientemente del grupo al que pertenezcan. Tras realizar una comparación por pares, observamos que estas dos respuestas se diferencian del resto de las opciones, pero no entre ellas.

Independientemente de que formen parte del grupo de los “halcones” como de las “palomas”, todos nuestros participantes eligieron como principales respuestas “Huir” y “Evaluación”.

Tonic Immobility Scale (TIS). El ANOVA factorial 2 x (2), con un primer factor entre grupos Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factores del TIS (IT y Activo), aplicado a las diferencias de cortisol reveló un efecto significativo de interacción entre el factor Grupo y los factores del cuestionario TIS ($F[1, 111]= 7.335$, $p < 0.008$). Como se observa en la gráfica 5, los participantes que puntuaban alto en cortisol basal puntúan más bajo en el factor Activo y más alto en el factor IT, y los bajos en cortisol puntúan menos en el factor IT y más en el factor Activo. Al realizar una prueba T de Student para comparar los grupos en cada factor por



Gráfica 3. Elección de las 11 opciones de respuesta para todos los hombres.

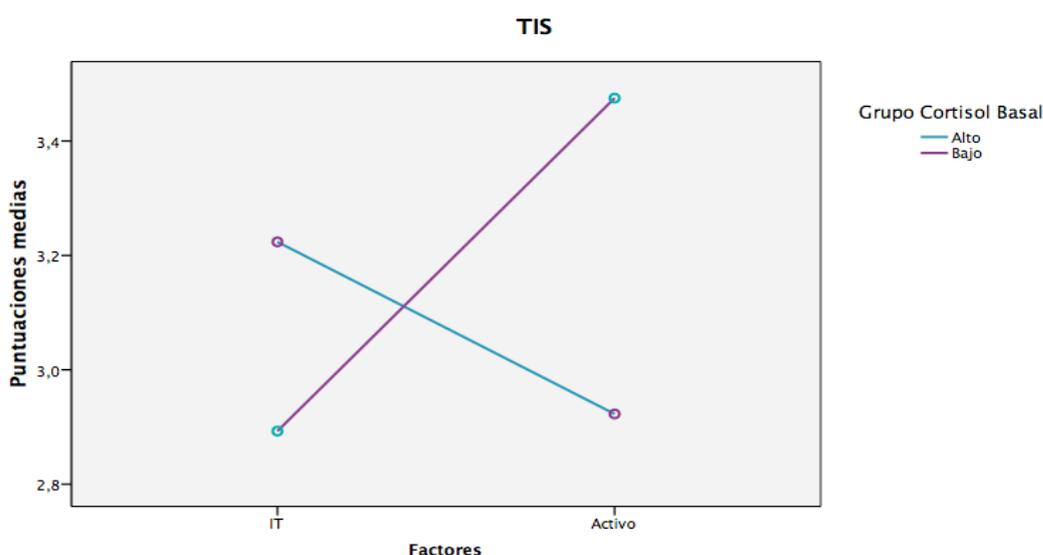


Gráfica 4. Elección de las 11 opciones de respuestas en todas las mujeres.

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

separado, los resultados no mostraron diferencias significativas entre los grupos para el factor IT ($F[111, 0.2464] = 0.137, p > 0.182$), pero sí para el factor Activo ($F[111, 0.1903] = 0.176, p < 0.004$).

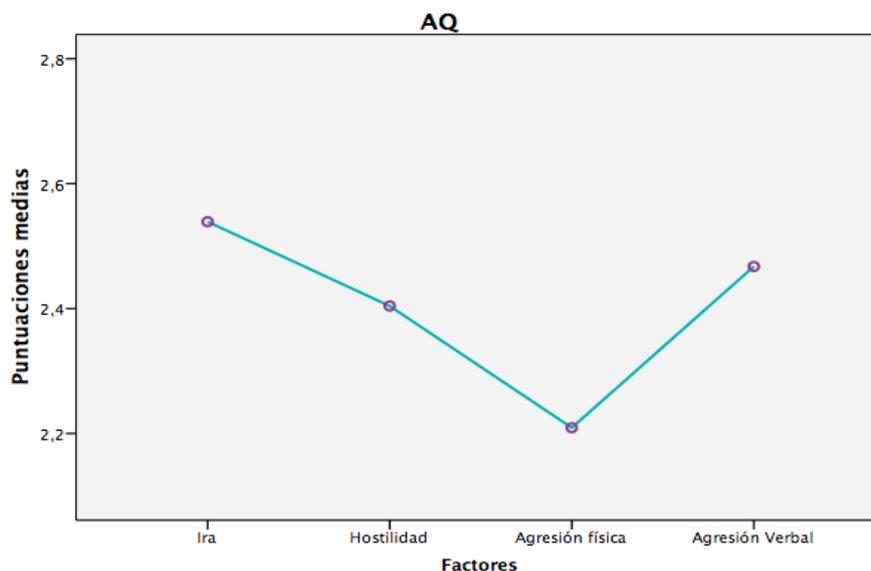
El ANOVA factorial 2 x (2) aplicado a las diferencias de testosterona tanto en hombres (las tres $p > 0.098$) como en mujeres (las tres $p > 0.610$) no reveló efectos significativos para ninguno de los dos factores ni su interacción.



Gráfica 5. Puntuación en los factores Inmovilidad Tónica (IT) y Activo para las diferencias en cortisol.

The Aggression Questionnaire (AQ). El ANOVA factorial 2 x (4) con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factores del AQ (Ira, Hostilidad, Agresión física y Agresión verbal), para las diferencias en cortisol reveló un efecto principal para el factor AQ ($F[3, 333] = 7.702, p < 0.0001$). En general, todos los participantes puntúan más alto en el factor Ira y Agresión verbal (gráfica 6). Tras realizar una comparación por pares, observamos que el factor Ira sólo se diferencia del factor Agresión física y la Agresión física se diferencia del factor Ira y Agresión verbal.

El ANOVA factorial 2 x (4) para las diferencias en testosterona no reveló ningún efecto significativo en hombres (las tres $p > 0.190$). En mujeres, los datos revelaron un efecto principal significativo para el factor AQ ($F[3, 162] = 9.914, p < 0.0001$) y un efecto significativo de interacción entre el factor Grupo y los



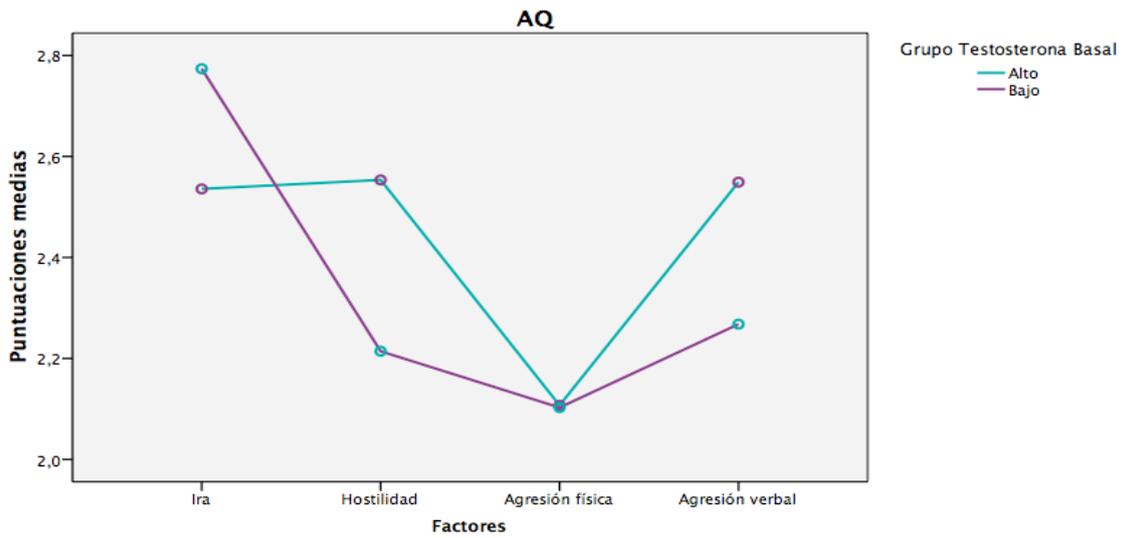
Gráfica 6. Puntuaciones de los factores del AQ en todos los participantes para las diferencias en cortisol.

factores del cuestionario ($F[3, 0.162] = 3.487, p < 0.031$). Como se observa en la gráfica 7, las mujeres altas en testosterona frente a las bajas tienen más hostilidad y agresión verbal. Por el contrario, las mujeres bajas en testosterona puntúan más en el factor Ira y no se diferencian en el factor Agresión física. Sin embargo, la prueba T de Student para la comparación de grupos en cada factor sólo reveló un efecto marginalmente significativo para el factor Agresión verbal ($F[54, 0.1464] = 0.002, p < 0.060$).

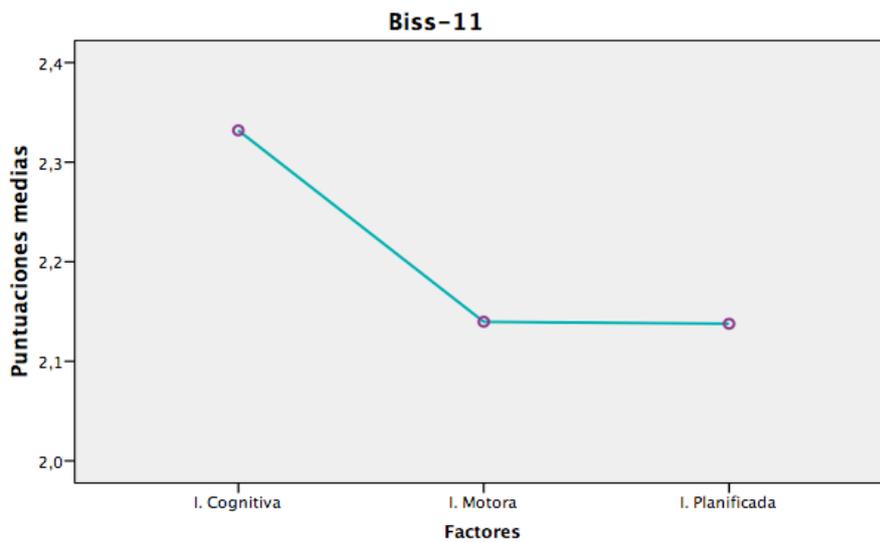
Barratt Impulsiveness Scale, Versión 11 (BISS-11). El ANOVA factorial $2 \times (4)$ con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factores del BISS (Impulsividad cognitiva, Impulsividad motora, Impulsividad planificada e Impulsividad total), para las diferencias en cortisol reveló un efecto principal significativo por el factor BISS ($F[2, 222] = 12.062, p < 0.0001$). Como se observa en la gráfica 8, todos los participantes puntúan más en Impulsividad cognitiva que en Impulsividad motora y planificada, no habiendo diferencias entre estas dos últimos factores. La comparación por pares nos indica que el factor Impulsividad cognitiva se diferencia de la Impulsividad motora y la Impulsividad planificada, pero estas dos últimas no se diferencian entre sí.

El ANOVA factorial $2 \times (4)$ para las diferencias en testosterona en hombres

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

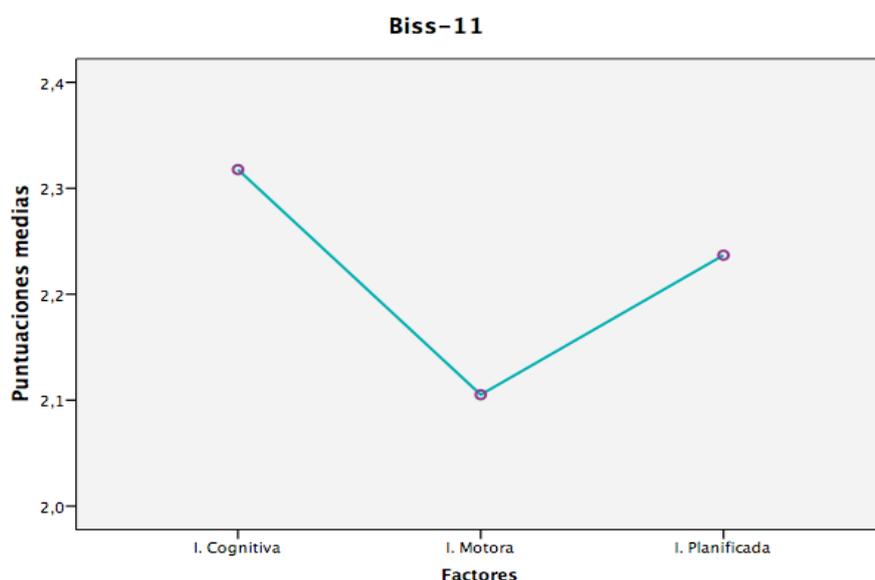


Gráfica 7. Puntuaciones en los factores del AQ en mujeres para las diferencias en testosterona.



Gráfica 8. Factores del Biss-11 para las diferencias en cortisol.

reveló un efecto principal significativo para el factor BISS ($F[2, 108]= 4.150$, $p <0.023$). Si observamos la gráfica 9, todos los hombres puntúan más alto en Impulsividad cognitiva y menos en Impulsividad motora. La comparación por pares sólo nos indica diferencias entre la Impulsividad cognitiva y la Impulsividad motora. Igualmente, se encontró para las mujeres un efecto principal significativo para el factor BISS ($F[2, 108]= 14.758$, $p <0.0001$). En la gráfica 10 se observa que las mujeres puntúan más en Impulsividad cognitiva y menos en Impulsividad planificada.

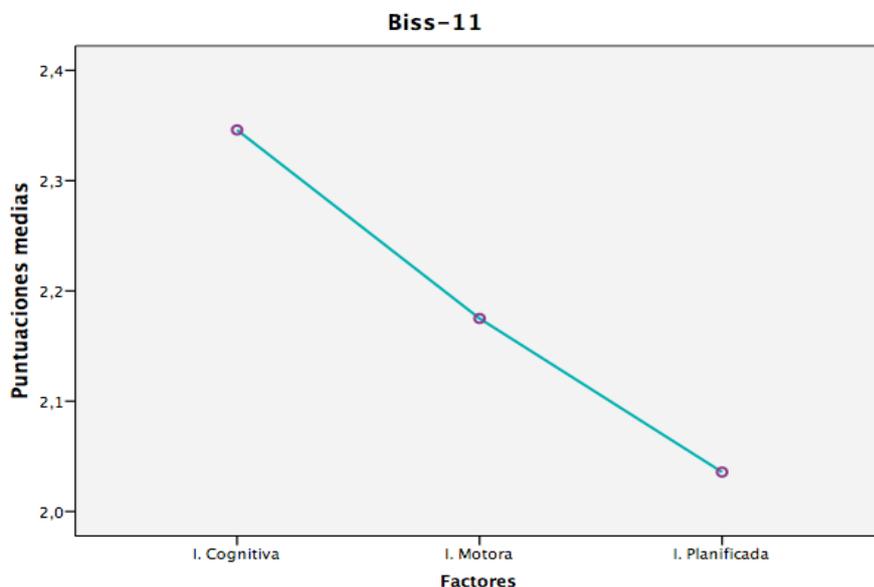


Gráfica 9. Factores del Biss-11 en todos los hombres para las diferencias en testosterona.

5.3.4.3 Medidas Psicofisiológicas

Respuesta Cardíaca de Defensa (RCD). El ANOVA factorial $2 \times (10)$, con un factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales), y un factor de medidas repetidas, Medianas de la RCD (con 10 niveles: Mdn1, Mdn2, Mdn3, Mdn4, Mdn5, Mdn6, Mdn7, Mdn8, Mdn9, Mdn10), para las diferencias en cortisol reveló un efecto principal significativo para el factor RCD ($F[9, 891]= 27.044$, $p <0.0001$). En la gráfica 11 se observa una respuesta con los cuatro componentes esperados, una primera aceleración con máxima amplitud en la Mdn1 y una primera desaceleración que alcanza su máxima amplitud

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

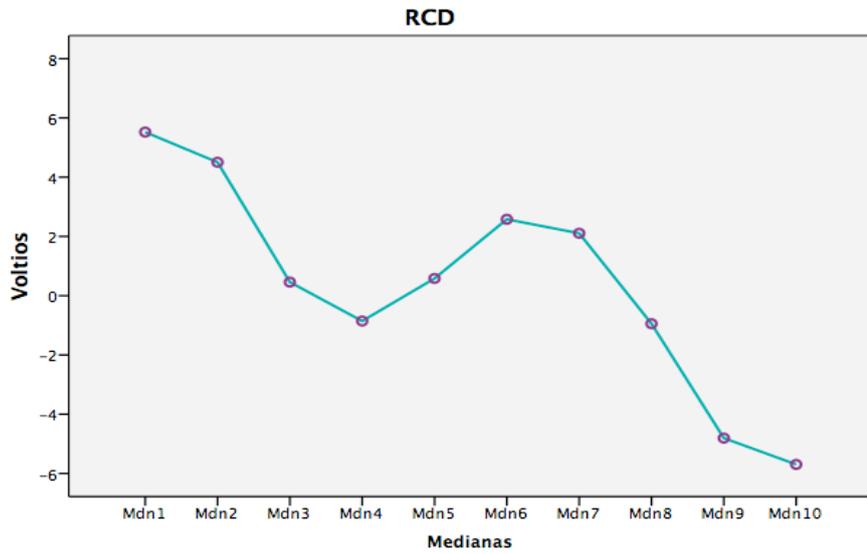


Gráfica 10. Factores del Biss-11 en las mujeres para las diferencias en testosterona.

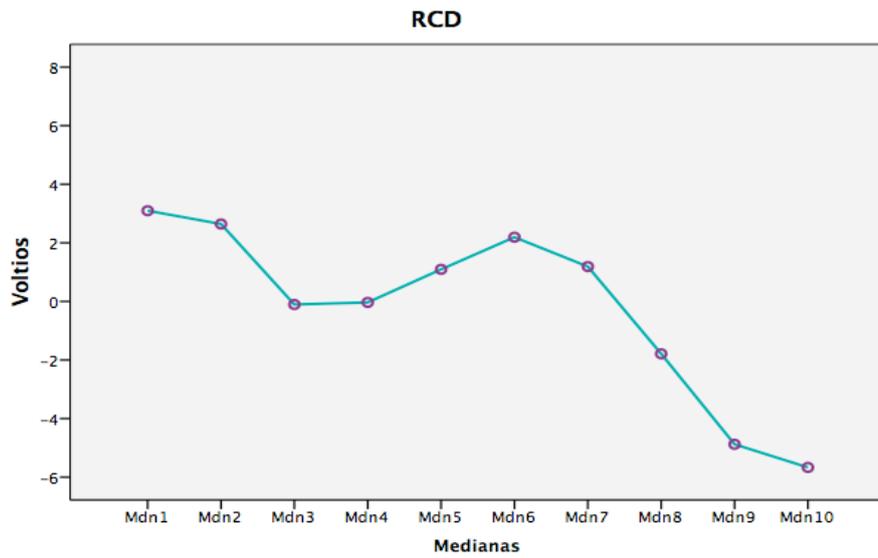
en la Mdn4, seguida de una segunda aceleración con máximo valor en la Mdn6 y una segunda desaceleración hasta la Mdn10.

El ANOVA factorial 2 x (10) para las diferencias en testosterona en hombres reveló un efecto principal significativo para el factor RCD ($F[9,450]= 10.550$, $p < 0.0001$). En la gráfica 12 se observa una respuesta con los cuatro componentes esperados, una primera aceleración con máxima amplitud en la Mdn1 y una primera desaceleración que alcanza su máxima amplitud en la Mdn3, seguida de una segunda aceleración con máximo valor en la Mdn6 y una segunda desaceleración hasta la Mdn10. La primera aceleración es menor que la observada para las diferencias en cortisol, al igual que la primera desaceleración adelanta su máximo valor en la Mdn3. En mujeres se observó un efecto principal significativo para el factor RCD ($F[9, 414]= 16.781$, $p < 0.0001$). En la gráfica 13 se observa una respuesta con los cuatro componentes esperados muy similar al obtenido en las diferencias de cortisol, con una primera aceleración con máxima amplitud en la Mdn1 y una primera desaceleración que alcanza su máxima amplitud en la Mdn4, seguida de una segunda aceleración con máximo valor en la Mdn6 y una segunda desaceleración que se prolonga hasta la Mdn10. Igualmente observamos la diferencia de género encontrada en estudios anteriores, de forma que en mujeres se observa una primera aceleración mayor frente a los hombres.

Conductancia Eléctrica de la Piel (SCR). El ANOVA factorial 2 x (10),

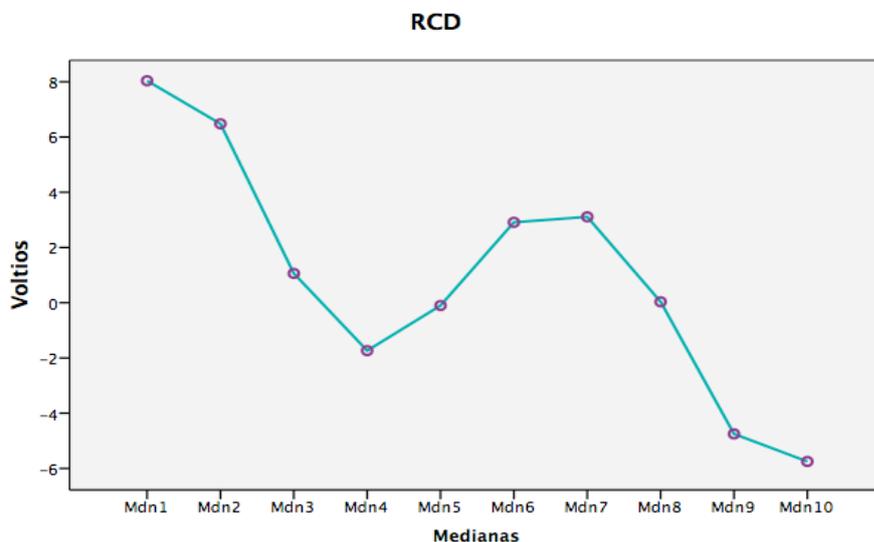


Gráfica 11. Las 10 medianas de la RCD para el primer sonido de defensa para las diferencias en cortisol.



Gráfica 12. Las 10 medianas de la RCD en hombres ante el primer sonido de defensa para las diferencias en testosterona.

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

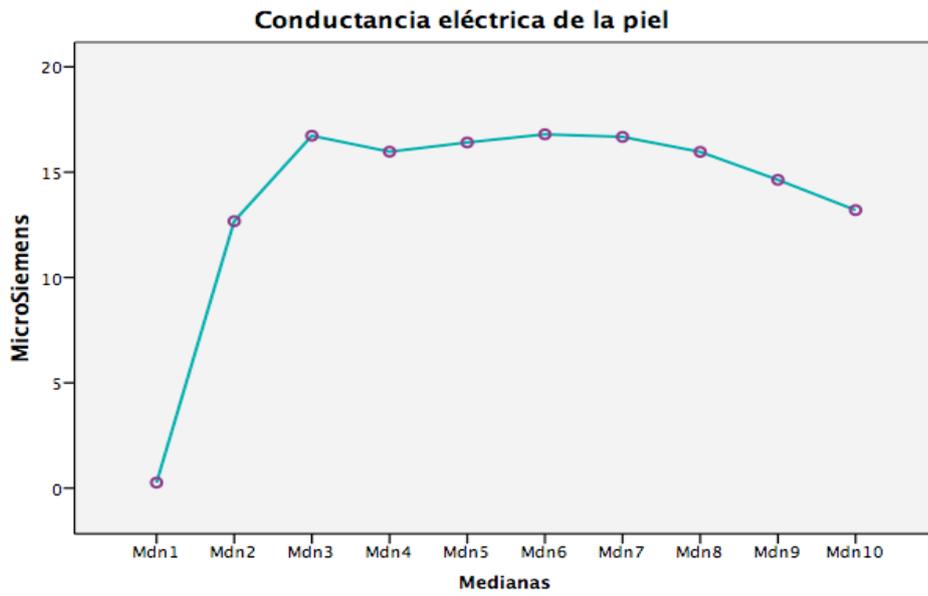


Gráfica 13. Puntuaciones de las 10 medianas en mujeres ante el primer sonido de defensa para las diferencias en testosterona.

con un factor de grupos Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales), y un factor de medidas repetidas Medianas de la SCR (con 10 niveles: Mdn1, Mdn2, Mdn3, Mdn4, Mdn5, Mdn6, Mdn7, Mdn8, Mdn9, Mdn10) para las diferencias en cortisol reveló un efecto principal para el factor SCR ($F[9, 999]= 62.897, p < 0.0001$). Como muestra la gráfica 14, se observa una respuesta que aumenta desde la Mdn1 a la Mdn3, a partir de la cual se mantiene hasta el final de la respuesta.

El ANOVA factorial $2 \times (10)$ aplicado a las diferencias en testosterona para hombres reveló un efecto principal significativo para el factor SCR ($F[9, 9.495]= 37.722, p < 0.0001$). En la gráfica 15 se observa como la respuesta aumenta desde la Mdn1 hasta la Mdn3 para ir descendiendo hasta el final de la respuesta. En las mujeres también se observó un efecto principal para el factor SCR ($F[9, 486]= 26.160, p < 0.0001$). La gráfica 16 muestra que la respuesta aumenta desde la Mdn1 hasta la Mdn3 manteniéndose con una ligera disminución hacia el final de la respuesta.

Electromiografía y Reflejo Motor de Sobresalto (RMS). El ANOVA factorial $2 \times (10)$, con un factor de grupos Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales), y un factor de medidas repetidas



Gráfica 14. Las 10 medianas de la SCR ante el primer sonido de defensa para las diferencias en cortisol.

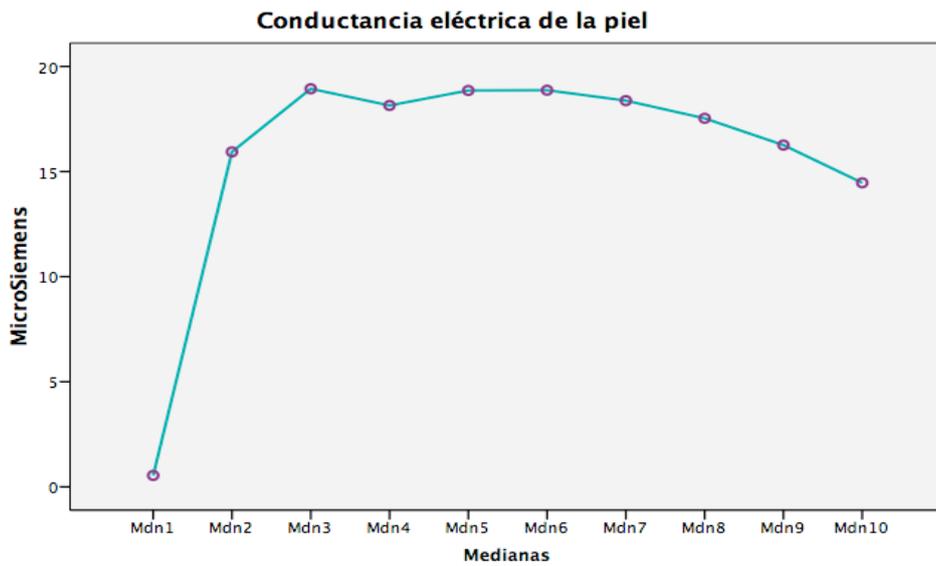
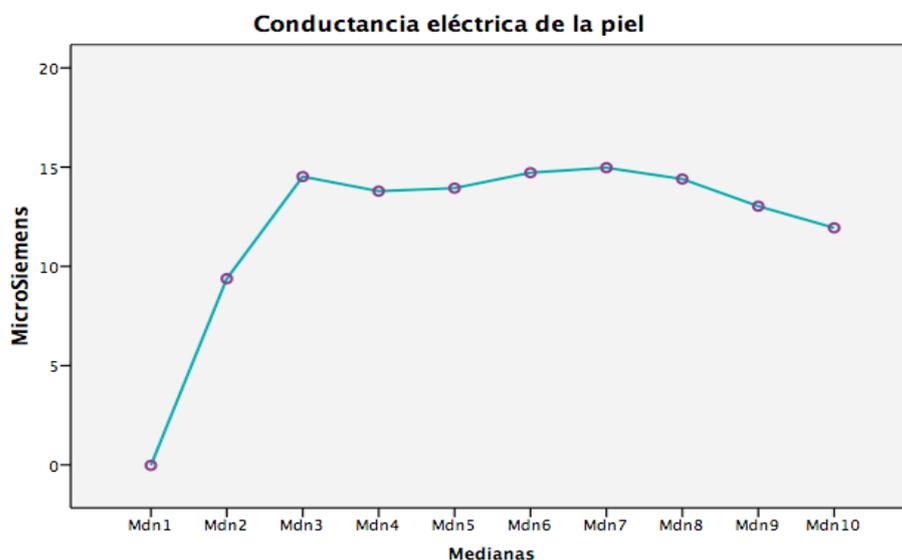


Figura 15. Las 10 medianas para la SCR en el primer sonido de defensa en hombres para las diferencias en testosterona.

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO



Gráfica 16. Las 10 medianas de la SCR para el primer sonido de defensa en mujeres para las diferencias en testosterona.

Medianas del EMG (con 10 niveles: Mdn1, Mdn2, Mdn3, Mdn4, Mdn5, Mdn6, Mdn7, Mdn8, Mdn9, Mdn10), para las diferencias en cortisol reveló un efecto principal significativo para el factor EMG ($F[9, 324]= 11.157, p <0.0001$). En la gráfica 17 se observa un incremento en el EMG en la Mdn1 que disminuye progresivamente hasta la Mdn6 para mantenerse hasta la Mdn10.

El ANOVA unifactorial aplicado a los parámetros del RMS (latencia de inicio, amplitud y latencia de terminación) para las diferencias de cortisol no reveló diferencias significativas para ninguno de los parámetros (las tres $p >0.08$).

El ANOVA 2 x (10) aplicado para las diferencias en testosterona para hombres reveló un efecto principal del factor EMG ($F[9, 9.495]= 18.716, p <0.0001$). La figura 18 muestra que los hombres tienen un patrón de respuesta similar al encontrado para las diferencias en cortisol pero más reducido. En mujeres también encontramos un efecto principal significativo para el factor EMG ($F[9, 153]= 6.529, p <0.004$). En la gráfica 19 se observa cómo las mujeres, al igual que los hombres, tienen un patrón de respuesta similar al encontrado en las diferencias de cortisol pero más alto que el encontrado en hombres.

El ANOVA unifactorial aplicado a los parámetros del RMS para las diferencias en testosterona no reveló diferencias significativas para ninguno de los parámetros

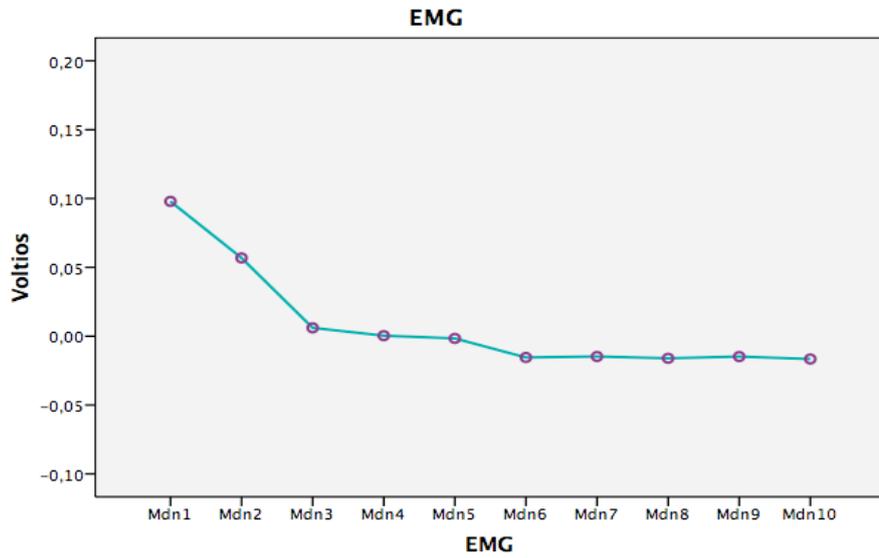
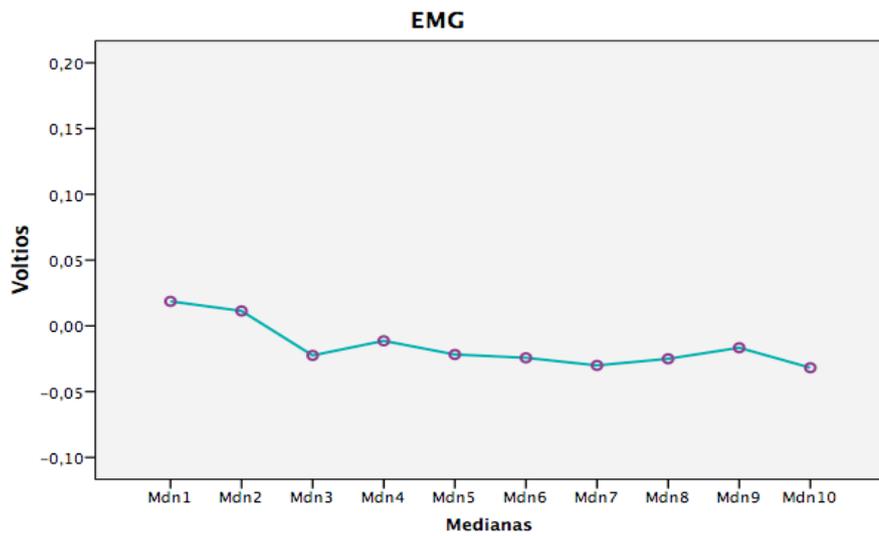
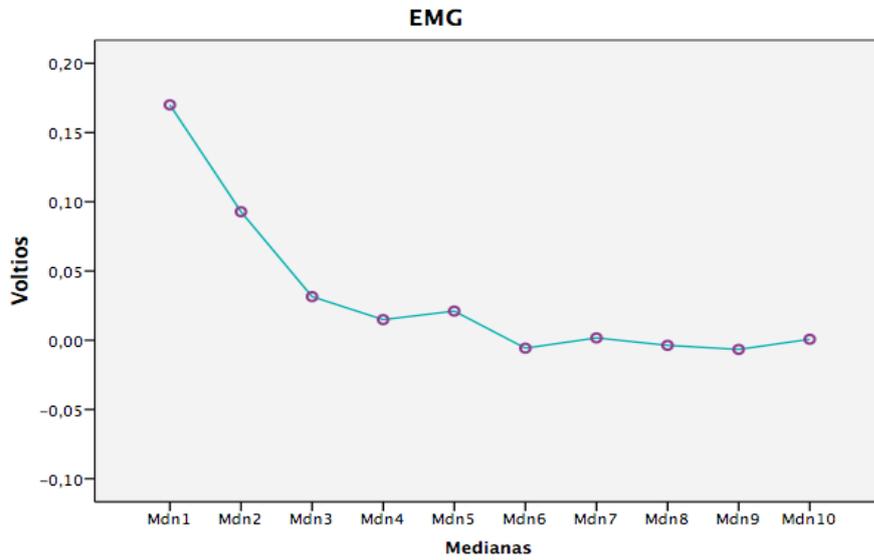


Gráfico 17. Las 10 medianas del EMG para el primer sonido de defensa para las diferencias en cortisol.

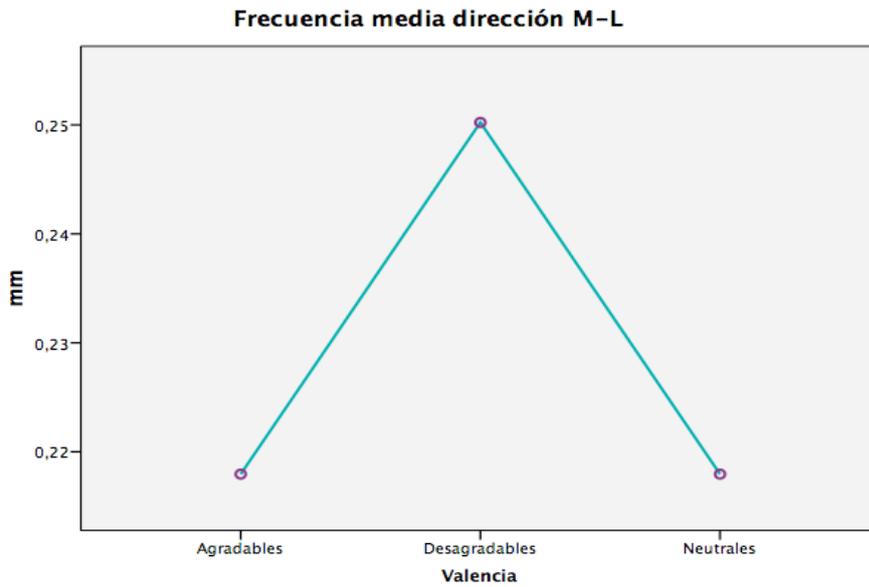


Gráfica 18. Las 10 medianas del EMG para los hombres ante el primer sonido de defensa para las diferencias en testosterona.

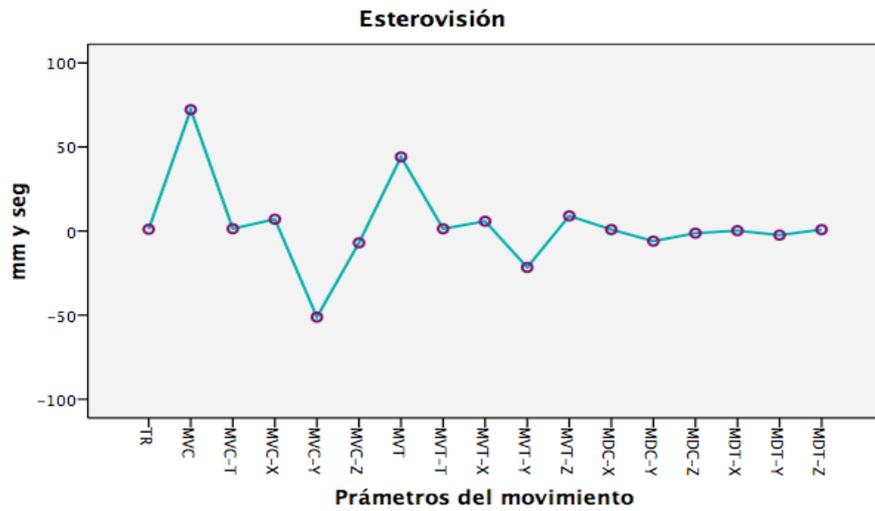
5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO



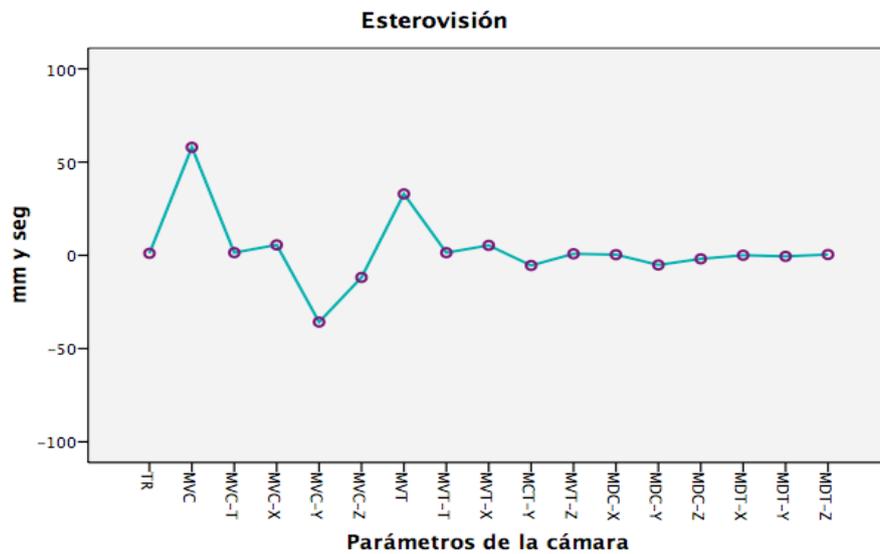
Gráfica 19. Las 10 medianas del EMG para el primer sonido de defensa en mujeres para las diferencias en testosterona.



Gráfica 20. Frecuencia media en la dirección M-L en mujeres para las tres categorías de imágenes.

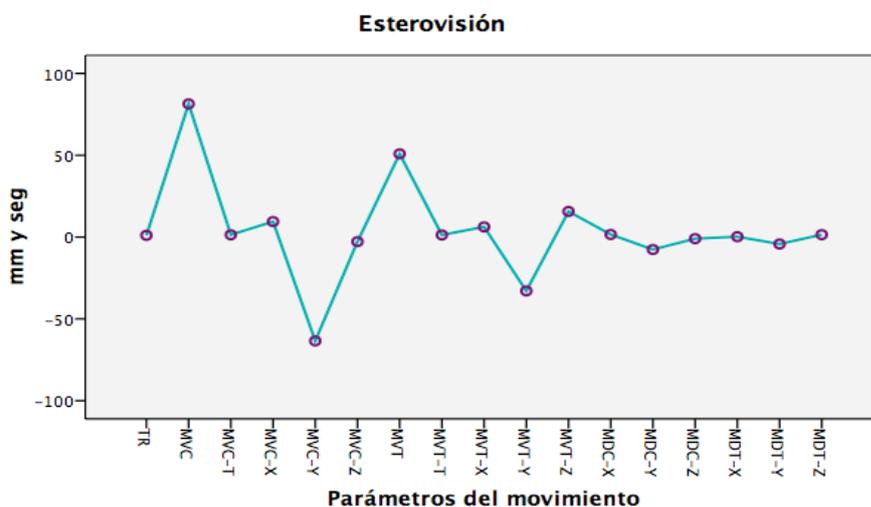


Gráfica 21. Valores de los parámetros de la esterovisión para las diferencias en cortisol. Las siglas son las siguientes: Tiempo de reacción (TR), Máxima velocidad de la cabeza (MVC), Máxima velocidad del tronco (MVT), Máximo desplazamiento de la cabeza (MDC), Máximo desplazamiento del tronco (MDT), tiempo (T), X(eje x), Y(eje y), Z(eje z)



Gráfica 22. Valores de los parámetros de la esterovisión para las diferencias en testosterona en hombres. Las siglas son las siguientes: Tiempo de reacción (TR), Máxima velocidad de la cabeza (MVC), Máxima velocidad del tronco (MVT), Máximo desplazamiento de la cabeza (MDC), Máximo desplazamiento del tronco (MDT), tiempo (T), X(eje x), Y(eje y), Z(eje z)

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO



GRÁFICA 23. Valores de los parámetros de la esterovisión para las diferencias en testosterona en mujeres. Las siglas son las siguientes: Tiempo de reacción (TR), Máxima velocidad de la cabeza (MVC), Máxima velocidad del tronco (MVT), Máximo desplazamiento de la cabeza (MDC), Máximo desplazamiento del tronco (MDT), tiempo (T), X(eje x), Y(eje y), Z(eje z)

ni en hombres (las tres $p > 0.5$) ni en mujeres (las tres $p > 0.5$).

5.3.4.4 Medidas Posturográficas

El ANOVA factorial 2 x (3), con un factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales), y un factor de medidas repetidas, Valencia de las imágenes (Agradables, Desagradables y Neutrales), aplicado a las variables posturográficas (Area, Desviación típica y Frecuencia de la potencia media en las dos direcciones, A-P y M-L), sólo revelaron un efecto significativo del factor Valencia de las imágenes para la frecuencia media en la dirección M-L en mujeres ($F[2, 104] = 12.116, p < 0.001$). Como puede verse en la gráfica 20 las imágenes desagradables produjeron una mayor frecuencia media en la dirección M-L que las agradables y las neutrales. Las comparaciones por pares revelaron diferencias significativas entre las imágenes desagradables y las imágenes agradables y neutrales (ambas $p < 0.003$).

5.3.4.5 Medidas de Estereovisión

El ANOVA factorial 2 x (17), con un factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales), y un factor de medidas repetidas Indices de movimiento (con 17 niveles: Tiempo de reacción, Máxima velocidad de la cabeza, Máxima tiempo y velocidad de la cabeza, Máxima velocidad de la cabeza en el eje X,Y,Z, Máxima velocidad del diafragma, Máxima tiempo y velocidad del diafragma, Máxima velocidad del diafragma en el eje X,Y,Z, Máxima desplazamiento de la cabeza en el eje X,Y,Z, Máxima desplazamiento del diafragma en el eje X,Y,Z), para las diferencias en cortisol reveló un efecto principal significativo para el factor Indices ($F[16, 960]= 54.089, p <0.0001$). Como se observa en la gráfica 21, los participantes muestran una mayor velocidad de movimiento de la cabeza y del tronco (general), mientras que muestran una menor velocidad de la cabeza en el eje Y. La comparación por pares muestra diferencias significativas entre velocidad de movimiento de la cabeza y del tronco (general) y máxima velocidad de movimiento de la cabeza en el eje Y con respecto al resto de los parámetros del movimiento.

El ANOVA factorial 2 x (17), para las diferencias en testosterona en hombres reveló un efecto principal significativo para el factor Indices ($F[16, 400]= 18.1897, p <0.0001$). Como se observa en la gráfica 22, los hombres muestran una mayor velocidad de movimiento de la cabeza y del tronco (general), mientras que muestran una menor velocidad de la cabeza en el eje Y. La comparación por pares nos muestra que la velocidad máxima de la cabeza se diferencia del resto de los parámetros salvo de la velocidad máxima del tronco. A su vez, la velocidad máxima del tronco se diferencia del resto de los parámetros excepto de la velocidad de la cabeza. La velocidad máxima de la cabeza en el eje X no se diferencia del resto de los parámetros. En mujeres también encontramos un efecto principal significativo para el factor Indices ($F[16, 512]= 35.788, p <0.0001$). Las mujeres, igualmente muestran una mayor velocidad de movimiento de la cabeza y del tronco, mientras que muestran una menor velocidad de la cabeza en el eje Y (gráfica 23). La comparación por pares muestra diferencias significativas entre velocidad de movimiento de la cabeza y del tronco y máxima velocidad de movimiento de la cabeza en el eje Y con respecto al resto de los parámetros del movimiento.

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

5.4 Discusión

En general, nuestros datos no aportan indicios que confirmen de forma directa nuestras hipótesis y algunos datos apuntan en la dirección contraria a lo esperado. De esta forma, no encontramos una relación entre niveles de cortisol e inmovilidad y actividad parasimpática (reflejada en el primer componente acelerativo/decelerativo de la respuesta cardíaca de defensa). Tampoco encontramos, ni en hombres ni en mujeres, relación entre testosterona y respuestas activas y actividad simpática (reflejada en el segundo componente acelerativo/decelerativo de la respuesta cardíaca de defensa y la conductancia eléctrica de la piel). Sí encontramos algunos indicios indirectos que apoyan nuestras hipótesis.

Para el cortisol, sólo pudimos comprobar que las personas con niveles más altos en cortisol puntúan menos en el factor Activo del TIS que las personas con bajos niveles de cortisol. La comparación entre los grupos alto y bajo en cortisol detectaron diferencias significativas entre los grupos en este factor. Como se observa en la gráfica 5, las personas con menores niveles basales de cortisol responden de forma más activa que las personas con mayores niveles de cortisol basal. También encontramos una asociación negativa entre el cortisol y el factor Ira del AQ, pero no se confirmó las diferencias entre grupos altos y bajos en cortisol. Estos resultados coinciden con los encontrados en otros estudios. En animales, se ha visto que crías de ratas adrenalectomizadas reducían su conducta de inhibición (Takahishi y Rubin, 1993). También se ha visto que en roedores existe una asociación entre niveles más altos en cortisol y conductas de evitación o ausencia de conductas de acercamiento (Nunez, Ferre, Escorihuela, Tobena y Fernandez-Teruel, 1996; Roelofs, Elzinga y Rotteveel, 2005). Hardy y cols. (2002), encontraron un aumento de los niveles de cortisol en ratas subordinadas, que eran menos agresivas y atacaban en menor medida a la hora de establecer su territorio ante roedores dominantes. En humanos, se ha visto de forma consistente que las personas con características antisociales y con mayor agresividad tienen niveles de cortisol basal más bajos (Böhnk y cols., 2010; Hawes, Brennan y Dadds, 2009). Existe evidencia de la asociación entre bajos niveles de cortisol basal y el número de conductas de huida, ataque o defensa (Salvador y cols., 1999). Se ha visto que bebés con niveles basales de cortisol más bajos permanecían menos tiempo en *freezing* que los bebés con niveles más altos de cortisol basal ante situaciones de amenaza (Buss y cols., 2004). También, en estudios longitudinales con niños se

ha encontrado que los que tenían menores niveles de cortisol basal manifestaban menos inhibición comportamental que niños con niveles de cortisol basal más elevados (Kagan y cols., 1988; Schmidt y cols., 1997). Estudios que han utilizado tareas de Stroop con imágenes afectivas, han observado que tanto hombres como mujeres con mayores niveles de cortisol basal evitaban procesar caras de enfado o ira (van Honk y cols., 1999), que indirectamente puede estar apoyando la relación negativa entre los niveles de cortisol basal y el factor ira en nuestros participantes.

De forma contraria a lo esperado, en nuestros participantes el cortisol se asoció negativamente con la Mdn1 de la RCD que es un indicador parasimpático, y positivamente con la conductancia, que es un indicador simpático. De esta forma, al aumentar el cortisol la Mdn1 disminuye y aumenta la conductancia indicando una menor inhibición parasimpática y una mayor activación simpática en los participantes. No encontramos diferencias entre las personas bajas y altas en cortisol en el resto de las variables medidas. Esta asociación entre cortisol basal y tendencias tanto a reacciones pasivas como activas coincide con los resultados encontrados por Salvador y cols. (1999). Estos autores encontraron asociaciones tanto positivas como negativas entre el cortisol y comportamientos más activos, de forma que el cortisol basal se asoció positivamente con conductas activas como amenazas y dominancia, y negativamente con ataque y defensa. Eilam y cols. (1999) encontraron un aumento de corticosterona tanto en ratas que optaban por huir como para las que se inmovilizaron ante una situación estresante, pero las que huyeron fueron más activas (actividad medida por la distancia recorrida) antes de la exposición al estresor que las que se inmovilizaron. La ausencia de grandes diferencias en la respuesta de corticosterona entre los roedores de campo que se inmovilizaron y los que huyeron no sugieren diferencias en la percepción de la amenaza si no más bien reflejan diferentes estrategias defensivas. No encontramos una relación significativa entre niveles de cortisol basal y medidas de inmovilidad medidos a través del TIS y el ED, ni encontramos diferencias significativas entre los grupos altos y bajos en cortisol basal. Tampoco encontramos relación entre los niveles basales de cortisol y la ansiedad estado o rasgo. Estos datos coinciden con estudios con roedores clasificados por sus niveles altos o bajos de ansiedad. En este estudio se observó que la ansiedad, evaluada por la conducta de los animales, y los niveles de corticosterona estaban disociadas, de forma que tanto las ratas altas en ansiedad como las bajas no difirieron en la respuesta de hormonas ante una tarea estresante ni se encontró diferencias en los niveles basales de ACTH y

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

corticosterona, por lo que la actividad basal del eje HHA no fue influido por el rasgo conductual de ansiedad (Márquez, Nadal y Armario, 2006). En estudios con humanos en el que se analizó la asociación entre niveles basales de cortisol, ansiedad estado y rendimiento en tareas neuropsicológicas se concluyó que no existía relación entre autoinformes de ansiedad y cortisol, ni basal ni en las otras dos muestras tomadas posteriormente a la tarea de estrés (Leininger y Skeel, 2012). En otro estudio con mujeres que acudieron a una clínica de diagnóstico de mamas, no se encontraron relaciones entre las medidas de ansiedad y los niveles de cortisol (Vedhara y cols., 2003).

Nuestros datos, en general, son congruentes con otros estudios que sugieren la existencia de pobres o nulas asociaciones entre los niveles de cortisol basal y las medidas de personalidad (p.e., Brandtstädter, Baltes-Götz, Kirschbaum y Hellhammer, 1991; Dabbs y Hopper, 1991; Kirschbaum, Pirke y Hellhammer, 1993) de forma que medir tendencias de comportamientos que se asocian con el cortisol a través de medidas de autoinformes puede no ser un procedimiento lo suficientemente discriminativo y comparativo. Nuestros resultados también pueden ser explicados por la relación entre los niveles de cortisol y testosterona basal que encontramos en nuestros participantes. Hay estudios que indican que la testosterona puede inhibir la activación del eje HHA de forma que las personas serían más propensas a la respuesta de enfrentamiento a las amenazas si tienen niveles altos de testosterona. Según estos estudios, el tener altos niveles de cortisol puede ser una señal de alta sensibilidad al castigo y, por lo tanto, de conductas de evitación o inhibición. Por el contrario, la testosterona estaría más relacionada con la sensibilidad a la recompensa inhibiendo el eje HHA y, a su vez, inhibiendo la sensibilidad al castigo y los comportamientos asociados (Terburg, Morgan y van Honk, 2009). En nuestro estudio, encontramos relaciones positivas muy fuertes entre los niveles de cortisol y testosterona, de forma que al aumentar los niveles de cortisol también lo hacen los niveles de testosterona en los participantes de nuestro estudio. Los análisis de varianza también revelaron que las personas con altos niveles de cortisol en comparación con el grupo bajo en cortisol tenían mayores niveles de testosterona. Debido a la reducida muestra de nuestro estudio, al hacer 4 grupos con las combinaciones de altos y bajos tanto en cortisol como en testosterona, la muestra de los subgrupos fue muy reducida por lo que no pudimos comprobar la influencia de los niveles de testosterona en el grupo alto y bajo en cortisol y al contrario. Futuras investigaciones tendrían que estudiar

cómo influyen estas relaciones hormonales en el comportamiento defensivo.

No encontramos grandes asociaciones entre los niveles de cortisol y las variables fisiológicas. Este resultado va en consonancia con otros estudios en los que se ha querido correlacionar varios parámetros fisiológicos sensibles al estrés. Estos estudios han concluido, igualmente, que las correlaciones entre diferentes respuestas fisiológicas son muy bajas y sugieren que las diferentes respuestas (p.e., diferentes sistemas fisiológicos como el cortisol, la TC, la presión sistólica y la epinefrina y norepinefrina) a un estímulo estresante están claramente dissociadas (Guerra y cols., 2001, McCann y cols., 1993; Nadal y Armario, 2010).

Para la testosterona, en mujeres, sí encontramos algunos indicios que confirman que los mayores niveles de testosterona se asocian a puntuaciones más altas en Agresión verbal (AQ) y a escoger con mayor frecuencia la respuesta “Buscar un arma” (que hemos considerado como respuesta activa del ED) y con menor frecuencia la conducta de evitación “Amenazar con chillar” (que hemos considerado como respuesta de evitación en el ED). Cuando comparamos los grupos, sólo hay una tendencia a la significación en el factor agresión verbal, de forma que las mujeres con niveles más altos de testosterona muestran mayor agresión verbal que las que tienen niveles de testosterona más bajos. No encontramos diferencias entre las mujeres altas y bajas en testosterona y las otras variables medidas. Estos datos coinciden con los encontrados en varios estudios con mujeres. Las mujeres ganadoras de un partido manifestaron mayores niveles de testosterona (Oliveira y cols., 2009). En otro estudio se encontró relaciones positivas entre los niveles de testosterona y el nivel de dominancia (Grant y France, 2001). Igualmente, los niveles de testosterona basales tanto en hombres como en mujeres correlacionaron positivamente con las escalas de agresividad del AQ (Harris y cols., 1996).

En el caso de los hombres, encontramos que, contrariamente a lo que buscábamos, la testosterona correlacionó negativamente con el factor Ira del AQ, de forma que a mayores niveles de testosterona los hombres puntúan menos en ira. Un dato que apoya nuestra hipótesis, es que en hombres los niveles altos de testosterona se asociaron a una menor Mdn1 de la RCD, indicador de actividad parasimpática, de forma que niveles aumentados de testosterona se asociaron con menor actividad parasimpática. Tampoco encontramos diferencias significativas entre los hombres altos y bajos en testosterona y el resto de las variables estudiadas. Esta ausencia de diferencias entre participantes altos y bajos en testosterona y conductas más o menos activas coincide con otros estudios que han intentado estudiar los niveles

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

de testosterona en un contexto de encuentro o competencia. Se ha visto que en personas que ganaban un concurso manifestaban mayores niveles de testosterona después del concurso pero los niveles basales tanto de los ganadores como de los perdedores eran los mismos. Por lo que los niveles basales no predijeron el comportamiento ni los niveles de testosterona durante y después de la situación de competición (Chichinadze y cols., 2012). Esta falta de relación entre testosterona y las variables registradas en nuestro estudio, así como las discrepancias entre los datos de hombres y mujeres, reafirma la falta de evidencia y la confusión que existe en la literatura entre la testosterona y conductas más activas (Archer, Graham-Kevan, Davies, 2005; Chichinadze y cols., 2012; Hermans, Ramsey y van Honk, 2008).

La falta de relación entre la testosterona y algunas medidas de agresividad encontradas en nuestro estudio coincide con los hallazgos encontrados por Carré, McCormick y Hariri (2009). Estos autores encontraron que los niveles basales de testosterona no predecían las conductas agresivas ni en hombres ni en mujeres. No encontramos relación positiva entre los niveles basales de testosterona e impulsividad ni en hombres ni en mujeres. Tampoco encontramos diferencias entre el grupo alto y bajo en testosterona en los niveles de impulsividad. Estos resultados están en la línea de lo encontrado por estudios anteriores. En la literatura científica no existen datos consistentes que asocien la testosterona con la impulsividad (Yildirim y Derksen, 2012). De esta forma, existen estudios que muestran una asociación, a veces muy débil, entre testosterona e impulsividad (Baucom, Besh y Callahn, 1985; Stålenheim, Eriksson y Von Knorring, 1998; Takashi, Shota, Stoshi y Kazuyuki, 2011) y otros que no han encontrado dicha relación a través de diferentes instrumentos de medida, entre ellos el Biss-11 (Blanco y cols., 2001; Dolan y cols., 2001; Giotakos y cols., 2005).

Cada vez existe más evidencia sobre el efecto moderador del cortisol en la relación entre la testosterona y conductas activas, como la conducta agresiva, y esto puede estar explicando, en parte, nuestros datos. En esta línea, diferentes investigadores han afirmado que una variable moduladora importante de la conducta antisocial y la testosterona es la activación del eje HHA tanto basal como en respuesta física ante estresores y amenazas (Dabb y Hopper, 1999; Glenn, Raine, Schug, Gao y Granger, 2001; van Honk y Schutter, 2006; Terburg y cols., 2009). En un estudio con militares se observó que la razón testosterona/cortisol modulaba las conductas de evitación y acercamiento. De esta forma, mayores

niveles basales de cortisol se asociaron a mayor inhibición conductual mientras que la activación conductual estaba asociada a mayores niveles de testosterona basal (Widle, 1994). Hawes y cols. (2009) en un metaanálisis concluyeron que los niveles basales bajos de cortisol pueden incrementar la activación conductual de las personas con niveles basales altos de testosterona, y niveles basales altos de cortisol pueden inhibir esas tendencias motivacionales asociadas a altos niveles de testosterona, por lo que personas caracterizadas por impulsividad, reacción agresiva y desinhibición conductual podrían tener menores niveles de cortisol basal. En nuestros participantes, tanto en hombres como mujeres, encontramos una asociación positiva muy fuerte entre el cortisol y la testosterona. Así mismo, los ANOVAs indican que los participantes altos en testosterona en comparación con los bajos tienen mayores niveles de cortisol. Estos altos niveles en cortisol pueden estar amortiguando el efecto de los niveles de testosterona en el comportamiento ante los estresores, de forma que anulen las posibles relaciones entre los niveles de testosterona y las medidas de activación utilizadas, e incluso pueden explicar la asociación negativa entre los niveles de testosterona y el factor ira encontrada en nuestros participantes hombres. Hardy y cols. (2002) observaron una reducción de los niveles de testosterona en ratas macho subordinadas y sugirieron que esto podía ser explicado en parte por el aumento de la secreción de corticosterona asociado a contextos de subordinación. En un estudio en el que se analizó la relación entre testosterona y cortisol en relación a la agresión en adolescentes que estaban participando en un programa alternativo a la delincuencia, encontraron una relación positiva estadísticamente significativa entre los niveles de testosterona y agresividad solo en los participantes con bajos niveles de cortisol, no encontrándose dicha relación en los participantes con altos niveles de cortisol (Popma y cols., 2007). Herrero y cols. (2010) también encontraron mayores niveles de ira asociados tanto a altos niveles de testosterona como a bajos niveles de cortisol. Terburg y cols. (2009) mantienen que la testosterona por sí sola no es suficiente para inducir conducta violenta, ya que si existen niveles altos de cortisol se mantiene la sensibilidad al castigo y el miedo lo que facilitaría la inhibición de este tipo de conducta. Estos autores señalan que para que se manifieste la agresión es necesario que junto a los niveles altos de testosterona existan niveles bajo en cortisol. Por tanto, solo cuando la proporción entre testosterona/cortisol es elevada es cuando se produciría una predisposición a comportamientos agresivos o conductas activas. Una proporción equilibrada en-

5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO

tre testosterona y cortisol reflejaría un equilibrio entre la inhibición y activación conductual (BIS/BAS).

En mujeres también encontramos una correlación positiva entre los niveles de testosterona y los de cortisol, pero esta correlación no fue tan fuerte como en el caso de los hombres. Esto puede explicar que los niveles de testosterona sí facilitara conductas más activas y agresivas en mujeres. Estos hallazgos coinciden con los encontrados por Salvador y cols. (1999) que tampoco encontraron que los niveles de cortisol moderara la relación entre testosterona y conductas agresivas, ya que el cortisol mostró correlaciones positivas con algunos tipos de conductas agresivas y de dominación. En un estudio realizado por Rosenblitt, Soler, Johnson y Quadagno (2001) también se encontró esta disociación entre sexos. Estos autores encontraron que los niveles de cortisol correlacionaban negativamente con la búsqueda sensaciones (relacionado con el BAS) en hombres pero no en mujeres. La relación entre cortisol y la testosterona es, por tanto, controvertida. Hay estudios que han encontrado correlaciones entre niveles de cortisol agudo y a corto plazo y la ira y la agresión (Putman, Hermans y van Honk, 2007). Por el contrario, también existen estudios que indican que los niveles de cortisol no moderan la relación entre testosterona y conductas violentas (Salvador y cols., 1999).

En nuestro estudio, debido a la muestra reducida y al bajo número de participantes incluidos en las diferentes agrupaciones en función de niveles altos y bajos en cortisol y testosterona no pudimos comprobar las diferencias entre grupos con diferentes niveles de ambas hormonas en las variables estudiadas. Futuras investigaciones deberán comprobar el efecto de los diferentes ratios testosterona/cortisol.

Por otra parte, investigaciones que han estudiado simultáneamente las respuestas de diversos parámetros fisiológicos que son sensibles a la respuesta de estrés, en general, han concluido que la relación entre ellos es muy baja tanto en animales (p.e., Márquez, Nadal y Armario, 2004; Ramos y Mormede, 1998) como en humanos (p.e., Gerra y cols., 2001; Nadal y Armario, 2010; Schommer, Hellhammer y Kirschbaum, 2003). Igualmente se ha encontrado disociación entre respuestas conductuales y parámetros fisiológicos (p.e., Engert y cols., 2010). En esta línea, nuestros resultados indican que, a pesar de haber encontrado algunos indicios, no hay una asociación clara entre variables comportamentales, psicológicas y fisiológicas en respuesta al estrés agudo. Esto podría estar indicando que cada respuesta forma parte de un complejo sistema, ya sea emocional,

comportamental o fisiológico, que todavía hay que explorar en profundidad de forma independiente.

**5. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS
NEUROENDOCRINOS, PSICOFISIOLÓGICOS Y DEL MOVIMIENTO**

Capítulo 6

Estilos Defensivos en Humanos. Correlatos Neuroendocrinos y Psicofisiológicos durante la Tarea de Estrés Psicosocial de Trier (TSST)

6.1 Introducción

La activación del eje HHA y el sistema nervioso autónomo son esenciales en la respuesta de estrés. Los cambios físicos, psicosociales y ambientales producen una serie de respuestas fisiológicas entre las cuales la activación del eje HHA, a través de la liberación de glucocorticoides (corticosterona en animales y cortisol en humanos), juega un papel determinante para una respuesta adaptativa y alcanzar la alostasis (Charmandari y cols., 2005; Herman y Cullinan, 1997; Koob, 1999; Tsigos y Chrousos, 2002). El cortisol tiene una gran influencia en muchas funciones fisiológicas primordiales para el organismo (p.e., Charmandari y cols., 2005; Kirshbaum, Bartussek y Strasburger, 1992). Alteraciones en la respuesta del eje HHA, por lo tanto, un inadecuado control de la liberación de glucocorticoides, implica una amenaza para nuestro bienestar estando asociadas a enfermedades sistémicas, afectivas y neurodegenerativas (Charmandari y cols., 2005; Herman y Cullinan, 1997). La hiperactivación del eje HHA está asoci-

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

ada a la supresión de la hormona del crecimiento, a la inhibición de la función tiroidea, a la resistencia a la insulina, a efectos inhibitorios de la respuesta inmune e inflamatoria, a depresión melancólica, desordenes de pánico y desordenes obsesivo-compulsivos, entre otros. Por otra parte, la hipoactivación del eje HHA está asociada a depresión estacional, síndrome de fatiga crónica y fibromialgia, entre otros (Charmandari y cols., 2005; Chrousos y Gold, 1992; Tsigos y Chrousos, 2002).

En humanos, muchos estudios sobre estrés inducido en contextos de laboratorio se han centrado en el efecto del estrés psicológico sobre la estimulación del eje HHA concluyendo que este tipo de estresor es tan efectivo como los estresores físicos, y que la secreción de cortisol salivar es sensible a este tipo de estresor (Dickerson y Kemeny, 2004; Kirschbaum y cols., 1993). Experimentar estrés psicológico no es suficiente para provocar cambios en los niveles de cortisol y no todos los estresores producen uniformemente una respuesta del eje HHA, incluso dentro de la misma categoría de estímulos. A modo de ejemplo, Codispoti y cols. (2003) encontraron un patrón de respuesta neuroendocrina diferente para imágenes agradables y desagradables, de forma que ante imágenes negativas se producía un incremento de cortisol, pero no ante las imágenes agradables. Con el objetivo de conocer qué características de los estresores psicológicos activan el eje HHA y aumentan la probabilidad de elicitar respuestas de cortisol en humanos, Dickerson y Kemeny (2004) realizaron una revisión de 208 estudios en los que se utilizó algún estresor psicológico agudo en laboratorio para provocar respuestas de cortisol tanto en plasma como en saliva. Estos autores evaluaron 5 categoría de estresores: tarea cognitiva (aritmética mental, stroop); tarea de interacción verbal (entrevista, hablar en público); tarea combinada: interacción verbal + tarea cognitiva; exposición a ruidos; y tareas de inducción emocional (fotos o videos con contenido afectivo). A su vez, 5 características de los estresores fueron evaluadas: tarea de ejecución motivada; tarea pasiva; tarea de ejecución motivada + incontrolabilidad; tarea de ejecución motivada + evaluación social; y tarea de ejecución motivada + evaluación social + incontrolabilidad. De todas las categorías de tareas, sólo las tres primeras activaron el eje HHA y la tarea combinada interacción verbal + tarea cognitiva fue la que estaba asociada a mayores respuestas de cortisol en comparación a las otras dos. Entre las características de los estresores, las tareas de ejecución motivada, evaluación social e incontrolabilidad fueron las únicas que activaban el eje HHA y, por lo tanto,

que provocaban respuestas de cortisol. Los autores concluyeron que no todas las tareas estresantes provocan aumentos significativos de los niveles de cortisol y que para la activación del eje HHA es necesario que estén presentes en la tarea componentes tanto de evaluación social como de incontrolabilidad en un contexto de ejecución motivada. Además, el efecto era mayor si la evaluación social era realizada por una audiencia presente o si la ejecución era grabada (p.e., grabación en video), siendo el efecto mucho mayor cuando aumentaba la presión social de los evaluadores (combinación de audiencia + grabación en video).

El Test de Estrés Social de Trier (TSST, Kirschbaum y cols, 1993) es una tarea estandarizada que consiste en un período de preparación, una tarea de hablar en público y una tarea de aritmética mental frente a un panel de evaluadores. Es una tarea que reúne las condiciones de ejecución motivada + evaluación social + incontrolabilidad necesarias para la activación del eje HHA (Dickerson y Kemeny (2004). Numerosos estudios han mostrado que esta tarea produce altos niveles de cortisol (p.e., Andrews, D'Aguiar y Pruessner, 2012; Kirschbaum y cols, 1993; Kudielka, Schommer, Hellhammer y Kirschbaum, 2004; Maruyama y cols., 2012).

Dado el importante papel del eje HHA en la respuesta adaptativa al estrés y en el desarrollo de diferentes patologías derivadas de su inadecuado funcionamiento, determinar diferentes patrones de respuesta ante un estresor es esencial a nivel clínico, ya que nos puede servir para conocer si tendencias de respuestas neuroendocrinas pueden tener una función protectora o de vulnerabilidad a enfermedades relacionadas con el estrés. En personas sanas, a la hora de comparar condiciones experimentales, es importante tener en cuenta esta variabilidad individual en la reactividad neuroendocrina al estrés. Así Negrão y cols. (2000) concluyeron en su revisión sobre reactividad individual a estresores en personas sanas que es posible clasificar a los individuos sanos en función de la magnitud y la duración de su respuesta neuroendocrina ante estresores de laboratorio pudiendo existir personas clasificadas como altas y bajas en reactividad neuroendocrina.

En humanos, no existen datos concluyentes sobre la relación entre los niveles basales de cortisol y la reactividad del propio cortisol al estrés. Se ha encontrado que mayores niveles de cortisol basal se relaciona con menores niveles de reactividad del cortisol ante la tarea TSST (Kudielka y cols 2004). Sin embargo, en otro estudio donde se compararon hijos de padres con diagnóstico de trastorno bipolar con hijos de padres sin diagnóstico, encontraron que los niveles aumentados de cortisol durante el día en los hijos de padres diagnosticados no correlacionó

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

con la reactividad del cortisol ante una tarea de TSST de forma que no hubo diferencias entre ambos grupos (Ellenbogen, Hodgins, Walker, Couture y Adam, 2006). Tampoco se encontró una relación entre los niveles basales de cortisol y la reactividad del cortisol al TSST tanto en jóvenes, de ambos sexo, con respuestas de cortisol alta como en jóvenes con respuestas de cortisol baja (Elzinga y cols., 2008).

Por otra parte, cada vez hay más interés en la relación existente entre la actividad del eje HHG y la actividad del eje HHA ante una situación estresante, no existiendo tampoco datos concluyentes. En un contexto social de competición, se ha encontrado una correlación negativa entre los niveles basales de testosterona y los niveles reactivos de cortisol después de una tarea de competición social (Zilioli y Watson, 2013), aunque solo se encontró en el grupo de perdedores. Sin embargo, en un estudio realizado por Mehta, Jones y Josephs (2008) se concluyó que esta relación negativa entre niveles basales de testosterona aumentado y niveles de cortisol tras una tarea de competición sólo se encontraban entre los ganadores masculinos; en los perdedores masculinos con altos niveles de testosterona basal, la correlación con los niveles de cortisol tras la tarea era positiva. Sin embargo, los participantes bajos en testosterona basal, tanto los ganadores como los perdedores, no difirieron en su respuesta de cortisol post-tarea, encontrándose en ambos grupos disminuciones muy leves de cortisol. Por otra parte, en mujeres, no se encontró el efecto significativo de la testosterona basal. En un estudio donde se examinó en hombres la relación entre los niveles de testosterona basal y los niveles de cortisol tras un ejercicio prolongado de resistencia, encontraron una correlación negativa entre los niveles basales de testosterona y la respuesta pico de cortisol tras la situación estresante (Daly, Seegers, Rubin, Dobridge y Hackney, 2005). En hombres tras recibir información sobre amenaza a su virilidad se encontró que los hombres bajos en testosterona basal aumentaron su reactividad de cortisol pero esta mayor respuesta no se encontró en los hombres altos en testosterona basal (Caswell, Bosson, Vandello y Sellers, 2013).

En nuestro estudio anterior observamos que los dos patrones de respuesta al estrés propuestos por Korte y cols. (2005), en líneas generales, no se confirmaron a través de las respuestas de diferentes sistemas: fisiológico, motor y psicológico que responden a estrés agudo. El objetivo principal de este estudio fue ver si los niveles de cortisol y testosterona basal correlacionan con la respuesta del eje HHA en la dirección propuesta para los “halcones” y las “palomas”, inducida a

través de una tarea de estrés estandarizada y que ha mostrado ser eficaz en la activación del eje HHA. Concretamente ante el TSST esperamos encontrar que las personas con niveles de cortisol basal aumentado muestren mayores niveles de cortisol reactivo a la tarea y, por el contrario, las personas con niveles de testosterona basales aumentados reaccionen al estresor con niveles más bajos de cortisol. Como objetivo secundario nos planteamos corroborar los resultados encontrados en el estudio anterior sobre la relación entre los niveles hormonales basales y la reactividad fisiológica.

6.2 Método

6.2.1 Participantes

Una submuestra de 46 participantes, 23 hombres y 23 mujeres, fue seleccionada de la muestra general del estudio anterior con un criterio de elección aleatorio. Las edades de los participantes estaban comprendidas entre 19 y 39 años (Media= 22.4565 y Dt= 3.78128). Todos eran estudiantes universitarios de las licenciaturas de psicología, fisioterapia y nutrición de la Universidad de Granada y de otros niveles educativos. Ninguno de los participantes se encontraba bajo tratamiento médico o psicológico ni presentaba problemas cardiovasculares y/o auditivos. Se excluían aquellos participantes que, desde el día en que realizaron la primera sesión, hubieran estado expuestos a un estresor mantenido y los que hubieran comenzado un tratamiento con medicamentos que contuvieran hormonas sintéticas o con antihistamínicos en cuya composición figuraran los glucocorticoides, con excepción de los anticonceptivos ya que se contrabalanceó el número de mujeres que los tomaban. Del mismo modo, ningún participante consumía drogas a excepción de alcohol y tabaco, siempre que su organismo estuviera libre de alcohol el día de la prueba y los participantes fumaran su último cigarrillo mínimo una hora antes de la sesión y no tuvieran un problema de adicción. Por último, ninguno de los participantes padecía insomnio. Se aplazaba la sesión a otro día si los participantes: 1) habían hecho ejercicio físico ese día, 2) tomaron algún tipo de excitante durante ese día, 3) variaron la noche anterior su patrón normal de acostarse-levantarse, 4) si habían ingerido algún alimento o bebida, a excepción de agua, durante la hora anterior a la sesión y 5) durmieron la siesta y llevaran menos de una hora despiertos.

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

6.2.2 Tarea Experimental: Adaptación del Test de Estrés Social de Trier (TSST)

Para la inducción de estrés agudo, elaboramos una adaptación del Test de Estrés Social de Trier (Kirschbaum y cols., 1993). Se trata de una tarea de estrés psicosocial que consta de dos subtareas, una tarea de hablar en público y una tarea cognitiva de cálculo mental, que en la literatura científica se ha visto que son, combinadas, las más eficaces en la activación del eje HHA y, por lo tanto, provocan mayores respuestas de cortisol (Dickerson y Kemey, 2004). La tarea consiste en la simulación de una entrevista de trabajo y una tarea aritmética, ambas aplicadas de forma secuencial y cada una con una duración de 5 minutos. La entrevista es realizada en presencia de un jurado evaluador compuesta por 3 personas y el participante debe tomar el rol de aspirante a un puesto de trabajo y convencer al jurado de que es el perfecto aspirante. La entrevista es grabada con una cámara de video y cronometrada. Los voluntarios tienen un período de 10 minutos de preparación del discurso y disponen de papel y bolígrafo. En caso de que el discurso terminara antes de tiempo, los entrevistadores le piden al participante que siga con su discurso hasta completar los 5 minutos mediante la instrucción "todavía te queda algo de tiempo, por favor, continúa". Si el participante interrumpe el discurso una segunda vez, los evaluadores esperan 20 segundos y, a continuación, realizan preguntas preparadas al participante para que argumente su postura. Al concluir la entrevista, el participante es instruido en una tarea aritmética que consiste en contar en voz alta hacia atrás en intervalos de 13 desde el número 1022 hasta zero. En esta tarea no se admiten errores, cada vez que el participante se equivoca el jurado le pide que pare y reinicie la tarea mediante la instrucción: "para, 1022". Kirschbaum y cols. (1993) encontraron un rango de incremento de cortisol salivar de 5.3 a 8.2 nmol/l desde los niveles basales y más del 70% de los voluntarios incrementaron sus niveles basales en al menos 2.5 nmol/l.

En nuestro estudio, los participantes debían argumentar por qué creían que eran las personas más indicadas para acceder a un puesto de trabajo que les interesaba mucho. La preparación del discurso duraba 5 minutos y no se les proporcionó papel ni bolígrafo debido a la colocación de los electrodos. Durante el discurso, los participantes se encontraban sentados solos en una habitación delante de una cámara de video. La habitación estaba comunicada visual y auditivamente con la sala del experimentador. Si el participante interrumpía

el discurso antes de los 5 minutos se le decía "todavía te queda algo de tiempo, por favor, continúa". Si interrumpía el discurso de nuevo y quedaba un tiempo superior a 45 segundos, se le volvía a repetir la instrucción anterior. En caso de interrumpirse el discurso y quedara un tiempo aproximado o inferior a 25 segundos para concluir el periodo de 5 minutos, el experimentador decía la instrucción: "nos gustaría que reflexionaras sobre tu ejecución en esta prueba". No se elaboraron preguntas para que los participantes argumentaran su idoneidad para el puesto. La prueba de aritmética fue fiel a la original. La tarea estaba compuesta por un total de 5 ensayos cada uno de los cuales tenía una duración de 5 minutos: 1) línea de base, 2) preparación del discurso, 3) tarea de hablar en público, 4) tarea aritmética, y 5) recuperación.

6.2.3 Aparatos y Medidas Fisiológicas

Para la medida del cortisol, se utilizó el cortisol salivar debido a las muchas ventajas que presenta respecto a su recogida a través del plasma sanguíneo, entre las que se encuentran su utilidad y facilidad, además de ser un procedimiento simple y no invasivo que evita la reactividad del eje HHA a causa del estrés que puede provocar el uso de agujas (Kirschbaum y Hellhammer, 1989). Las fracciones libres de cortisol alcanzan la saliva de forma pasiva sin influencia del flujo de la secreción salivar (Kahn y cols., 1988; Kirschbaum y Hellhammer, 1994) y se ha demostrado que los esteroides en saliva reflejan el mismo ritmo circadiano encontrado en plasma (Arregger y cols., 2007), observándose elevadas correlaciones entre los niveles de cortisol salivar y plasmático (Kirschbaum y Hellhammer, 1994).

Durante la prueba, se recogieron 3 muestras de cortisol salivar en tres momentos temporales diferentes: 1) antes de iniciar la prueba, 2) después de terminar la prueba y 3) a los 25 minutos del inicio de la tarea de hablar en público y, por lo tanto, a los 30 minutos desde el inicio del periodo de preparación ya que en la literatura científica se ha visto que el intervalo óptimo para medir el cortisol después de un estresor agudo está entre 21 y 40 minutos (Dickerson y Kemey, 2004; Kirschbaum y cols., 1993). Aunque hay estudios que indican que las respuestas del eje HHA ante estrés psicosocial pueden ser medidas tanto por la mañana como por la tarde (Kudielka y cols., 2004), todas las sesiones se llevaron a cabo entre las 16:00 h y 20:00 h para evitar la influencia en los resultados de las variaciones circadianas, más pronunciadas por la mañana, de los niveles de cortisol (Dick-

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

erson y Kemey, 2004; Kudielka y cols., 2004). El procedimiento de recogida de la muestra de saliva fue idéntico al empleado en el estudio anterior. Los participantes fueron instruidos para que se enjuagaran la boca y se tragaran la saliva. Después de una señal, debían mover la boca como si estuvieran hablando con la boca cerrada durante un minuto cronometrado. Les especificábamos que durante ese minuto no debían tragarse la saliva. Después, pedíamos a los participantes que escupieran toda la saliva acumulada en un tubo de ensayo que ellos mismos manipulaban, con su código correspondiente. La toma muestral se realizó en condiciones de higiene y esterilidad y fueron congeladas la misma tarde que se recogieron a -20°C .

Para el registro del resto de variables fisiológicas se empleó el Software VPM 11 (Cook, 1994) a través de un polígrafo de la marca Coulbourn. El programa VPM controlaba los tiempos de realización de la tarea y el registro de las variables psicofisiológicas. Se registraron los valores de la conductancia eléctrica de la piel y la tasa cardíaca (a través del electrocardiograma) durante los 5 minutos que duraba cada uno de los períodos de la tarea. Se obtuvieron los promedios de la conductancia y la tasa cardíaca para cada uno de los minutos de cada período.

6.2.4 Medidas de Autoinforme

Escala de Evaluación Subjetiva del Estado de Ánimo. Consta de tres escalas que miden tres dimensiones emocionales: valencia, activación y sensación de control. La escala valencia va de 1 (totalmente insatisfecho, molesto, triste) a 9 (totalmente contento, satisfecho, feliz); la escala activación va de 1 (totalmente relajado, calmado) a 9 (totalmente activado, agitado); finalmente, la escala de sensación de control va de 1 (totalmente sin control, influenciado, dominado) a 9 (totalmente bajo control, autónomo, dominante). Los participantes tenían que evaluar su estado de ánimo antes y después de realizar la tarea.

6.2.5 Procedimiento

Los participantes seleccionados de la muestra del estudio anterior fueron citados telefónicamente para la sesión de laboratorio recibiendo instrucciones relativas a las pruebas hormonales para evitar cualquier factor o variable extraña sobre la reactividad del cortisol. El procedimiento de la sesión de laboratorio consistía en las tres fases siguientes:

Fase pre-experimental. En primer lugar, se les leía a los participantes unas instrucciones muy generales con la información necesaria para requerirle el consentimiento informado pero sin describir detalles de la tarea TSST. Acto seguido, se les solicitaba a los participantes su consentimiento informado, se les hacía una entrevista para comprobar que habían cumplido las instrucciones que se les facilitó al citarles y se procedía a leerles las instrucciones sobre la recogida de la muestra salivar y a la recogida de la primera muestra de cortisol basal. A continuación, se les colocaban los electrodos.

Fase experimental. Se procedía a leerles a los participantes las instrucciones sobre el registro fisiológico basal y se les dejaba en la sala con la luz apagada durante 5 minutos. Al finalizar el período de registro basal, el experimentador regresaba a la sala del participante, encendía a luz y le pasaba la escala de estado de ánimo.

A continuación, se procedía a leer las instrucciones específicas sobre la tarea de estrés social. Una vez informado el participante, colocábamos la cámara delante del participante sin grabar y comenzaba el período de preparación del discurso de 5 minutos. Al finalizar el período de preparación, el investigador volvía a la sala del participante y ponía la cámara a grabar y comenzaba la tarea TSST. Una vez finalizada, recogíamos la segunda muestra de cortisol basal y dejábamos al participante 5 minutos de recuperación con la luz nuevamente apagada.

Después del período de recuperación, se les retiraba los sensores y rellenaban la escala de estado de ánimo. A los 15 minutos de finalizar la prueba, se le tomaba la tercera muestra de cortisol salivar.

Fase post-experimental. Para finalizar, se agradecía a los voluntarios su participación y se les pidió que no comentaran con sus compañeros las características del estudio con el fin de mantener igualadas las condiciones de información entre todos los participantes.

6.2.6 Análisis Estadístico

En este estudio se realizaron los siguientes análisis: (1) correlaciones bivariadas entre los niveles hormonales basales y las respuestas hormonales y psicofisiológicas, y (2) ANOVAs de grupos independientes y medidas repetidas diferenciando los grupos altos y bajos en los niveles hormonales. Debido a que los hombres tienen niveles de testosterona superior al de las mujeres, los análisis se hicieron separadamente para hombres y mujeres en esta variable (Granger y cols.,

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

2004). La división de los grupos se realizó teniendo en cuenta las medianas de las puntuaciones del estudio anterior: para el cortisol la mediana fue de 8.96 (N=113) y para la testosterona las medianas fueron para los hombres de 118.637 (N=56) y para las mujeres de 54.56 (N=56). En todos los Análisis de Varianza con factores intrasujeto y con el fin de controlar el supuesto de esfericidad se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser. Los resultados se informan con los grados de libertad originales y el nivel de significación corregido. Para las comparaciones post-hoc se aplicó el ajuste de Bonferroni. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS 16. El nivel de significación se estableció en $p < 0.05$ para todos los análisis.

6.3 Resultados

6.3.1 Análisis de Correlación

6.3.1.1 Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas

La tabla 1 recoge los resultados de las correlaciones entre las variables hormonales. Como puede verse, no se encontraron correlaciones significativas entre los niveles de cortisol basal y las tres medidas reactivas de cortisol. Para los niveles de testosterona basal tampoco se encontraron correlaciones significativas con las tres medidas reactivas de cortisol para ninguno de los dos sexos.

Tabla 1. Correlaciones entre los grupos hormonales y las medidas de cortisol medidas en la tarea TSST.

Cortisol	Cortisol Basal	Testosterona Basal H	Testosterona Basal M
C-Pre-tarea	0.276	-0.119	-0.010
C-Post-tarea	0.274	-0.194	-0.168
C-15min	0.061	0.029	-0.268

Nota: La H hace referencia a hombres y la M a mujeres.

6.3.1.2 Correlaciones entre las Variables Neuroendocrinas y las Medidas Psicofisiológicas

La tabla 2 muestra las correlaciones entre los niveles hormonales y las medidas psicofisiológicas. Como puede verse, solo se encontró una correlación significativa entre los niveles de testosterona basales en la mujeres y la conductancia de la piel en el minuto 2 de la línea de base.

Tabla 2. Correlaciones entre los niveles hormonales y las respuestas psicofisiológicas.

Medidas psicofisiológicas	Cortisol Basal					Testosterona Basal H					Testosterona Basal M				
	LB/	P/	HP/	AR/	R	LB/	P/	HP/	AR/	R	LB/	P/	HP/	AR/	R
TC															
Mint1	0.290	0.221	0.141	0.188	0.158	0.369	0.113	0.281	0.109	0.109	-0.106	-0.214	-0.115	0.205	-0.027
Mint2	0.274	0.181	0.155	0.196	0.192	0.338	0.099	0.226	0.108	0.108	-0.122	-0.110	-0.136	0.189	0.097
Mint3	0.285	0.211	0.192	0.172	0.193	0.383	0.086	0.326	0.186	0.186	-0.201	-0.116	0.108	0.108	0.073
Mint4	0.231	0.220	0.188	0.201	0.208	0.321	0.175	0.297	0.239	0.239	-0.219	-0.178	0.163	0.339	0.173
Mint5	0.290	0.181	0.192	0.201	0.184	0.369	0.099	0.326	0.239	0.239	-106	-110	0.108	0.339	0.051
SCR															
Mint1	-0.169	-0.084	-0.050	-0.058	-0.105	-0.282	-0.200	-0.161	-0.162	-0.167	-0.378	-0.389	-0.326	-0.343	-0.363
Mint2	-0.089	-0.110	-0.052	-0.021	-0.121	-0.287	-0.173	-0.171	-0.183	-0.166	-0.435*	-0.389	-0.355	-0.335	-0.392
Mint3	-0.098	-0.096	-0.059	-0.027	-0.118	-0.306	-0.108	-0.138	-0.165	-0.148	-0.419	-0.395	-0.377	-0.348	-0.391
Mint4	-0.139	-0.106	-0.056	-0.049	-0.130	-0.295	-0.185	-0.158	-0.164	-0.161	-0.402	-0.385	-0.377	-0.241	-0.395
Mint5	-0.169	-0.110	-0.059	0.049	-0.140	-0.282	-0.173	-0.158	-0.164	-0.187	0.378	-0.384	-0.377	0.241	-0.395

Nota. Las abreviaturas son las siguientes: Tasa cardíaca (TC); conductancia (SCR); línea de base (LB); fase de preparación (P); fase de hablar en público (HP); fase de tarea aritmética (AR); fase de recuperación (R); hombres (H); mujeres (M).

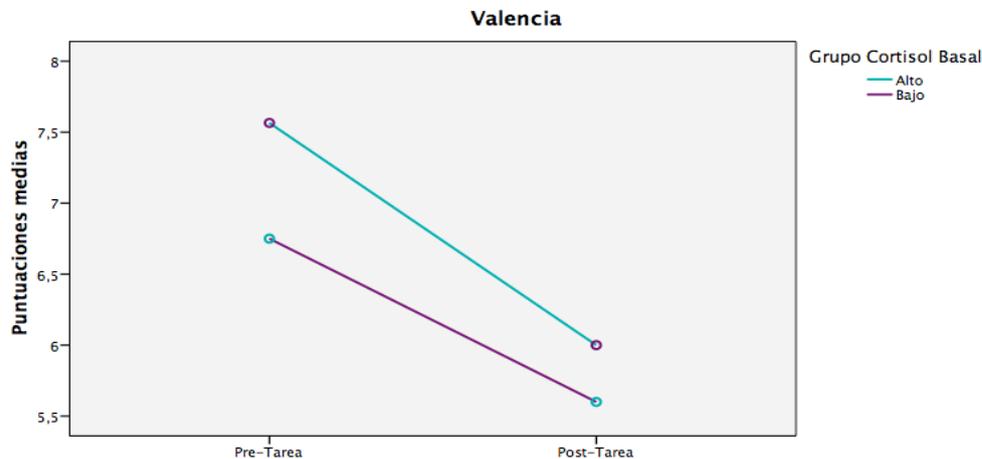
6.3.2 Análisis de Varianza (ANOVA)

6.3.2.1 Medidas Subjetivas

Valencia. El ANOVA factorial 2 x (2) con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factor Valencia con dos niveles (pre-tarea y post-tarea), para las diferencias en cortisol reveló un efecto significativo para la Valencia independientemente de los grupos de cortisol basal ($F[1, 41]= 26.461, p <0.0001$). Como se muestra en la gráfica 1, el estado emocional de los participantes antes de la tarea era más positivo en comparación a cómo se encontraban emocionalmente durante la realización de la tarea, independientemente de que los participantes pertenecieran al grupo alto o bajo nivel de cortisol basal. La comparación por pares muestra diferencias significativas entre la evaluación del estado de ánimo pre-tarea y post-tarea.

El ANOVA factorial 2 x (2) con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factor Valencia con dos niveles (pre-tarea y post-tarea), para las diferencias en testosterona reveló diferencias significativas sólo en el factor valencia tanto en hombres ($F[1, 20]= 10.788, p <0.004$) como en mujeres ($F[1, 19]=$

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

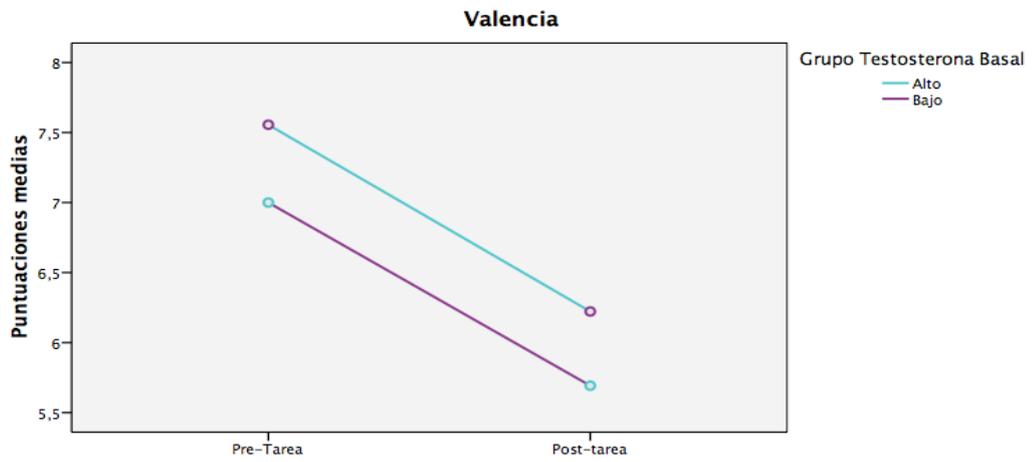


Gráfica 1. Valencia emocional antes y después de la tarea TSST para el grupo alto y bajo en cortisol basal.

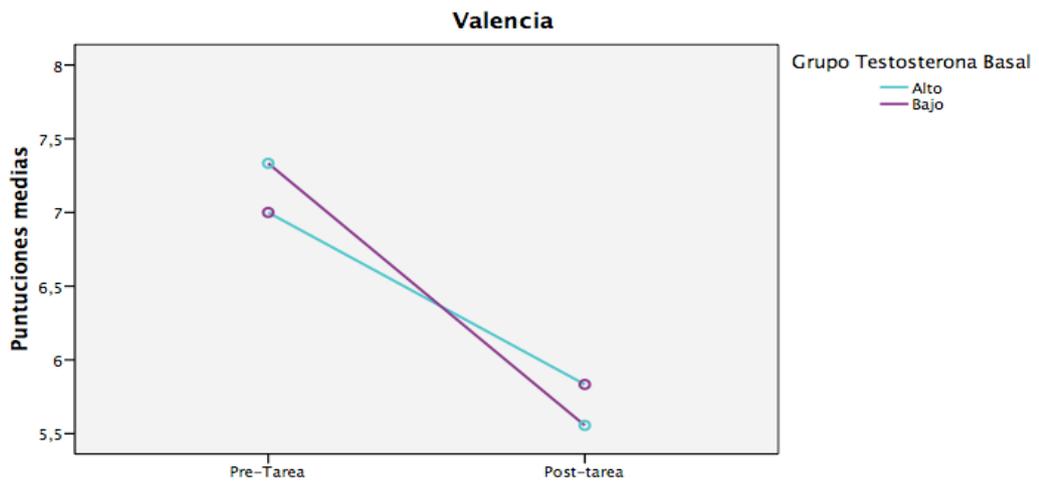
22.294, $p < 0.001$). En ambos sexos, como se muestra en las gráficas 2 y 3, el estado emocional antes de la tarea era más positivo que durante su realización independientemente de que los hombres y mujeres pertenecieran al grupo alto o bajo en testosterona basal. La comparación por pares muestra diferencias significativas entre la evaluación del estado de ánimo pre-tarea y post-tarea en ambos sexos.

Arousal. El ANOVA factorial 2 x (2) con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factor Arousal con dos niveles (pre-tarea y post-tarea), para las diferencias en cortisol reveló un efecto significativo para el Arousal independientemente de los grupos de cortisol basal ($F[1, 41] = 57.925$, $p < 0.0001$). Como se muestra en la gráfica 4, el nivel de activación de los participantes durante la realización de la tarea era mayor en comparación al nivel de activación antes de realizar la tarea, independientemente de que los participantes pertenecieran al grupo alto o bajo nivel de cortisol basal. La comparación por pares muestra diferencias significativas en el nivel de activación pre-tarea y post-tarea.

El ANOVA factorial 2 x (2) con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factor Arousal con dos niveles (pre-tarea y post-tarea), para las diferencias en testosterona reveló diferencias significativas sólo en el factor Arousal

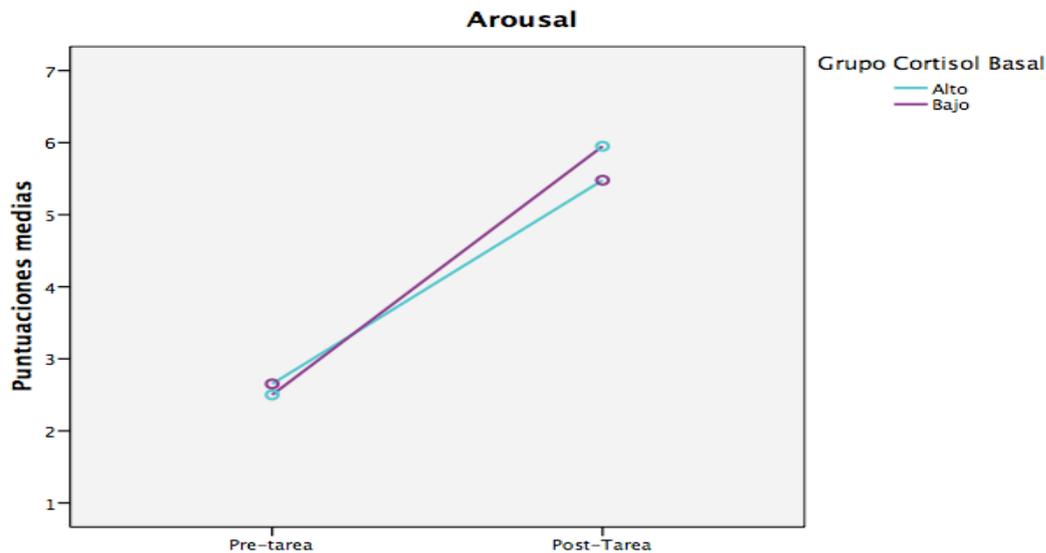


Gráfica 2. Valencia emocional antes y después de la tarea TSST para el grupo de hombres altos y bajos en testosterona.



Gráfica 3. Valencia emocional antes y después de la tarea TSST para el grupo de mujeres altas y bajas en testosterona.

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

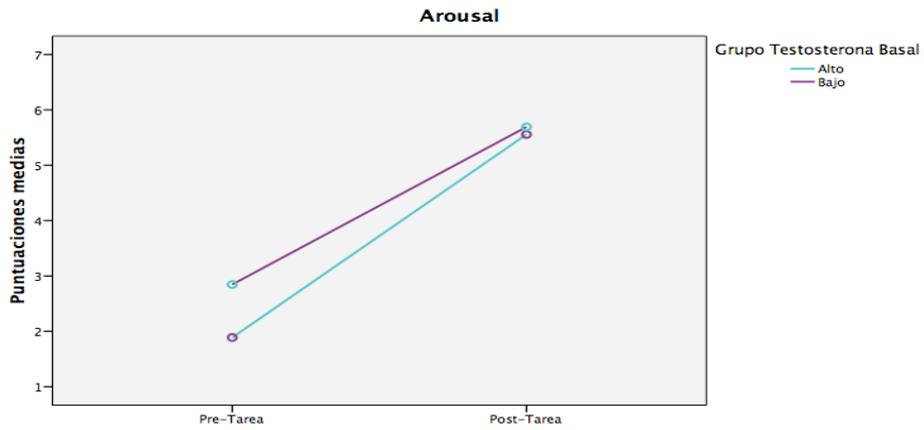


Gráfica 4. Activación emocional antes y después de la tarea de TSST para el grupo alto y bajo en cortisol basal.

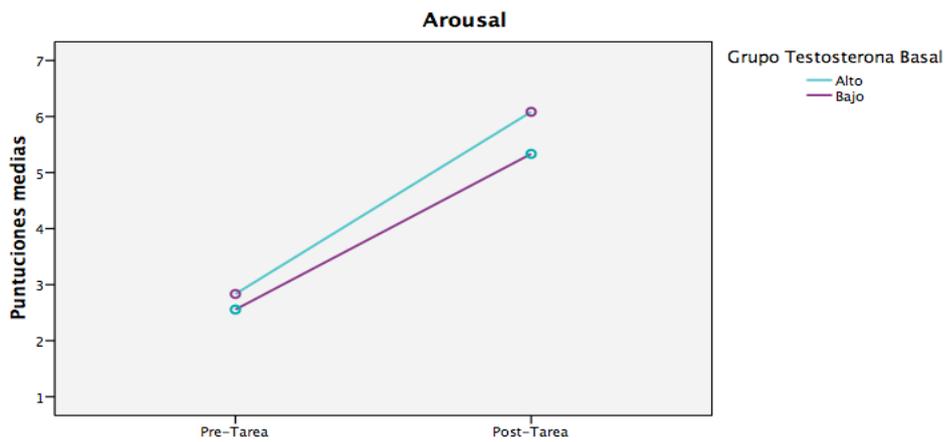
tanto en hombres ($F[1, 20] = 112.790, p < 0.0001$) como en mujeres ($F[1, 19] = 22.217, p < 0.001$). En ambos sexos, como se muestra en las gráficas 5 y 6, el nivel de activación antes de la tarea era mayor que durante su realización independientemente de que los hombres y mujeres pertenecieran al grupo alto o bajo en testosterona basal. La comparación por pares muestra diferencias significativas entre el nivel de activación pre-tarea y post-tarea en ambos sexos.

Sensación de Control. El ANOVA factorial $2 \times (2)$ con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de medidas repetidas, factor Dominancia con dos niveles (pre-tarea y post-tarea), para las diferencias en cortisol reveló un efecto significativo para la Dominancia independientemente de los grupos de cortisol basal ($F[1, 41] = 38.075, p < 0.0001$). Como se muestra en la gráfica 7, el nivel de control de los participantes antes de la tarea era superior a la sensación de control percibida durante la tarea, independientemente de que los participantes pertenecieran al grupo alto o bajo nivel de cortisol basal. La comparación por pares muestra diferencias significativas en el nivel de activación pre-tarea y post-tarea.

El ANOVA factorial $2 \times (2)$ con un primer factor de grupo Nivel Hormonal (altos niveles hormonales frente a bajos niveles hormonales) y un factor de me-

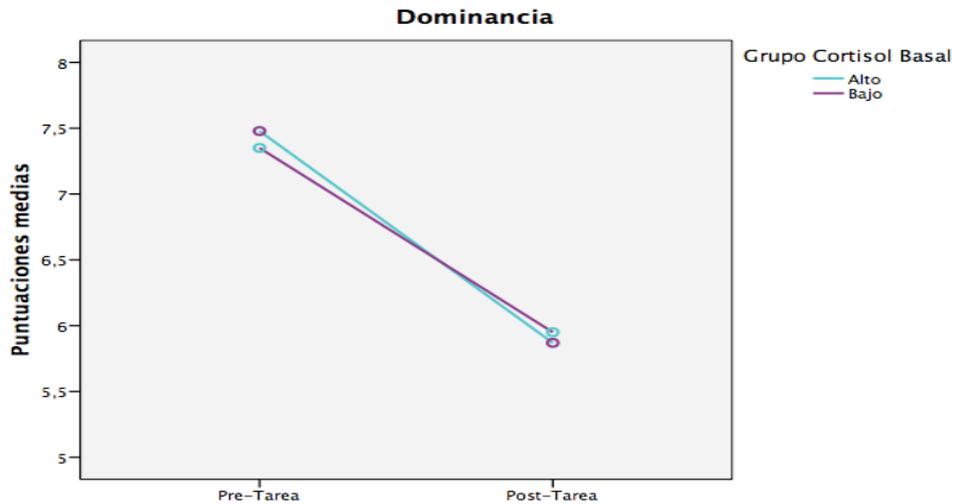


Gráfica 5. Activación emocional antes y después de la tarea TSST para el grupo de hombres altos y bajos en testosterona.



Gráfica 6. Activación emocional antes y después de la tarea TSST para el grupo de mujeres altas y bajas en testosterona basal.

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

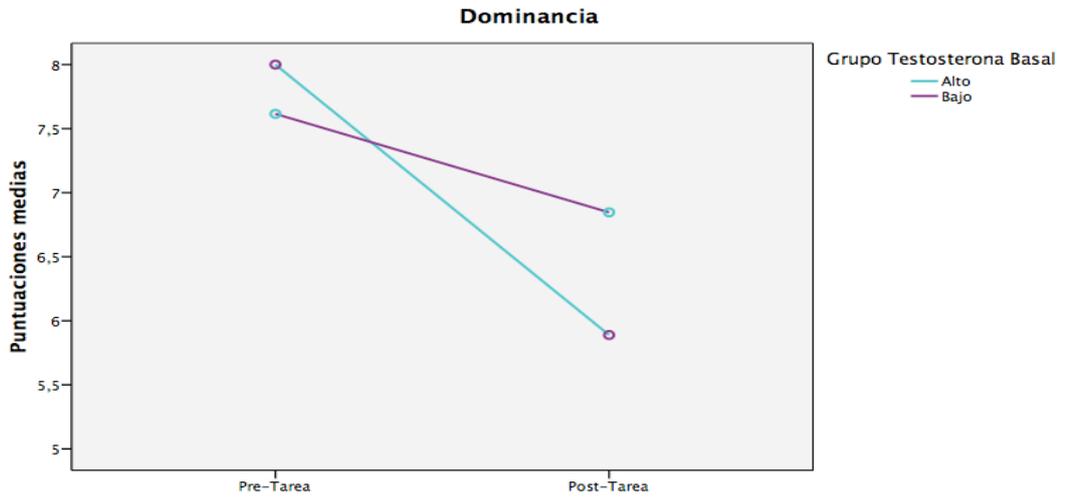


Gráfica 7. Nivel de control antes y después de la tarea TSST para el grupo alto y bajo cortisol basal.

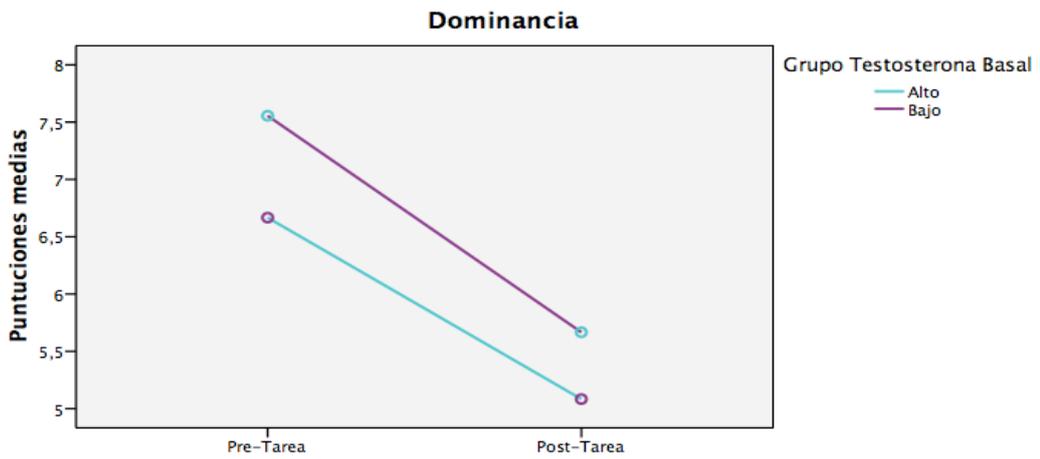
didadas repetidas, factor Dominancia con dos niveles (pre-tarea y post-tarea), para las diferencias en testosterona reveló diferencias significativas, en hombres, en el factor Dominancia ($F[1, 20]= 22.513, p <0.0001$) y en la interacción Dominancia X Grupo ($F[1, 20]= 4.886, p <0.039$). Como se observa en la gráfica 8, los participantes con mayor nivel de testosterona sentían mayor control de la situación que los bajos en testosterona antes de realizar la tarea, pero durante la tarea sentían menor control de la situación que los bajos en testosterona. La prueba T-Student no mostró diferencias significativas entre los grupos de testosterona en ninguno de los dos momentos (ambas $p >0.137$). En mujeres, sólo se encontró un efecto principal del factor Dominancia ($F[1, 19]= 21.895, p <0.0001$). Como se observa en la gráfica 9, independientemente de que las participantes pertenecieran al grupo de bajos o altos niveles de testosterona basal, todas sentían un mayor control de la situación antes de realizar la tarea que durante su realización. La comparación por pares muestra diferencias significativas en el nivel de dominancia pre-tarea y post-tarea.

6.3.2.2 Medidas Neuroendocrinas

El ANOVA factorial 2 x (3), con un primer factor de grupos independientes, Grupo (grupo alto y bajo en las variables hormonales), y un segundo factor



Gráfica 8. Nivel de dominancia antes y después de la tarea TSST para los hombres bajos y altos en testosterona basal.



Gráfica 9. Nivel de control antes y después de la tare TSST para las mujeres altas y bajas en testosterona basal.

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

de medidas repetidas, Momento de recogida de la muestra de saliva con tres niveles (pre-tarea, post-tarea y a los 15 minutos de terminar la tarea), para las diferencias en cortisol no reveló ningún efecto significativo (las tres $p > 0.084$), aunque aparece una tendencia hacia la significación para el factor Grupo ($F[1, 43] = 3.131, p < 0.084$).

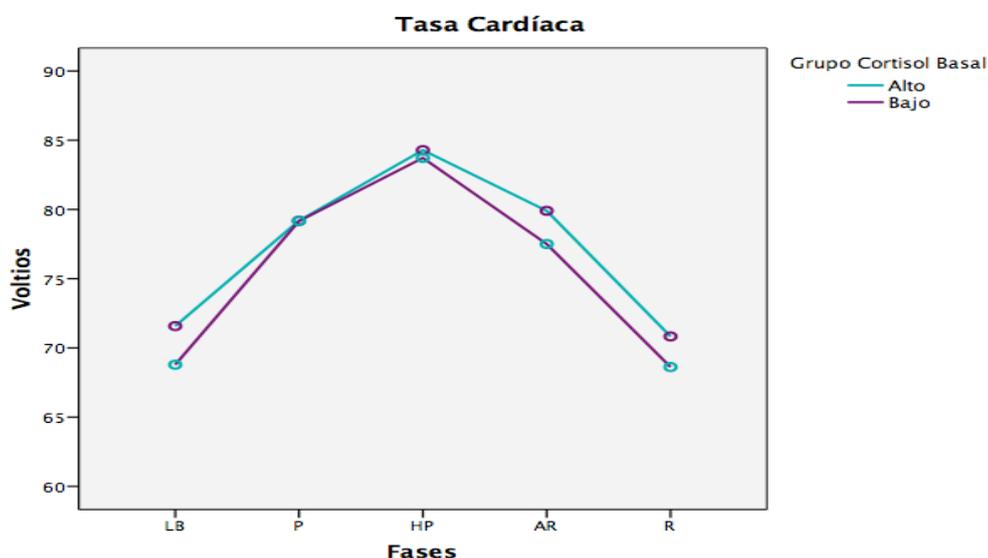
El ANOVA factorial 2 x (3), con un primer factor de grupos independientes, Grupo (grupo alto y bajo en las variables hormonales), y un segundo factor de medidas repetidas, Momento de recogida de la muestra de saliva con tres niveles (pre-tarea, post-tarea y a los 15 minutos de terminar la tarea), para las diferencias en testosterona no revelaron diferencias significativas ni en hombres (las tres $p > 0.180$) ni en mujeres (las tres $p > 0.261$).

6.3.2.3 Medidas Psicofisiológicas

Tasa Cardíaca. El ANOVA factorial 2 x (5 x 5), con un primer factor de grupos independientes, Grupo (alto y bajo en las medidas hormonales), y dos factores de medidas repetidas, Fases (Línea de base (LB), Preparación (P), Hablar en público (HP), Aritmética (AR) y Recuperación (R)) y Minutos (5 minutos de duración para cada fase), para las diferencias en cortisol reveló efectos principales para el factor Fases ($F[4, 120] = 34.009, p < .0001$) y el factor Minutos ($F[4, 120] = 10.035, p < .0001$). También encontramos un efecto significativo para la interacción Fases x Minutos ($F[16, 480] = 22.265, p < .0001$). Como se observa en la gráfica 10, el valor de la TC es mayor en la fase de “Hablar en público”, seguida de las fases “Preparación” y “Aritmética”. Los valores más bajos se obtienen en la fase de “LB” y en la “Recuperación”. El análisis de comparación por pares nos indica que la fase “Hablar en público” se diferencia de todas las demás, y las fases “Preparación” y “Aritmética” no se diferencian entre sí pero sí del resto de las fases. Las fases “LB” y “Recuperación” no se diferencian entre sí y sí del resto, lo que indica una vuelta a los niveles basales tras la realización de la tarea.

El ANOVA factorial 2 x (5 x 5) para las diferencias en testosterona en hombres reveló efectos principales para el factor Fases ($F[4, 60] = 28.789, p < .0001$), el factor Minutos ($F[4, 60] = 7.264, p < .0001$) y la interacción Fases x Minutos ($F[16, 240] = 119.824, p < .0001$). Como se observa en la gráfica 11 los hombres tienen una mayor TC en la fase de “Hablar en público”, seguido de la fase de “Aritmética” y la fase de “Preparación”. Los menores valores se observan en la “LB” y la “Recuperación”. La comparación por pares muestra que la fase

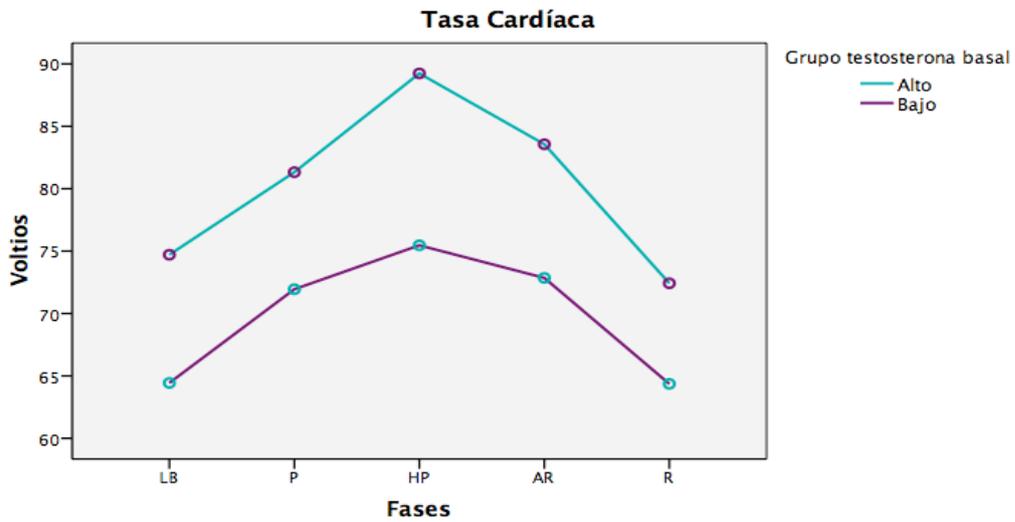
“Hablar en público” se diferencia del resto de fases excepto de la fase de “Aritmética”. La fase “Preparación” y “Aritmética” no se diferencian entre sí pero sí del resto, mientras que las fases “LB” y “Recuperación” no se diferencian entre sí, apreciándose una recuperación cercana a los valores basales. Para las mujeres, igualmente el ANOVA factorial reveló un efecto principal significativo para los factores Fases ($F[4, 52]= 13.243, p <.0001$) y Minutos ($F[4, 52]= 7.142, p <.007$). También muestra un efecto significativo para la interacción Fases x Minutos ($F[16, 208]= 10.685, p <.0001$). En la gráfica 12 se observa que las mujeres tienen mayor TC en la fase de “Hablar en público” seguida de la fase de “Preparación” y “Aritmética”, y menos en la “LB” y en la fase de “Recuperación”. La comparación por pares señala que no hay diferencias significativas entre la LB y la Recuperación y sí entre estas dos fases y el resto de fases, lo que nos indica que las mujeres recuperan los niveles basales. La fase de “Hablar en público” se diferencia de todas las fases excepto de la fase “Preparación”, y la fase de “Aritmética” sólo se diferencia significativamente de la fase de “Hablar en público”.



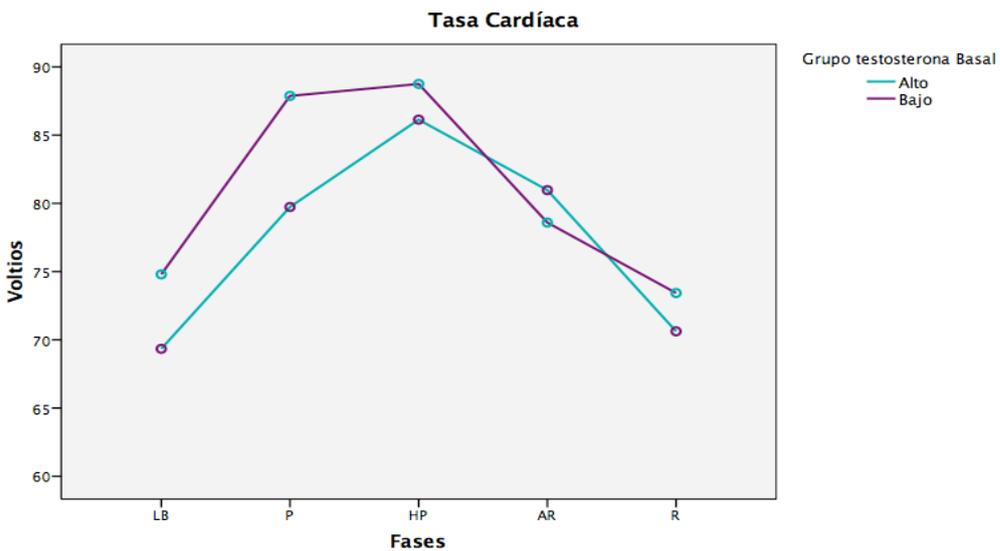
Gráfica 10. Respuesta de la TC en grupos alto y bajo en cortisol.

Conductancia Eléctrica de la Piel. El ANOVA factorial $2 \times (5 \times 5)$, con un primer factor de grupos independientes, Grupo (alto y bajo en las medidas hormonales), y dos factores de medidas repetidas, Fases (Línea de base (LB),

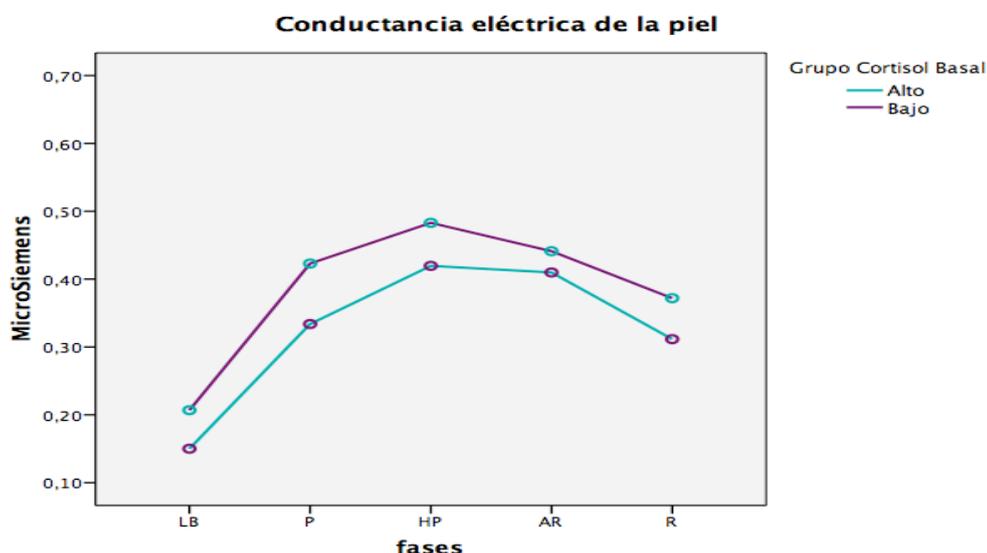
6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)



Gráfica 11. Respuesta de la TC en hombres altos y bajos en testosterona.



Gráfica 12. Respuesta de la TC en mujeres altas y bajas en testosterona.

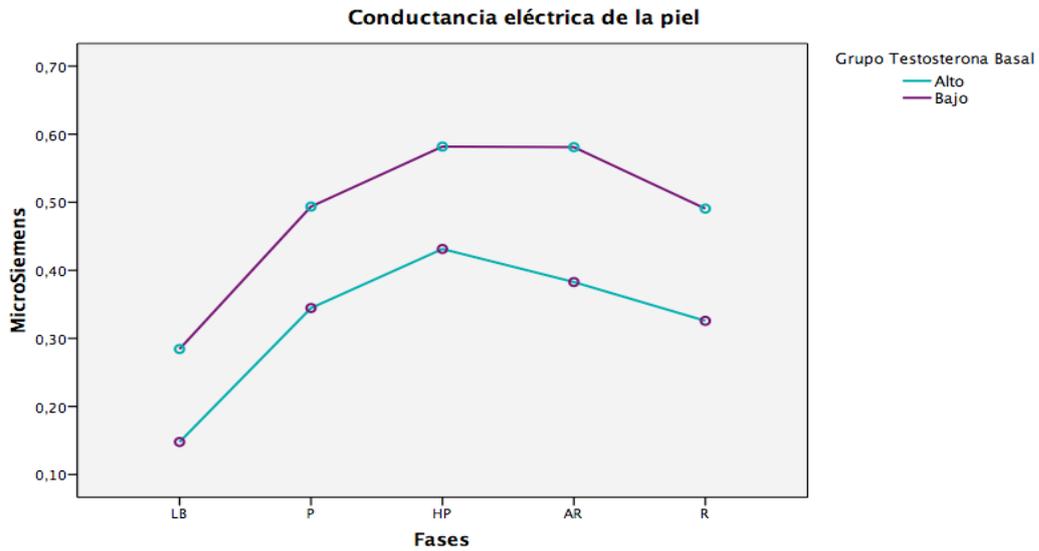


Gráfica 13. Respuesta de la SCR en grupos altos y bajos en cortisol.

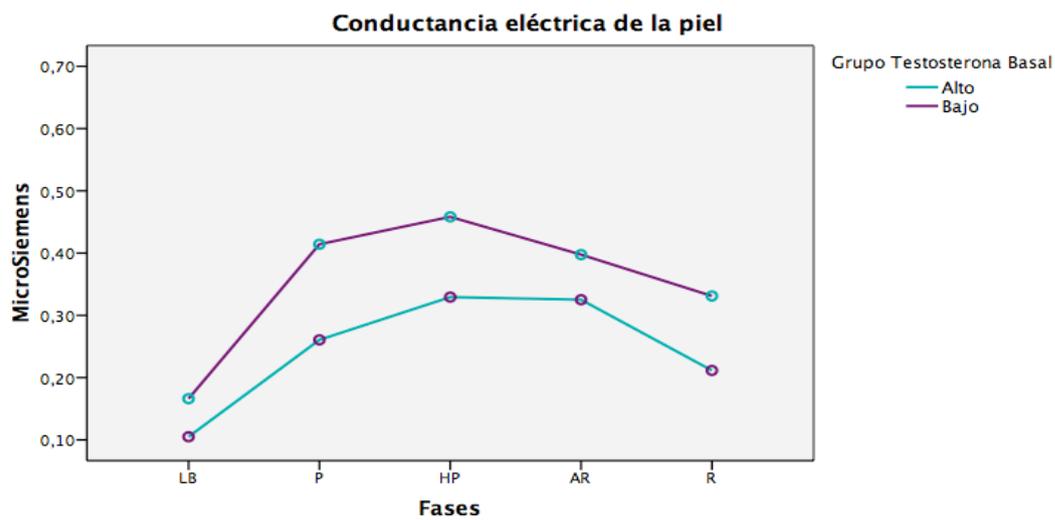
Preparación (P), Hablar en público (HP), Aritmética (AR) y Recuperación (R)) y Minutos (5 minutos de duración para cada fase), para las diferencias en cortisol reveló efectos significativos para el factor Fases ($F[4, 164]= 44.285, p <.0001$), el factor Minutos ($F[4, 164]= 23.534, p <.0001$) y la interacción Fases x Minutos ($F[16, 656]= 7.010, p <.0001$). En la gráfica 13 se observa como hay una mayor conductancia para la fase de “Hablar en público”, seguido de las fases “Aritmética”, ”Preparación” y ”Recuperación”. Donde se observa una menor conductancia es en la fase de ”LB”. La comparación por pares revela que la “LB” se diferencia de todas las demás fases de la tarea. La fase de “Hablar en público” se diferencia de todas las fases menos de “Aritmética”. No existe diferencias entre la fase ”Aritmética” y “Preparación”. No existen diferencias tampoco entre las fases de “preparación” y “Recuperación”, lo que puede estar indicando una falta de recuperación completa.

El ANOVA factorial 2 x (5 x 5), con un primer factor de grupos independientes Grupo (alto y bajo en las medidas hormonales), y dos factores de medidas repetidas, Fases (Línea de base (LB), Preparación (P), Hablar en público (HP), Aritmética (AR) y Recuperación (R)) y Minutos (5 minutos de duración para cada fase), para las diferencias en testosterona en hombres reveló efectos significativos para el factor Fases ($F[4, 80]= 26.927, p <.0001$), el factor Minutos ($F[4, 80]= 14.761, p <.0001$) y la interacción Fases x Minutos ($F[16, 320]= 4.208,$

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)



Gráfica 14. Respuesta de la SCR en hombres altos y bajos en testosterona.



Gráfica 15. Respuesta de la SCR en mujeres altas y bajas en testosterona.

$p < .005$). En la gráfica 14 se observa que la SCR tiene su menor valor en la “LB” y mayor valor en la fase “Hablar en público” seguida de la fase “Aritmética”. En la comparación por pares observamos que la LB se diferencia significativamente del resto de las fases y la fase “Hablar en público” se diferencia del resto de fases excepto de la tarea “Aritmética”. El resto de fases no se diferencian entre sí. En mujeres el ANOVA reveló un efecto principal significativo para los factores Fases ($F[4, 76] = 17.453, p < .0001$) y Minutos ($F[4, 76] = 10.022, p < .003$). La gráfica 15 muestra que las mujeres tienen mayor conductancia en la fase de “Hablar en público” seguida de las fases “Aritmética” y “Preparación”, y menos durante la “LB”. En el análisis de comparación por pares encontramos que la “LB” se diferencia significativamente del resto de las fases, mientras que la fase “Hablar en público” sólo se diferencia de la “LB” y la “Preparación”. La fase de “Aritmética” y la “Recuperación” sólo se diferencian significativamente de la LB.

6.4 Discusión

En nuestro estudio observamos que no existen diferencias entre los grupos altos y bajos en cortisol en las respuestas del eje HHA ante la tarea TSST, aunque sí se observa una tendencia a la significación. Tampoco se ha observado, ni en hombres ni en mujeres, diferencias entre los niveles bajos y altos en testosterona y los niveles de cortisol ante la tarea TSST.

Existen estudios que tampoco encontraron diferencias en la reactividad del cortisol en función de los niveles basales tanto del cortisol como de la testosterona. Respecto al cortisol, en un estudio donde se comparó hijos de padres bipolares (alto riesgo), los cuales tenían niveles más altos de cortisol durante el día en su entorno natural, con hijos de padres sin trastorno mental (bajo riesgo) y menor nivel de cortisol diurno, no encontraron diferencias entre los grupos en los niveles de cortisol reactivo ante una tarea de TSST (Ellenbogen y cols., 2006). Con roedores, también se ha visto que los niveles diarios de corticosterona en reposo no correlacionaron con la reactividad ante una situación de estrés. Los autores interpretaron este resultado como una ausencia de relación entre la actividad del eje HHA en reposo y la reactividad de este eje ante una situación estresante (Marquez, Nadal y Armario, 2005).

En relación a la testosterona, ante una tarea de estrés social de competición, sólo se observaron correlaciones negativas entre los niveles basales de testosterona

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

y los niveles reactivos del cortisol en los perdedores, al igual que encontraron una relación negativa entre la confianza en si mismo y la reactividad en cortisol en ganadores con altos niveles de testosterona basal. Estos autores concluyeron que las predisposiciones biológicas, como los niveles hormonales basales, y estados psicológicos personales, como el humor o la autoconfianza, interactúan en la regulación de la reactividad del cortisol ante una tarea de estrés social (Zilioli y Watson, 2013). Mehta y cols. (2008) encontraron en mujeres que la testosterona basal no correlacionó con la reactividad del cortisol ante una tarea de estrés social de competición. En hombres sí se encontró esta relación pero sólo en los altos en testosterona basal y dependiente del resultado de la competición, disminuyendo el cortisol sólo en los que ganaron. Estos datos vuelven a indicar la importancia de otros factores como el *status* que se alcance en la competición y otros factores psicológicos derivados de ésta.

Probablemente, en nuestro estudio la ausencia de resultados tanto para el cortisol como para la testosterona se deba al reducido número de participantes que componen los grupos hormonales altos y bajos, sobre todo con la testosterona que se analizó separadamente en hombres y mujeres.

Tampoco observamos un efecto de la tarea de estrés sobre los niveles de cortisol reactivo, de forma que no se produce el aumento esperado en los niveles de cortisol después de la tarea. Esto puede ser debido a las características del procedimiento utilizado en el Test de Estrés Social de Trier. En nuestro estudio, los participantes estaban sentados y solos delante de una cámara, por lo que la sensación de evaluación social pudo ser menor al percibir menor amenaza (Dickerson y Kemeny, 2004). Además, el experimentador entraba varias veces a la sala del participante para la colocación de la cámara, pudiendo estas interrupciones distraer a los participantes y sacarles del contexto de evaluación que conlleva esta tarea. Nuestro estudio tampoco controló otras variables personales relacionadas con la valoración cognitiva de la situación o la percepción de la autoconfianza en relación a la capacidad para hacer frente a la tarea. En un estudio donde se comparó la respuesta de estrés ante la tarea TSST entre participantes que habían sido entrenados en el manejo del estrés y controles, los autores concluyeron que los que habían recibido el entrenamiento tenían una respuesta más atenuada (Gaab y cols., 2003). Takahashi y cols. (2005) encontraron que la confianza personal correlacionó negativamente con elevaciones del cortisol después de la tarea TSST, de forma que personas con alta confianza manifestaban menor cortisol inducido

por el estrés, reduciéndose la respuesta endocrina ante estrés agudo.

Por otra parte, en nuestro estudio ha podido influir la imposibilidad de verificar que los participantes cumplieran efectivamente las directrices para controlar las variables extrañas que influyen en la actividad del eje HHA como, por ejemplo, la no privación de sueño el día anterior a la recogida de la muestra de saliva. Además, algunas variables, como haber fumado antes de la tarea, no se eliminaron totalmente, sino que se controlaron parcialmente (mediante la instrucción de estar sin fumar al menos 1 hora antes de la toma muestral), aunque Kirschbaum y cols. (1993) con la misma instrucción si obtuvieron reactividad del cortisol. Nuestro estudio tampoco controló el nivel de adicción de los participantes. Se sabe que el consumo regular de nicotina puede llevar a una elevación crónica de los niveles de cortisol con una reducida respuesta del eje HHA a estresores agudos (al'Absi, Wittmers, Erickson, Hatsukami y Crouse, 2003; Kirschbaum y cols., 1993; Kudielka y cols., 2009). Sí controlamos el consumo de excitantes pero no evaluamos en los participantes la ingesta puntual o crónica de alcohol. Aunque hay datos contradictorios, existen estudios que han indicado que el consumo crónico de alcohol lleva a niveles basales y reactivos de cortisol aplanados (p.e., Kudielka y cols., 2009; Lovallo, Dickensheets, Myers, Thomas y Nixon, 2000). Tampoco se controló que los participantes consumieran suplementos dietéticos. Aunque tampoco hay datos concluyentes del efecto de determinadas sustancias, como los complejos vitamínicos, en la respuesta del eje HHA al estrés agudo, hay indicios que este tipo de sustancias puede alterar los niveles de cortisol (Kudielka y cols., 2009).

Por otra parte, aunque sí controlamos la existencia de alguna experiencia traumática al menos en los últimos meses, no lo hicimos con las experiencias estresantes experimentadas con anterioridad o en la infancia. Cada vez hay más estudios que indican una influencia de estas experiencias en la reactividad del eje HHA ante estresores agudos en la edad adulta (Kudielka y cols., 2009). En un estudio con jóvenes con experiencias traumáticas en la infancia se encontró que estos presentaban una menor reactividad del cortisol en comparación a los jóvenes sin estas experiencias (Elzinga y cols., 2008).

En cuanto a las medidas psicofisiológicas de nuestro estudio, no encontramos diferencias entre participantes con altos y bajos niveles de cortisol en las respuestas fisiológicas durante la tarea TSST. Tampoco encontramos estas diferencias para la testosterona ni en hombres ni en mujeres. Estos datos no coinciden con

6. ESTILOS DEFENSIVOS EN HUMANOS. CORRELATOS NEUROENDOCRINOS Y PSICOFISIOLÓGICOS DURANTE LA TAREA DE ESTRÉS PSICOSOCIAL DE TRIER (TSST)

los hallazgos encontrados en un estudio reciente sobre la interacción entre el eje HHA y el SNS ante un estresor agudo como la tarea TSST, que sí apoyan nuestra hipótesis de partida. En este estudio sí se encontró indicios de la interacción inversa de estos dos sistemas ante estrés agudo: en presencia de una supresión en la actividad del eje HHA a través de la dexametasona aparecía un aumento en la actividad del SNS traducida en una mayor tasa cardíaca ante la tarea TSST. Los autores de estos estudios concluyeron que el SNS responde diferencialmente a un estresor agudo independientemente de la respuesta del eje HHA, existiendo una relación inversa entre los dos sistemas (Andrews y cols., 2012). Probablemente, no encontramos resultados en este sentido en nuestro estudio debido a la reducida muestra de participantes.

Sin embargo, sí encontramos efectos de la tarea sobre la tasa cardíaca y la conductancia. De esta forma, para nuestros participantes las fases de “Hablar en público” y “Aritmética” son las más estresantes, seguidas de la fase de “Preparación”, en comparación a la “Línea de base” y al período de “Recuperación”. Estos datos son consistentes con otros estudios que han observado tanto una mayor reactividad electrodérmica como un aumento en la tasa cardíaca durante el mismo tipo de tarea (Childs, Vicini y De Wit, 2006; Kirschbaum y cols., 1993; Kudielka y cols., 2004). Nuestros datos subjetivos también apuntan a una clara respuesta negativa ante la tarea (mayor desagrado, mayor activación y mayor pérdida de control). Por tanto, nuestros resultados negativos con respecto al papel de los niveles hormonales en la reactividad ante un estrés agudo no pueden deberse a la posible inadecuación de la tarea para activar los mecanismos neurofisiológicos del estrés.

Capítulo 7

Discusión General y Perspectivas Futuras

7.1 Discusión General

Los dos objetivos fundamentales de este trabajo fueron: 1) presentar y analizar dos nuevas metodologías, el análisis fásico del movimiento a través de la posturografía y el análisis de la respuesta motora a través de la estereovisión, para el estudio del comportamiento motor ante estímulos amenazantes o estresantes; y 2) estudiar en humanos los estilos defensivos propuestos por Korte y cols. (2005), mediante el registro de parámetros hormonales, psicofisiológicos y del movimiento. Así, la presente tesis doctoral está constituida por cuatro estudios secuenciados siguiendo la lógica que a continuación se detalla.

En primer lugar, queríamos ver si la plataforma era una herramienta útil para proporcionar índices posturográficos de las respuestas defensivas de acercamiento y de evitación, mediante un análisis fásico del movimiento en los ejes A-P y M-L ante imágenes de diferente contenido emocional (Estudio 1). De esta forma, encontramos que la posturografía no era una buena herramienta para captar las respuestas fásicas de acercamiento ante imágenes de valencia positiva y de evitación ante imágenes de valencia negativa. Hasta donde hemos podido revisar, este es el primer estudio que realiza un análisis fásico del desplazamiento del centro de presión a través de la posturografía. Como se muestra en los resultados de nuestro tercer estudio y en otros estudios anteriores en los que se llevaron a cabo análisis tónicos de los índices posturográficos (Azevedo y cols., 2005; Facchinetti y cols., 2006; Hagedaars y cols., 2012; Hillman y cols., 2004), la plataforma puede estar

7. DISCUSIÓN GENERAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

más indicada para el análisis de los estados emocionales en el contexto del estudio de las respuestas defensivas. Así, nuestras mujeres se mostraban más rígidas (frecuencia media como índice de inmovilidad) ante imágenes desagradables en comparación con las agradables y las neutrales.

A continuación, presentamos una nueva herramienta para el estudio de la reactividad motora ante estímulos estresantes, en este caso el sonido de defensa, a través del sistema de la estereovisión (Estudio 2). Con el segundo estudio aportamos una nueva técnica para el estudio de las respuestas motoras ante estímulos amenazantes o estresantes que salva las dificultades que conlleva el contexto de laboratorio y que tiene una gran validez ecológica. De esta forma, analizamos la respuesta de sobresalto con el EMG y con la estereovisión y los resultados de la validación de esta técnica evidenciaron que era una herramienta válida para el estudio de la reactividad motora. Específicamente, encontramos una estrecha relación entre el análisis electromiográfico y el análisis de la respuesta motora fina de un conjunto de músculos a través de la estereovisión. Hasta ahora recogíamos a través del EMG la medida indirecta de la actividad motora de diferentes músculos de forma aislada, con la estereovisión analizamos de forma directa los movimientos sutiles y finos (de pocos milímetros) del tronco y la cabeza en su conjunto. Así, la estereovisión es capaz de seguir el movimiento de diferentes puntos del cuerpo ante la presentación de un sonido intenso o aversivo. Hasta donde hemos podido saber, este estudio es el primero que ha utilizado esta herramienta para el estudio de la reactividad ante estímulos emocionales.

Para nuestro segundo objetivo se llevaron cabo dos estudios (Estudio 3 y 4). En el primero, expusimos a los participantes a dos situaciones estresantes, exposición al sonido de defensa y la visualización de imágenes de diferente contenido emocional, de forma consecutiva mientras registrábamos parámetros fisiológicos y del movimiento. Para comprobar la hipótesis de Korte y cols. (2005), clasificamos a los participantes en “palomas” y “halcones” en función de sus niveles basales de cortisol y testosterona, respectivamente, y estudiamos sus diferentes respuestas fisiológicas y del movimiento (Estudio 3).

En este estudio el cortisol se asoció a respuestas menos activas y a menor ira, aunque sólo el factor Activo (TIS) fue sensible en diferenciar significativamente las “palomas” de las “no palomas”. De esta forma, el grupo “palomas” mostraba significativamente menos respuestas activas que el grupo “no palomas”. Del mismo modo, en todos nuestros participantes, mayor nivel de cortisol se asoció

con una menor puntuación en el factor Ira (AQ). Estos resultados coinciden con los encontrados en estudios anteriores tanto con animales (Elzinga y Rotteveel, 2005; Hardy y cols., 2002; Nunez y cols., 1996; Takhishi y Rubin, 1993) como con humanos (Böhnk y cols., 2010; Buss y cols., 2004; Hawes y cols., 2009; Salvador y cols., 1999; Schmidt y cols., 1997).

En relación a los niveles de testosterona, en hombres se encontraron asociaciones parecidas a las encontradas para el cortisol. De esta forma, el factor Ira (AQ) se asoció negativamente con los niveles de testosterona, lo que indica que nuestros participantes con mayores niveles de testosterona puntuaban menos en ira. También observamos una asociación positiva entre los niveles de testosterona y la Mdn1 de la RCD, como esperábamos, los niveles aumentados de testosterona se asociaron con una menor actividad parasimpática. Al comparar estas variables entre “halcones” y “no halcones” no observamos diferencias significativas. En mujeres, sí observamos que niveles elevados de testosterona se asociaron con elegir con mayor frecuencia conductas activas como agresión verbal y buscar un arma para defenderse y con menor frecuencia conductas pasivas como amenazar con chillar. En la comparación entre los grupos “halcones” y “no halcones” sólo se observó una tendencia a la significación en la frecuencia con que las mujeres usan la agresión verbal.

Estas diferencias de género cuestionan la idea de la asociación generalizada entre testosterona y conductas activas como la agresividad, impulsividad o las conductas antisociales (Archer y cols., 2005; Chichinadze y cols., 2012; Hermans y cols., 2008). Algunos autores piensan que no todas las conductas agresivas dependen de los niveles de testosterona (Albert y cols., 1986) y que la testosterona no es el único determinante de este tipo de conducta, sino que factores cognitivos, experienciales, sociales y ambientales, además de la cronicidad del estresor y la exposición a la testosterona en el período crítico enmarcado dentro de los primeros días de vida, entre otros, median esta relación (Chichinadze y Chichinadze, 2008; Frahm y cols., 2011; Lumia y McGinnis, 2010; Simpson, 2001). También, cada vez hay más estudios que evidencian el efecto moderador del cortisol en la relación entre los niveles de testosterona y conductas más activas, de forma que niveles elevados de cortisol dificultan que las personas con altos niveles de testosterona se muestren más agresivas, impulsivas o cometan más conductas antisociales (Hawes y cols., 2009; Herrero y cols., 2010; Popma y cols., 2007; Terburg y cols., 2009; van Honk y Schutter, 2006). En nuestro estudio, tanto en hom-

7. DISCUSIÓN GENERAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

bres como en mujeres encontramos una correlación positiva entre los niveles de testosterona y los de cortisol siendo esta correlación más fuerte en hombres. Este resultado podría explicar que los niveles de testosterona sí facilitaba conductas más activas y agresivas en mujeres.

Ante el sonido de defensa, niveles altos de cortisol en nuestros participantes se asociaron con un movimiento más lento de la cabeza y el tronco en la dirección A-P analizado a través de la estereovisión, lo que podemos interpretar como una mayor inmovilidad, en la línea de nuestra hipótesis. No evidenciamos que las personas en el grupo “palomas” mostraran índices de movimiento más reducidos en comparación con el grupo “no palomas”.

En cuanto a la testosterona, ante el sonido de defensa, los hombres con niveles mayores de testosterona tardaban menos en alcanzar la velocidad máxima del tronco, y la cabeza realizaba un menor desplazamiento en la dirección A-P. Es decir, aunque el tronco se movía a mayor velocidad, la cabeza lo hacía a menor velocidad. No hubo diferencias entre los “halcones” y “no halcones” en estas medidas. En las mujeres con niveles más altos de testosterona, el tronco realizaba un menor desplazamiento en la dirección vertical, es decir, se movían a menor velocidad. Tampoco hubo diferencias entre los “halcones” y “no halcones” en estas medidas.

Estos resultados son consistentes con la propuesta de Korte y cols. (2005). Según estos autores, dentro de una misma especie hay dos subgrupos de individuos denominados “palomas” y “halcones”. Las palomas, ante una situación estresante, presentarían mayor reactividad del eje HHA, mayor tendencia a reaccionar con inmovilidad (IT/freezing) y mayor activación parasimpática. Los halcones, por el contrario, presentarían mayor reactividad del eje HHG, mayor tendencia a reaccionar activamente (agresividad/dominancia) y mayor activación simpática. Hasta el momento, solo un estudio había aportado datos consistentes con estos dos estilos de respuesta (de Medeiros, 2010).

Sin embargo, en nuestro estudio no se confirmaron gran parte de las asociaciones esperadas. Sí se encontraron algunas correlaciones con variables fisiológicas, pero contrarias a las esperadas. De esta forma, contrariamente a lo esperado, niveles de cortisol aumentados se asociaron con una primera aceleración cardíaca (Mdn1 de la RCD) más reducida y con una mayor respuesta de la conductancia eléctrica de la piel. La primera aceleración cardíaca de la respuesta cardíaca de defensa se ha interpretado en términos atencionales estando medi-

ada por la rama parasimpática del sistema nervioso autónomo, mientras que la conductancia eléctrica de la piel se ha interpretado en términos de activación generalizada estando mediada por la rama simpática del sistema nervioso autónomo, por lo que se esperaría que a mayores niveles de cortisol los participantes manifestaran una mayor aceleración cardíaca (Mdn1 de la RCD) y una menor conductancia. No encontramos las diferencias esperadas entre los grupos “palomas” y “no palomas” en las medidas de autoinforme de inmovilidad y ansiedad, como tampoco las encontramos en las otras medidas fisiológicas y posturográficas. Estos datos coinciden con los encontrados en otros estudios que han intentado relacionar las respuestas de diferentes sistemas alostáticos ante un estímulo amenazante o estresante, tanto en animales como en humanos, donde no han encontrado los resultados esperados o éstos eran contradictorios (Engert y cols., 2010; Gerra y cols., 2001; Landgraf y cols., 2007; Leininger y Skeel, 2012; McCann y cols., 1993; Salvador y cols., 1999; Vedhara y cols., 2003; Márquez y cols., 2004, 2005).

En cuanto a la testosterona, no encontramos la asociación esperada entre medidas de actividad e impulsividad y testosterona, como tampoco la encontramos para las medidas fisiológicas y posturográficas. Tampoco encontramos diferencias entre “halcones” y “no halcones” en estas medidas. Estos datos coinciden con otros estudios que apuntan a una ausencia de relación entre los niveles de testosterona y las respuestas de diferentes sistemas alostáticos a estresores (Blanco y cols., 2001; de Medeiros, 2010; Fry y cols., 2011; Giotakos y cols., 2005; Takshi y cols., 2011; Yildirim y Derksen, 2012).

Nuestro cuarto estudio tenía como objetivo examinar las diferencias en la respuesta del eje HHA en participantes clasificados como “halcones” y “palomas” ante un estresor social (el Test de Estrés Social de Trier, TSST; Kirschbaum y cols., 1993). Aunque la tarea resultó estresante y provocó respuestas tanto a nivel subjetivo como a nivel cardíaco y de la actividad eléctrica de la piel, no consiguió provocar la reactividad esperada en el eje HHA ni la diferenciación entre los grupos. Estos resultados pueden ser debidos al procedimiento metodológico utilizado, ya que diseñamos una adaptación de la tarea TSST distinta de la original, así como a la presencia de posibles variables extrañas no controladas. No obstante, existen estudios que han encontrado datos que sugieren, como en nuestro caso, una falta de relación entre niveles de cortisol y testosterona basales y la reactividad del eje HHA ante una tarea de estrés social (Ellenbogen y cols., 2006; Mehta y cols., 2008; Ziliolo y Watson, 2013).

7. DISCUSIÓN GENERAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

7.2 Conclusiones

De los trabajos presentados en esta tesis se desprenden las siguientes conclusiones generales:

1. La plataforma de fuerza no es una herramienta válida para el estudio fásico del movimiento como índice de respuesta de acercamiento y evitación ante estímulos de diferente contenido emocional.
2. La estereovisión se confirma como una herramienta válida para el estudio de las respuestas motoras ante estímulos amenazantes o estresantes.
3. Los datos de nuestro estudio 3 apuntan a que existen, en humanos, dos estilos defensivos (“palomas” y “halcones”) en la dirección señalada por Korte y cols. (2005). Las medidas que han resultado más sensibles para diferenciar “palomas” y “halcones” han sido las medidas de autoinformes (TIS, AQ y ED), la Respuesta Cardíaca de Defensa y la Estereovisión. El resto de medidas de autoinforme, psicofisiológicas, posturográficas y hormonales no fueron capaces de diferenciar a los dos grupos.
4. La tarea de estrés social TSST utilizada en el estudio 4 no fue sensible en diferenciar los grupos “palomas” y “halcones”.
5. En general, nuestros datos hormonales apoyan la idea del rol moderador de la relación entre los niveles de cortisol y testosterona sobre las tendencias conductuales reactivas y proactivas.

7.3 Limitaciones y Perspectivas Futuras

Las limitaciones de nuestro trabajo, junto con posibles soluciones de cara a investigaciones futuras, se resumen en los siguientes puntos:

1. El hecho de que nuestros resultados no sean concluyentes con respecto a la existencia de dos estilos de respuesta defensivos puede estar indicando que el criterio elegido para seleccionar a los grupos en función de sus niveles hormonales basales no sea el más adecuado. Aunque existe literatura que indica que los niveles hormonales basales pueden predecir las respuestas ante los estresores, puede que no sea el mejor criterio para identificar y agrupar a los participantes. Además, Korte y cols. (2005) diferenciaron las “palomas”

y los “halcones” en función de su reactividad y no en función de sus rasgos, teniendo en cuenta factores comportamentales y fisiológicos que no hemos tenido en cuenta en nuestro trabajo. Por otra parte, estos autores no explicitan que las “palomas” tengan niveles bajos de testosterona (además de niveles altos de cortisol) y los “halcones” niveles bajos en cortisol (además de niveles altos de testosterona). Por tanto, teniendo en cuenta que existen datos que muestran la influencia entre sí de estas dos hormonas a la hora de responder a un estresor, en un futuro se deberían comparar “palomas” con “halcones” controlando los niveles de testosterona y cortisol, respectivamente, de forma que se comparen cuatro grupos: 1) altos en cortisol-bajos en testosterona; 2) altos en testosterona – bajos en cortisol; 3) altos en cortisol - altos en testosterona; y 4) bajos en cortisol - bajos en testosterona. En nuestro estudio, debido a la limitada muestra, sólo pudimos comparar “palomas” y “halcones” de los que no lo eran, sin tener en cuenta los niveles de testosterona y cortisol, respectivamente. La limitada muestra también pudo ser la responsable de la ausencia de datos confirmatorios en muchas medidas, especialmente cuando diferenciamos los grupos en función de la testosterona en las variables posturográficas, electromiográficas y la estereovisión.

2. Se sabe que las características de los estresores que activan los ejes HHA y HHG son diferentes. En nuestro estudio utilizamos la tarea TSST que provoca específicamente reactividad de cortisol. Se hace necesario completar este estudio utilizando tareas de estrés con un fuerte componente de competitividad, para diferenciar a los grupos según la reactividad del eje HHG.
3. Tanto el factor añadido Activo de la Escala de Inmovilidad Tónica (TIS) como el cuestionario de Estilos Defensivos (ED) son medidas de autoinforme no validadas en población española, lo que implica que los resultados obtenidos con estas herramientas deben ser valorados con cautela. Además, el ED, al no basarse en una experiencia real vivida, puede estar influenciado por la cultura pudiendo provocar una tendencia de respuesta hacia la deseabilidad social en nuestros participantes.
4. Para las medidas hormonales, no tuvimos en cuenta una serie de variables extrañas, ni pudimos controlar que los participantes se ajustaran a las indi-

7. DISCUSIÓN GENERAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

caciones proporcionadas por el investigador, lo que pudo influir en la falta de reactividad del cortisol ante la tarea TSST así como en los resultados generales del estudio.

5. No tuvimos en cuenta otros factores que han mostrado en la literatura científica que influyen en la reactividad de los diferentes sistemas alostáticos ante un estresor. Así, por ejemplo, no tuvimos en cuenta factores relacionados con la exposición a determinadas hormonas en el período crítico enmarcado dentro de los primeros días de vida, la vivencia de un estresor crónico en el pasado menos inmediato o estados psicológicos personales como el estado de ánimo o la autoconfianza ante el estresor.

La investigación futura deberá subsanar las limitaciones señaladas.

Capítulo 8

International Ph.D.

8.1 Abstract

How we confront stressful situations and what strategies we use to face threat efficiently and with minimum health risks is a question that has been tantalizing researchers since the first studies on stress and defensive responses. Answers to these questions remain elusive or even contradictory. In addition, there is little consensus among the academic community on whether specific stress response patterns exist and can be used to differentiate between groups of individuals or even be considered as concrete risk factors for stress related disorders.

Several researchers accept that stress responses and their consequences depend on the characteristics of the stressful event as well as on individual differences (e.g., Andersen, Bignotto, Machado & Tufik, 2004). In animal literature two fundamental theoretical models have gained ground: the Defensive Cascade Model (e.g., Blanchard & Blanchard, 1989; Fanselow, 1994; Ratner, 1970), and the Individual Differences Model (e.g., Koolhaas, 2008; Korte, Koolhaas, Wingfield & McEwen, 2005). Although controlled laboratory settings are not suitable for allowing the manifestation of defensive cascades, certain efforts have been made to extrapolate this model to humans (e.g., Bradley & Lang, 2000; Lang, 1995). In this context, due to laboratory limitations the study of motor reactivity to stressful events has been neglected. In animal research, however, direct motor behavior is one of the main measures of defensive responses (Carré, McCurmick & Hariri, 2011). Therefore, the absence of human motor reactivity studies makes it even more difficult to extrapolate results from animal studies to humans. From an Individual Differences perspective, models related to *Coping Theory* have tried

8. INTERNATIONAL PH.D.

to shed light on how people differ in the ways they confront stressful situations (Skinner, Edge, Altman & Sherwood, 2003). An alternative to the study of defensive responses from this perspective, is to investigate the possible extrapolation of the proactive and reactive personality styles described in animal literature as *Hawks* and *Doves* to humans (Korte et al., 2005). This dissertation has two objectives: first, to contribute two innovative methodological tools designed to facilitate the study of human motor responses to stressful or threatening stimuli; second, to examine whether the two main defensive styles observed in animals are present in humans (Korte et al., 2005). Towards this end, we study hormonal, psychophysiological, motor, postural, personality, and emotional responses associated to these two types of defensive styles.

In the first study we examine and describe the concepts of stress, allostasis, and defensive responses. We also describe the main allostatic mechanisms or systems that are activated when confronting a threat and are traditionally studied in the field, and present two new allostatic systems: *posturography* and *stereo-vision* motion tracking. The chapter ends with a description of the two fundamental explanatory models for the responses of organisms to stressors or threat.

In chapter 2, we present in detail the objectives and main hypotheses investigated in the dissertation.

In chapters 3 and 4, we present our first two studies aiming to: a) introduce posturography for the measurement of phasic postural responses and examine whether it is useful for assessing emotional reactivity (chapter 3), and b) introduce and validate a new tool based on stereo-vision for the quantification of movement in emotional contexts under strict laboratory conditions (chapter 4). In the first study, we concluded that posturography might not be an adequate tool to measure phasic approach-avoidance responses to emotional stimuli. Specifically, we observed a posterior movement (backward leaning) to pictures from all three emotional categories (pleasant, neutral, unpleasant). Gender differences revealed that females exhibit an increased posterior deviation from postural equilibrium as response to aversive stimuli. In the second study we demonstrated that stereo-vision motion tracking is a valid instrument for the assessment of whole-body motor responses to stressful or threatening stimuli. Specifically, we have been able to detect and quantify at millimeter precision fine movements in the head, shoulders and chest resulting from the presentation of a startle acoustic stimulus. The two studies mentioned above were published in well-established,

peer-reviewed academic journals.

Chapters 5 and 6 present the two studies conducted to test whether the two defensive styles proposed by Korte et al. (2005) are manifested in human behavior. Chapter 5 describes our third study that examines if individuals classified as *hawks* and *doves* based on their baseline hormonal levels, exhibit psychophysiological, postural, motor and emotional responses in line with the prediction by Korte et al. (2005). Chapter 6 presents our fourth and last study where we examined whether individuals classified as *hawks* and *doves* based on a social stress task (The Trier Social Stress Test (TSST), Kirschbaum, Pirke & Hellhammer, 1993) exhibit neuroendocrinological and psychophysiological responses in agreement to the Korte et. al. (2005) predictions. Results obtained in the third study (chapter 5) demonstrated the existence of two distinctive defensive styles in humans, but not all measures were sensitive enough to differentiate among the two groups (*hawks* and *doves*). Specifically, the measures that were able to distinguish the two groups were self-report scales (TIS, AQ and ED), the cardiac defense response, and stereo-vision motion tracking. The results of the fourth study (chapter 6) indicate that the social stress task is not capable of distinguishing the two defensive response patterns.

Likewise, our data support the findings in the scientific literature pointing to the moderating effect that the relationship between the levels of cortisol and testosterone exerts over behavioral tendencies.

Finally, a general discussion is presented in chapter 7 on the findings of the different studies that have been carried out, as well as their implications, limitations and venues for future research.

8.2 Conclusions

Based on the findings of this dissertation we can reach the following conclusions:

1. Posturography via a force platform using the specific experimental arrangements we describe in our study is not valid for assessing phasic responses of approach/avoidance to emotional pictorial stimuli.
2. Stereo-vision motion tracking is an efficient tool for non-invasively measuring whole-body responses to stressful or threatening stimuli under controlled laboratory settings.

8. INTERNATIONAL PH.D.

3. We can identify two distinct defensive styles in humans: *hawks* and *doves*. Measures that prove sensitive to capture the characteristics of these contrasting styles are self-reports (TIS, AQ and ED), the cardiac defense response, and whole-body motor responses.
4. The social stress task (TSST) is not sensitive enough to distinguish between *hawks* and *doves*.
5. In general, our hormonal data support the idea that the relation between cortisol and testosterone levels moderate behavioral tendencies.

Capítulo 9

Bibliografía

- Adkin, A.L., Frank, J.S., Carpenter, M.G. y Peysar, G.w. (2000). Postural control is scaled to level of postural threat. *Gait & Posture*, 12, 87-93.
- Albert, D.J., Walsh, M.L., Gorzalka, B.B., Siemens, Y. y Louie, H. (1986). Testosterone removal in rats results in a decrease in social aggression and a loss of social dominance. *Physiology & Behavior*, 36(3), 401-407.
- al'Absi, M., Wittmers, L.E., Erickson, J., Hatsukami, D., Crouse, B., (2003). Attenuated adrenocortical and blood pressure responses to psychological stress in ad libitum and abstinent smokers. *Pharmacology Biochemistry Behavior*, 74(2), 401-410.
- Andersen, M.L., Bignotto, M., Machado, R.B. y Tufik, S. (2004). Different stress modalities result in distinct hormone responses by male rats. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37, 791-797.
- Andrews, J., D'Aguiar, C. y Pruessner, J.C. (2012) The Combined Dexamethasone/TSST Paradigm – A New Method for Psychoneuroendocrinology. *PLoS ONE* 7(6).
- Archer, J. (2006). Testosterone and human aggression: An evaluation of the challenge hypothesis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30, 319-345.
- Archer, J., Graham-Kevan, N., Davies, M. (2005). Testosterone and aggression: a reanalysis of Book, Starzyk and Quinsey's (2001) study. *Aggress. Violent*

9. BIBLIOGRAFÍA

- Behav. 10*, 241-261
- Arregger, A.L., Contreras, L.N., Tumilasci, O.R., Alquilano, D.R. y Cardoso, E.M.L. (2007). Salivary testosterone: a reliable approach to the diagnosis of male hypogonadism. *Clinical Endocrinology*, *67*(5), 656-662.
- Azevedo, T.M., Volchan, E., Imbiriba, L.A., Rodrigues, E.C., Oliveira, J.M., Oliveira, L.F., Lutterbach, L.G. y Vargas, C.D. (2005). A freezing-like posture to pictures of mutilation. *Psychophysiology*, *42*, 255-260.
- Bados, A., Toribio, L. y García-Grau, E. (2008). Traumatic event and Tonic Immobility. *The Spanish Journal of Psychology*, *11*(2), 516-521.
- Bain, J. (2007). The many faces of testosterone. *Clinical Interventions in Aging*, *2*(4), 567-576.
- Balaban, M.I. (1995). Affective influences on startle in five-month-old infants: Reactions to facial expressions of emotion. *Child Development*, *66*, 28-36.
- Balaguer García, R., Pitarch Corresa, S., Baydal Bertomeu, J.M. y Morales Suárez-Varela, M.M. (2012). Static Posturography with dynamic tests. Usefulness of biomechanical parameters in assessing vestibular patients. *Acta Otorinolaringológica Española*, *63*(5), 332-338.
- Baucom, D.H., Besch, P.K. y Callahan, S. (1985). Relation between testosterone concentration, sex role identity and personality among females. *Journal of Personality and Social Psychology*, *48*, 1218-1226.
- Bayart, F., Hayashi, K.T., Faull, K.F., Barchas, J.D. y Levine, S. (1990). Influence of maternal proximity on behavioral and physiological responses to separation in infant Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Behavioral Neuroscience*, *104*(1), 98-107.
- Bermúdez, J. (1978a). Análisis funcional de la ansiedad. *Revista de Psicología General y Aplicada*, *153*, 617-634.
- Bermúdez, J. (1978b). Ansiedad y rendimiento. *Revista de Psicología General y Aplicada*, *151*, 183-207.
- Bernhardt, P.C., Dabbs, J.M. Jr., Fielden, J.A. y Lutter, C.D. (1998). Testos-

-
- terone changes during vicarious experiences of winning and losing among fans at sporting events. *Physiology & Behavior*, 65(1), 59-62.
- Bizzo, G., Guillet, N., Patat, A. y Gagey, P.M. (1985). Specifications for building a vertical force platform designed for clinical stabilometry. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 23, 474-476.
- Blanchard D.C. (1997). Stimulus and environmental control of defensive behaviors. En: M. Bouton y M. Fanselow, (Eds.). *The functional behaviorism of Robert C. Bolles: Learning, motivation and cognition* (PP. 283-305). Washington, DC: American Psychological Association.
- Blanchard D.C. y Blanchard R.J. (1988). Ethoexperimental approaches to the biology of emotion. *Annual Review Psychology*, 39, 43-68.
- Blanchard, R.J. y Blanchard, D.C. (1989). Attack and defense in rodents as ethoexperimental models for the study of emotion. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 13, 3-14.
- Blanchard, R. y Blanchard, D. (1969). Passive and active reactions to fear-eliciting stimuli. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 68, 129-135.
- Blanchard, D.C, Hynd, A.L., Minke, K.A., Minemoto, T. y Blanchard, R.J. (2001). Human defensive behaviors to threat scenarios show parallels to fear- and anxiety-related defense patterns of non-human mammals. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25, 761-770.
- Blanco, C., Ibáñez A., Blanco-Jerez.,C.R., Baca-Garcia,E., Sáiz-Ruiz., J. (2001). Plasma testosterone and pathological gambling. *Psychiatry Research*, 105, 117-121.
- Blumenthal, T.D., Cuthbert, B.N., Filion, D.L., Hackley, S., Lipp, O.L. y Boxtel, A.V. (2005). Committee report: Guidelines for human startle eyeblink electromyographic studies. *Psychophysiology*, 42, 1-15
- Boffino, C.C., Cardoso de Sa, C.S., Gorenstein, C., Brown, R.G., Basile, L.F.H. y Ramos, R.T. (2009). Fear of heights: cognitive performance and postural control. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 259, 114-

9. BIBLIOGRAFÍA

119.

Böhnke, R., Bertsch, K., Kruk, M. R. y Naumann, E. (2010). The relationship between basal and acute HPA axis activity and aggressive behavior in adults. *Journal of Neural Transmission*, 117(5), 629-637.

Bolles, R.C. (1970). Species-species defense reactions and avoidance learning. *Psychological Review*, 77(1), 32-48.

Boniver, R. (1989). Posture et posturographie. *Acta Otorhinoloryngol Belg.*, 43, 593-597.

Bouguet, J.Y. (2007). *Camera Calibration Toolbox for Matlab*. Disponibles en: http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/

Bradley, M.M. (2000). Emotion and motivation. En J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary y G.G. Bernston (Eds.). *Handbook of psychophysiology* (pp. 602-642). New York: Cambridge University Press.

Bradley, M. (2009). Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46, 1-11.

Bradley, M.M., Codispoti, M., Cuthbert, B.N. y Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1, 276-298.

Bradley, M., Codispoti, M., Sabatinelli, D. y Lang, P. (2001). Emotion and motivation II: Sex differences in picture processing. *Emotion*, 1, 300-319.

Bradley, M. y Lang, P. (1994). Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.

Bradley, M.M. y Lang, P.J. (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, 37, 204-207.

Bradley, M.M., Lang, P.J. y Cuthbert, B.N. (1993). Emotion, novelty, and the startle reflex: Habituation in humans. *Behavioral Neuroscience*, 107(6), 970-980.

-
- Bradley, M.M. y Sabatinelli, D. (2003). Startle methods in neuropsychology. En H. Kenneth (ed), *Experimental methods in neuropsychology* (pp. 65-86). Springer
- Brambilla, D.J., Matsumoto, A.M., Araujo, A.B. y McKinlay, J.B. (2009). The effect of diurnal variation on clinical measurement of serum testosterone and other sex hormone levels in men. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *94*(3), 907-913.
- Brandstädter J., Baltes-Götz B., Kirschbaum C. y Hellhammer D. (1991). Developmental and personality correlated of adrenocortical activity as indexed by salivary cortisol: Observations in the age range of 35 to 65 years. *Journal of Psychosomatic Research*, *35*, 173-185.
- Bronstein, A.M. (2003). Benign paroxysmal positional vertigo: Some recent advances. *Current Opinion in Neurology*, *16*, 1-3.
- Buckley, T.M. y Schatzberg, A.F. (2005). On the interactions of the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis and sleep: Normal HPA axis activity and circadian rhythm, exemplary sleep disorders. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *90*(5), 3106-3114.
- Buss, K.A, Davidson, R.J., Kalin, N.H. y Goldsmith, H.H. (2004). Context-specific freezing and associated physiological reactivity as a dysregulated fear response. *Developmental Psychology*, *40*(4), 583-594.
- Buss, A.H. y Perry, M. (1992). The aggression questionnaire. *Journal of Personality and Social Psychology*, *63*, 452-459
- Cannon, W.B. (1929). *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Cannon, W.B. (1932). *The Wisdom of the Body*. New York: W.W. Norton & Company.
- Cannon, W. (1935). Stress and strains of homeostasis. *Am. J. Med. Sci.*, *189*, 1-14.
- Cardoso, E.M.L., Contreras, L.N., Tumilasci, E.G., Elbert, A., Aguirre, E.C.,

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aquilano, D.R. y Arregger, A.L. (2011). Salivary testosterone for the diagnosis of androgen deficiency in end-stage renal disease. *Nephrol Dial Transplant*, *26*(2), 667-683.
- Carli, G., Farabollini, F. y Lupo Di Pristo, C. (1979). Plasma corticosterone and its relation to susceptibility to animal hypnosis in rabbits. *Neuroscience Letters*, *11*, 271-274.
- Carpenter, M.G., Frank, J.S., Silcher, C.P. y Peysar, G.W. (2001). The influence of postural threat on the control of upright stance. *Experimental Brain Research*, *138*, 210-218.
- Carré J.M., McCormick, C.M. y Hariri. A.R. (2011). The social neuroendocrinology of human aggression. *Psychoneuroendocrinology*, *36*,935-944.
- Carvalho, J., da Rocha, A., Nascimento, F., Souza Neto, J. y Junqueira, L. (2002). Development of a Matlab software for analysis of heart rate variability. In B. Yuan & X. Tang (Eds), *6th International Conference on Signal Processing (Vol.2, pp.1488-1492)*. Beijing, China: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Caswell, T. A., Bosson, J. K., Vandello, J. A. y Sellers, J. G. (2013). Testosterone and men's stress responses to gender threats. *Psychology of Men & Masculinity*. Advance online publication/No pagination specified. doi: 10.1037/a0031394
- Charmandari, E., Tsigos, C. y Chrousos, G. (2005). Endocrinology of The Stress Response. *Annual Review of Physiology*, *67*, 259-284.
- Chiari, L., Rocchi, L. y Cappello, A (2002). Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics*, *17*, 666-677.
- Chichinadze, K. y Chichinadze, N. (2008). Stress-induced increase of testosterone: Contributions of social status and sympathetic reactivity. *Physiology & Behavior*, *94*, 595-603.
- Chichinadze, K.N., Domianidze, T.R., Matitaishvili, T.Ts., Chichinadze, N.K. y Lazarashvili, A.G. (2010). Possible relation of plasma testosterone level to aggressive behavior of male prisoners. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, *149*(1), 7-9.

-
- Chichinadze, K., Lazarashvili, A., Chichinadze, N. y Gachechiladze, L. (2012). Testosterone dynamics during encounter: role of emotional factors. *Journal of Comparative Physiology A*, 198 (7),485-494
- Childs, E., Vicini, L.M. y De Wit, H. (2006). Responses to the Trier Social Stress Test (TSST) in single versus grouped participants. *Psychophysiology*, 43(4),366-371.
- Clow, A. (2004). Cortisol as a biomarker of stress. *Journal of holistic healthcare*, 1 (3), 10-14.
- Chrousos, G.P., (2009). Stress and disorders of the stress system. *Nature Reviews Endocrinology*, 5, 374–381.
- Chrousos, G.P. y Gold, P.W., (1992). The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis. *Journal of the American Medical Association*, 267, 1244–1252.
- Clow, A., Edwards, S., Owen, G., Evans, G., Evans, P., Hucklebridge, F. y Casey, A. (2006). Post-awakening cortisol secretion during basic military training. *International Journal of Psychophysiology*, 60, 88-94.
- Cobos, P., García, C., Ríus, F. y Vila, J. (2002). Modulación Emocional de la respuesta de Sobresalto. *Psicothema*, 14(1), 106-111
- Coccaro, E.F., Beresford, B., Minar, P., Kaskow, J., Geraciotti, T.(2007). CSF testosterone: relationship to aggression, impulsivity, and venturesomeness in adult males with personality disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 41(6),488–492.
- Codispoti, M., Gerra, G., Montebanocci, O., Zaimovic, A., Raggi, M.A. y Baldaro, B. (2003). Emotional perception and neuroendocrine changes. *Psychophysiology*, 40(6), 863-868.
- Collado Vázquez, S. (2005). Métodos de estudio de la marcha. En: S., Collado Vázquez, C., Pérez García y J.M., Carrillo Esteban. *Motricidad. Fundamentos y aplicaciones* (p.p. 281-288.). Madrid: Dykinson.
- Cook, E.W. III (1994). *VPM Reference Manual [Computer software]*. Birmingham-

9. BIBLIOGRAFÍA

- ham, Alabama: Author.
- Cook, E.W. III y Turpin, G. (1997). Differentiating orienting, startle, and defense response: The role of affect and its implications for psychopathology. En P.J. Lang, R.F. Simons, y M.T. Balaban (Eds.), *Attention and orienting* (pp. 137-164). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Cuthbert, B.N., Schupp, H.T., Bradley, M.M., McManis, M. y Lang, P.J. (1998). Probing affective pictures: Attended startle and tone probes. *Psychophysiology*, *35*, 344-347.
- Dabbs Jr, J.M. y Hopper, C.H. (1990). Cortisol, arousal, and personality in two groups of normal men. *Personality and Individual Differences*, *11* (9),931-935.
- Daly, W., Seegers, C.A., Rubin, D.A., Dobridge, J.D. y Hackney, A.C. (2005). Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *93*(4),375-380.
- Davis, M. (1992). The role of amygdala in fear-potentiated startle: Implications for animal models of anxiety. *Trends in Pharmacological science*, *13*, 35-41.
- Davis, M. (1997). The neurophysiological basis of acoustic startle modulation: Research on fear motivation and sensory gating. En P.J. Lang, R.F. Simons y M.T. Balaban (Eds.), *Attention and orienting: Sensory and motivational processes* (pp. 69-96). London: Lawrence Erlbaum.
- Davis, J.R., Campbell, A.D., Adkin, A.L. y Carpenter, M.G. (2009). The relationship between fear of falling and human postural control. *Gait & Posture*, *29*, 275-279.
- Davis, M. y Lang, P.J. (2001). Emotion: Integration of animal and human data and theory. En. M. Gallagher y R.J. Nelson (Eds.), *Comprehensive grandbook of psychology: Biological Psychology* (Vol.3). New York: Wiley.
- Davis, S.R. y Tran J. (2001). Testosterone influences libido and well being in women. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, *12* (1), 33-37.
- de Medeiros, T. (2010). *Predisposições Individuais e Correlatos Neuro-endócrinos*. (Disertación de Maestría). Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil

-
- Dickerson, S.S. y Kemey, M.E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin*, *130*(3), 355-391.
- Dillon, D.G. y LaBar, K.S. (2005). Startle modulation during conscious emotion regulation is arousal-dependent. *Behavioral Neuroscience*, *119*(4), 1118-1124
- Diver, M.J., Imtiaz, K.E., Ahmed, A. M., Vora, J.P. y Fraser, W.D. (2003). Diurnal rhythms of serum total, free and bioavailable testosterone and of SHBG in middle-aged men compared with those in young men. *Clinical Endocrinology*, *58*, 710-717.
- Dolan, M., Anderson, I.M. y Deakin, J.F. (2001). Relationship between 5-HT function and impulsivity and aggression in male offenders with personality disorders. *British Journal of Psychiatry*, *178*, 352-358.
- Eder, A. y Rothermund, K. (2008). When do motor behaviors (mis)match affective stimuli? An evaluative coding view of approach and avoidance reactions. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137*, 262-281.
- Edwards, S., Clow, A., Evans, P. y Hucklebridge, F. (2001). Exploration of the awakening cortisol response in relation to diurnal cortisol secretory activity. *Life Sciences*, *68*(18), 2093-2103.
- Ehrlichman, H., Brown, S., Zhu, J. y Warrenburg, S. (1995). Startle reflex modulation during exposure to pleasant and unpleasant odors. *Psychophysiology*, *32*, 150-154.
- Eilam, D. (2005). Die hard: A blend of freezing and fleeing as a dynamic defense implications for the control of defensive behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *29*, 1181-1191.
- Eilam, D., Dayan, T., Ben-Eliyahu, S., Schulman, I., Shefer, G. y Hendrie, C.A., (1999). Differential behavioural and hormonal responses of voles and spiny mice to owl calls. *Animal Behavior*, *58*(5), 1085-1093.
- Eisenegger, C., Haushofer, J. y Fehr, E. (2011). The role of testosterone in social interaction. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(6), 263-271.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Elliot, A. (2008). *Handbook of approach and avoidance motivation*. New York: Psychology Press.
- Ellenbogen, M.A., Hodgins, S., Walker, C-D., Couture, S. y Adam, S. (2006). Daytime cortisol and stress reactivity in the offspring of parents with bipolar disorder. *Psychoneuroendocrinology*, *31*,1164-1180.
- Elzinga, B.M. y Roelofs, K. (2005). Cortisol-induced impairments of working memory require acute sympathetic activation. *Behavioral Neuroscience*, *119*(1), 98-103.
- Elzinga, B.M., Roelofs, K., Tollenaar, M.S., Bakvis, P., van Pelt, J. y Spinhoven, P. (2008). Diminished cortisol responses to psychosocial stress associated with lifetime adverse events A study among health young subjects. *Psychoneuroendocrinology*, *33*(2),227-237.
- Engert, V., Efanov, S.I., Dedovic, K., duchesne, A., Dagher, A. y Pruessner, J.C. (2010). Perceived early-life maternal care and the cortisol response to repeated psychosocial stress. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, *35*(6), 370-377.
- Facchinetti, L.D., Imbiriba, L.A., Azevedo, T.M., Vargas, C.D. y Volchan, E. (2006). Postural modulation induced by pictures depicting prosocial or dangerous contexts. *Neuroscience Letters*, *410*, 52-56.
- Fanselow, M.S. (1994). Neural organization of the defensive behavior system responsible for fear. *Psychonomic Bulletin & review*, *1*(4),429-438.
- Fanselow, M.S., y Lester, L.S. (1988). A functional behavioristic approach to aversively motivated behavior: Predatory imminence as a determinant of the topography of defensive behavior. En R.C. Bolles y M.D. Beecher (Eds.), *Evolution and learning* (pp. 185- 211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fernández, M.C. (1986). Técnicas de psicofisiología. En A. Blanco (Ed.), *Apuntes de Psicodiagnóstico* (pp. 470-499). Valencia, España: Promolibro.
- Fernández, M.C. y Vila, J. (1989a). Sympathetic-parasympathetic mediation of the cardiac defense response in humans. *Biological Psychology*, *28*, 123-133.
- Fernández, M.C. y Vila, J. (1989b). The cardiac defense response in humans: Im-

-
- plications for behavior and health. *International Journal of Psychophysiology*, 7, 195-196.
- Fernandez, M.C. y Vila, J. (1989c). La respuesta cardiaca de defensa en humanos (II): Diferencias sexuales e individuales. *Boletín de Psicología*, 24, 7-29.
- Fonio, E., Benjamini, Y. y Golani, I. (2009). Freedom of movement and the stability of its unfolding in free exploration of mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 106, 21335–21340.
- Forsyth, J.P., Marx, B., Fusé, T.M.K., Heidt, J. y Gallup, G.G. Jr. (2000). *The Tonic Immobility Scale-Child Form*. Albany, N.Y: Authors.
- Frahm, K.A., Lumia, A.R., Fernandez, E., Strong, R., Roberts, J.L. y McGinnis, M.Y. (2011). Effects of anabolic androgenic steroids and social subjugation on behavior and neurochemistry in male rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 97(3), 416-422.
- Franks, B. D. (1994). What is stress. *Quest*, 46, 1-7.
- Fry, A.C., Schilling, B.K., Fleck, S.J. y Kraemer, W.J. (2011). Relationships between competitive wrestling success and neuroendocrine responses. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 40-45.
- Fusé, T., Forsyth, J.P., Marx, B. Gallup, G.G. Jr y Weaver, S. (2007). Factor structure of the Tonic Immobility Scale in female sexual assault survivors: An exploratory and confirmatory factor analysis. *Journal of Anxiety Disorders*, 21, 265-283.
- Gaab, J., Blättler, N., Menzi, T., Pabst, B., Stoyer, S. y Ehlert, U. (2003). Randomized controlled evaluation of the effects of cognitive-behavioral stress management on cortisol responses to acute stress in health subjects. *Psychoneuroendocrinology*, 28(6), 767–779.
- Galligani, N., Renck, A. y Hansen, S. (1996). Personality profile of men using anabolic androgenic steroids. *Hormones and Behavior*, 30(2),170-175.
- Gao, H.B., Tong, M.H., Hu, Y.Q., Guo, Q.S., Ge, R. y Hardy, M.P. (2002). Glucocorticoid induces apoptosis in rat Leydig cells. *Endocrinology*, 143(1),

9. BIBLIOGRAFÍA

130-138.

García-León, A., Reyes, G.A., Vila, J., Pérez, N., Robles, H. y Ramos, M.M. (2002). The Aggression Questionnaire: A validation study in student samples. *The Spanish Journal of Psychology*, 5(1), 45-53.

Gerra G., Zaimovic A., Mascetti G.G., Gardini S., Zambelli U., Timpano M., Raggi M.A. y Brambilla F. (2001). Neuroendocrine responses to experimentally-induced psychological stress in healthy humans. *Psychoneuroendocrinology*, 26, 91-107.

Giotakos, O., Markianos, M. y Vaidakis, N. (2005). Aggression, impulsivity, and plasma sex hormone levels in a group of rapists, in relation to their history of childhood attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms. *Journal of Forensic Psychiatry and Psychology*, 16(2), 423-433.

Gleason, E.D., Fuxjager, M.J., Oyegbile, T.O. y Marler, C.A. (2009). Testosterone release and social context: When it occurs and why. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 30, 460-469.

Glenn, A.L., Raine, A., Schug, R.A., Gao, Y. y Granger, D.A. (2011). Increased testosterone to cortisol ratio in psychopathy. *Journal of Abnormal Psychology*, 120(2), 389-399.

Granger, D.A., Shirtcliff, E.A., Booth, A. Kivlighan, K.T. y Schwartz, E.B. (2004). The “trouble” with salivary testosterone. *Psychoneuroendocrinology*, 29(10), 1229-1240.

Grant V.J. y France, J.T. (2001). Dominance and testosterone in women. *Biological Psychology*, 58(1), 41-47.

Hagemann, D., Naumann, E., Maier, S., Becker, G., Lürken, A. y Bartussek, D. (1999). The assessment of affective reactivity using films. Validity, reliability and sex differences. *Personality and Individual Differences*, 26, 627-639.

Hagenaars, M.A., Stins, J.F. y Roelofs, K. (2012). Aversive life events enhance human freezing responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, 98-105.

-
- Hardy, P.M., Gao, H.B, Dong, Q., Ge, R., Wang, Q., Chai, W.R., Feng, X. y Sottas, C. (2005). Stress hormone and male reproductive function. *Cell and tissue research*, 322(1), 147–153.
- Hardy, M.P., Sottas, C.M., Ge, R., McKittrick, C.R., Tamashiro, K.L., McEwen, B.S., Haider, S.G., Markham, C.M., Blanchard, R.J., Blanchard, D.C. y Sakai, R.R. (2002) Trends of reproductive hormones in male rats during psychosocial stress: Role of glucocorticoid metabolism in behavioral dominance. *Biology of Reproduction*, 67, 1750-1755.
- Harman, S.M., Metter, E.J., Tobin, J.D., Pearson, J. y Blackman, M.R. (2001). Longitudinal effects of aging on serum total and free testosterone levels in healthy men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(2), 724-731.
- Harris, J.A., Rushton, J.P. Hampson, E. y Jackson, D.N. (1996). Salivary testosterone and self-report aggressive and pro-social personality characteristics in men and women. *Aggressive Behavior*, 22, 321-331.
- Hartley, R. y Zisserman, A. (2006). *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press.
- Hauck, L.J., Carpenter, M.G. y Frank, J.S. (2008). Task-specific measures of balance efficacy, anxiety, and stability and their relationship to clinical balance performance. *Gait & Posture*, 27, 676-682.
- Hawes, D.J., Brennan, J. y Dadds, M.R. (2009). Cortisol, callous-unemotional traits, and pathways to antisocial behavior. *Current Opinion in Psychiatry*, 22(4), 357-362.
- Heikkilä, J. y Silvén, O. (1997). A four-step camera calibration procedure with implicit image correction. En *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, (pp. 1106–1112). San Juan, Puerto Rico.
- Hellhammer, D.H., Wüst, S. y Kudielka, B.M. (2009). Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*, 34, 163-171.
- Herman, J.P. y Cullinan, W.E. (1997). Neurocircuitry of stress: Central control of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis. *Trends Neurosciences*, 20,

9. BIBLIOGRAFÍA

78-84.

Hermans, E.J., Ramsey, N.F. y van Honk, J. (2008). Exogenous testosterone enhances responsiveness to social threat in the neural circuitry of social aggression in humans. *Biological Psychiatry*, 63(1), 263-270.

Herrero, N., Gadea, M., Rodríguez-Alarcón, G., Espert, R. y Salvador, A. (2010). What happens when we get angry? hormonal, cardiovascular and asymmetrical brain responses. *Hormones and Behavior*, 57(3), 276-283.

Hillman, C., Rosengren, K. y Smith, D. (2004). Emotion and motivated behavior: Postural adjustments to affective picture viewing. *Biological Psychology*, 66, 51-62

Hu, G.X., Lian, Q.Q., Lin, H., Latif, S.A., Morris, D.J., Hardy, M.P. y Ge, R.S. (2008). Rapid mechanisms of glucocorticoid signaling in the Leydig cell. *Steroids*, 73, 1018-1024.

Jankord, R. y Herman, J.P. (2008). Limbic regulation of hypothalamo-pituitary-adrenocortical function during acute and chronic stress. *Stress, Neurotransmitters, and Hormones: Annals of the New York Academy of Sciences*, 1148, 64-73.

Jones, R.B., Satterlee, D.G. y Ryder, F.H. (1992). Fear and distress in japanese quail chicks of two lines genetically selected for low or high adrenocortical response to immobilization stress. *Hormones and Behavior*, 26(3), 385-393.

Kagan, J., Reznick, J.S. y Snidman, N. (1988). *Biological bases of childhood shyness*. *Science*, 240, 167-171.

Kahn, J.P., Rubinow, D.R., Davis, C.L., Kling, M. y Post, R.M. (1988). Salivary cortisol: A practical method for evaluation of adrenal function. *Biological Psychiatry*, 23, 335-349.

Kalin, N.H., Shelton, S.E., Rickman, M. y Davidson, R.J. (1998). Individual differences in freezing and cortisol in infant and mother Rhesus monkeys. *Behavioral Neuroscience*, 112(1), 251-254.

Kaltsas, G.A. y Chrousos, G.P. (2007). The neuroendocrinology of stress. En

-
- J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary y G.G. Berntson, *Handbook of psychophysiology* (3^a Ed.) (pp. 303-318). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kapteyn, T.S., Bles, W., Njiokiktjien, C.J., Kodde, L., Massen C.H., y Mol, J.M. (1983). Standardization in platform stabilometry being a part of posturography. *Agressologie*, 24(7), 321-326.
- Karlsson, A. y Lanshammar, H. (1997). Analysis of postural sway strategies using an inverted pendulum model and force plate data. *Gait & Posture*, 5, 198-203.
- Kirschbaum, C., Bartussek, D. y Strasburger, C.J. (1992). Cortisol responses to psychological stress and correlations with personality traits. *Personality and Individual Differences*, 13(12), 1353-1357.
- Kirschbaum, C. y Hellhammer, D.H. (1989). Salivary cortisol in psychobiological research: An overview. *Neuropsychobiology*, 22(3), 150-169.
- Kirschbaum, C. y Hellhammer, D.H. (1994). Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: Recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology*, 19(4), 313-333.
- Kirschbaum, C., Pirke, K-M. y Hellhammer, D.H. (1993). The 'Trier Social Stress Test' - A tool for investigating psychobiological stress responses in laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28, 76-81.
- Kirschbaum, C., Pirke, K.M., Hellhammer, D.H. (1995). Preliminary evidence for reduced cortisol responsivity to psychological stress in women using oral contraceptive medication. *Psychoneuroendocrinology*, 20, 509-514.
- Koch, S., Holland, R., Hengstler, M. y van Knippenberg, A. (2009). Body locomotion as regulatory process. *Psychological Science*, 20, 549-550.
- Koob, G.F. (1999). Corticotropin-Releasing Factor, Norepinephrine, and Stress. *Biological Psychiatry*, 46, 1167-1180.
- Koolhaas J. M. (2008). Coping style and immunity in animals: Making sense of individual variation. *Brain, Behavior, and Immunity*, 22, 662-667.
- Koolhaas, J.M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., de Boer, S.F., Flügge, G., Korte, S.M., Meerlo, P., Murison, R., Olivier, B., Palanza, P., Richter-Levin, G.,

9. BIBLIOGRAFÍA

- Sgoifo, A., Steimer, T., Stiedl, O., van Dijk, G., Wöhr, M., y Fuchs, E. (2011). Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *35*, 1291-1301.
- Koolhaas, J. M., Korte, S. M., de Boer, S. F., van der Vegt, B. J., van Reenen, C. G., Hopster, H., de Jong, I. C., Ruis, M. A. W. y Blokhuis, H. J. (1999). Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, *23*, 925-935.
- Korte, S.M., Koolhaas, J.M., Wingfield, J.C., y McEwen, B.S. (2005). The Darwinian concept of stress: Benefits of allostasis and cost of allostatic load and the trade-offs in health and disease. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *29*, 3-38.
- Kudielka, B.M, Hellhammer, D.H. y Wüst, S. (2009). Why do we respond so differently? Reviewing determinants of human salivary cortisol responses to challenge. *Psychoneuroendocrinology*, *34*, 2-18.
- Kudielka, B.M., Schommer, N.C., Hellhammer, D.H. y Kirschbaum, C. (2004). Acute HPA axis responses, heart rate, and mood changes to psychosocial stress (TSST) in humans at different times of day. *Psychoneuroendocrinology*, *29(8)*, 983-992.
- Lacey, J.I. y Lacey, B.C. (1970). Some autonomic-central nervous system interrelationships. En P. Black (Ed.), *Physiological correlates of emotion* (pp. 205-227). New York: Academic Press.
- Lagarias, J.C., Reeds, J.A., Wright, M.H. y Wright, P.E. (1998). Convergence properties of the Nelder–Mead simplex method in low dimensions. *SIAM Journal Optimization*, *9*, 112-147.
- Landis, C. y Hunt, W.A. (1939). *The Startle Pattern*. New York: Farrar.
- Landgraf, R., Kessler, M.S., Bunck, M., Murgatroyd, C., Spengler, D., Zimbelmann, M, Nussbaumer, M., Czibere, L., Turck, C.W., Singewald, N., Rujescu, D. y Frank, E. (2007). Candidate genes of anxiety-related behavior in HAB/LAB rats and mice: Focus on vasopressin and glyoxalase-I. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *31(1)*, 89-102.

-
- Lane, R.D., Reiman, E.M., Bradley, M.M., Lang, P.J., Ahern, G.L., Davidson, R.J. y Schwartz, G.E. (1997). Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychology*, *35*(11), 1437-1444.
- Lang, P.J. (1968). Fear reduction and fear behavior problems in treating a construct. En J. Schlien (Ed.), *Research in psychotherapy* (Vol. III, pp. 190-203). Washington, DC: American Psychological Association.
- Lang, P.J. (1979). A bio-informational theory of emotional imagery. *Psychophysiology*, *16*(6), 495-512.
- Lang, P.J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications. En J.B. Sidowski, J.H. Johnson, y T.A. Williams (Eds.), *Technology in mental health care delivery systems* (pp. 119-137). Norwood, NJ:Ablex
- Lang, P.J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychology*, *50*, 372-385.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. y Cuthbert, B.N. (1990). Emotion, attention and the startle reflex. *Psychological Review*, *97*(3), 377-395.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. y Cuthbert, B.N. (1997a). Motivated attention: Affect, activation and action. En P.J. Lang, R.F. Simons, y M. Balaban (Eds.), *Attentions and orienting: Sensory and motivational processes*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum
- Lang, P.J., Bradley, M.M. y Cuthbert, B.N. (1997b). *Internacional Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective rating*. (nimh) Center for the Study of Emotion y Attention, University of Florida
- Lang, P.J., Bradley, M.M. y Cuthbert, B.N. (1999). *The International Affective Picture System: Technical manual and affective ratings*. Gainesville, Florida: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. y Cuthbert, B.N. (2005). *International Affective Picture System (IAPS): Digitized photographs, instruction manual and affective rating. Technical Report A-6*. Gainesville, Florida: University of Florida.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Lang P.J., Davis, M. y Öhman, A. (2000). Fear and anxiety: Animals models and human cognitive psychophysiology. *Journal of Affective Disorders*, 61, 137-159.
- Lang, P.J. y Davis, M. (2006). Emotion, motivation, and the brain: Reflex foundations in animal and human research. *Progress in Brain Research*, 156, 3-29.
- Lang, P.J., Simons, R.F. y Balaban, M.T. (Eds.) (1997). *Attention and orienting* (pp. 137-164). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- LeDoux, J.E. (1994). Emoción, memoria y cerebro. *Investigación y Ciencia*, 215, 38-45.
- LeDoux, J.E. (1995). Emotion: Clues from the Brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209-235.
- LeDoux, J.E. (1996). *The Emotional Brain*. New York: Simons & Shuster.
- LeDoux, J.E. (2000). Cognitive-emotional interactions. Listen to the brain. En R.D. Lane & L. Nadel (Eds), *Cognitive neuroscience of emotion* (pp. 129-155). New York. Oxford University Press.
- Leininger, S. y Skeel, R. (2012). Cortisol and self-report measures of anxiety as predictors of neuropsychological performance. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 27(3), 318-328.
- Le Moal, M. (2007). Historical approach and evolution of the stress concept: A personal account. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 3-9.
- Levine, S. (2005). Stress: An historical perspective. En T. Steckler, N.H. Kaliny y J.M.H.M. Reul (Eds.), *Handbook of Stress and the Brain*(Vol. 15, pp. 3-23). Amsterdam: Elsevier.
- Lovallo, W.R., Dickensheets, S.L., Myers, D.A., Thomas, T.L. y Nixon, S.J. (2000). Blunted stress cortisol response in abstinent alcoholic and polysubstance-abusing men. *Alcoholism: Clinical Experimental Research*, 24(5), 651-658.
- Lovallo, W.R. y Thomas, T.L. (2000). Stress hormones in psychophysiological research: emotional, behavioral, and cognitive implications. In J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary y G.G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (2^aed.,

-
- pp. 342-367). New York: Cambridge University Press.
- Lowe, D.G. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, *60*, 91-110.
- Lumia, A.R. y McGinnis, M.Y. (2010). Impact of anabolic androgenic steroids on adolescent males. *Physiology & Behavior*, *100*(3), 199-204.
- Lumia, A.R., Thorner, K.M. y McGinnis, M.Y. (1994). Effects of chronically high doses of the anabolic androgenic steroid, testosterone, on intermale aggression and sexual behavior in male rats. *Physiology & Behavior*, *55*(2), 331-335.
- Luthold, W.W., Marcondes, J.A.M. y Wajchenberg, B.L. (1985). Salivary cortisol for the evaluation of Cushing's syndrome. *Clinica Chimica Acta*, *151*, 33-39.
- Marcos, J.L. y Redondo, J. (2004). Modulación del reflejo de parpadeo mediante condicionamiento con imágenes aversivas como estímulos incondicionados. *Psicothema*, *16*(3), 391-396.
- Márquez, C., Nadal, R. y Armario, A. (2004). The hypothalamic-pituitary-adrenal and glucose responses to daily repeated immobilisation stress in rats: Individual differences. *Neuroscience*, *123*, 601-12.
- Marquez, C., Nadal, R. y Armario, A. (2005). Responsiveness of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis to different novel environments is a consistent individual trait adult male outbred rats. *Psychoneuroendocrinology*, *30*(2), 179-187.
- Márquez, C., Nadal, R. y Armario, A. (2006). Influence of reactivity to novelty and anxiety on hypothalamic-pituitary-adrenal and prolactin responses to two different novel environments in adult male rats. *Behavioural Brain Research*, *168*(1), 13-22.
- Maruyama, Y., Kawano, A., Okamoto, S., Ando, T., Ishitobi, Y., Tanaka, Y., Inoue, A., Imanaga, J., Kanehisa, M., Higuma, H., Ninomiya, T., Tsuru, J., Hanada, H. y Akiyoshi, J. (2012). Differences in salivary Alpha-Amylase and cortisol responsiveness following exposure to electrical stimulation versus the Trier Social Stress Tests. *PLoS ONE* *7*(7)
- Marx, B.P., Forsyth, J.P., Gallup, G.G., Fusé, T. y Lexington, J.M. (2008).

9. BIBLIOGRAFÍA

- Tonic immobility as an evolved predator defense: Implications for sexual assault survivors. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 15(1), 74–90.
- McCann, B.S., Carter, J., Vaughan, M., Raskind, M., Wilkinson, C.W. y Veith, R.C. (1993). Cardiovascular and neuroendocrine responses to extended laboratory challenge. *Psychosomatic Medicine*, 55, 497-504.
- McEwen, B.S. (1998). Stress, Adaptation, and Disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 840, 33-44.
- McEwen, B.S. (2000). The neurobiology of stress: From serendipity to clinical relevance. *Brain Research*, 886, 172-189.
- McEwen, B.S. (2008). Central effects of stress hormones in health and disease: Understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators. *European Journal of Pharmacology*, 583, 174-185.
- McEwen, B.S. y Gianaros, P.J. (2011). Stress- and allostasis- induced brain plasticity. *Annual Review of Medicine*, 62, 431-445.
- McEwen, B.S. y Seeman, T. (1999). Protective and Damaging Effects of Mediators of Stress. Elaborating and Testing the Concepts of Allostasis and Allostatic Load. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 896, 30-47.
- McEwen, B.S. y Seeman, T. (2003). Stress and affect: applicability of the concepts of allostasis and allostatic load. En: R.J. Davidson, K.R. Scherer y H.H. Goldsmith (Eds.), *Handbook of Affective Sciences (1^aed)* (pp. 1117-1137). New York: Oxford University Press.
- McEwen, B.S. y Stellar, E. (1993). Stress and the individual: Mechanisms leading to disease. *Archives of Internal Medicine*, 153, 2093-2101.
- McEwen, B.S. y Wingfield, J.C. (2003). The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Hormones and Behavior*, 43, 2-15.
- McEwen, B.S. y Wingfield, J.C. (2010). What's in a name? Integrating homeostasis, allostasis and stress. *Hormones and Behavior*, 57(2), 105-111.
- McGinnis, M.Y., Lumia, A.R., Breuer, M.E. y Possidente, B. (2002). Physical provocation potentiates aggression in male rats receiving anabolic androgenic

-
- steroids. *Hormones and Behavior*, 41(1), 101-110.
- McManis, M.H., Bradley, M.M., Berg, W.K., Cuthbert, B.H. y Lang, P.J. (2001). Emotional reactions in childrens. Verbal, physiological, and behavioral response to affective pictures. *Psychophysiology*, 38, 222-231.
- Mehta, P.H., Jones, A.C. y Josephs, R.A. (2008). The social endocrinology of dominance: Basal testosterone predicts cortisol changes and behavior following victory and defeat. *Journal of Personality and Social Psychology*, 94(6), 1078-1093.
- Moltó, J. (1995). *Psicología de las emociones. Entre la biología y la cultura*. Valencia: Albatros ediciones.
- Moltó, J., Montañés, S., Poy, R., Segarra, P., Pastor, M.C., Tormo, M.P., Ramírez, I., Hernández, M.A., Sánchez, M., Fernández, M.C. y Vila, J. (1999). Un nuevo método para el estudio experimental de las emociones: The International Affective Picture System (IAPS). Adaptación española. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 52(1), 55-87
- Moriceau, S., Roth, T.L., Okotoghaide, T. y Sullivan, R.M. (2004). Corticosterone controls the developmental emergence of fear and amygdala function to predator odors in infant rat pups. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 22, 415-422.
- Nadal R. y Armario A. (2010). Mecanismos de susceptibilidad al estrés. *Hipertensión*, 27(3), 117-124.
- Negrão, A.B., Deuster, P.A., Gold, P.W., Singh, A. y Chrousos, G.P. (2000). Individual reactivity and physiology of the stress response. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 54, 122-128.
- Nishiwaki, Y., Takebayashi, T., Imai, A., Yamamoto, M. y Omae, K. (2000). Difference by instructional set in stabilometry. *Journal of Vestibular Research*, 10, 157-161.
- Nunez, J.F., Ferre, P., Escorihuela, R.M., Tobena, A. y Fernandez-Teruel, A. (1996). Effects of postnatal handling of rats on emotional, HPA-axis, and prolactin reactivity to novelty and conflict. *Physiology & Behavior*, 60 (5), 1355-

9. BIBLIOGRAFÍA

1359.

- Öhman, A. y Birbaumer, N. (1993). Psychophysiological and cognitive-clinical perspectives on emotions: Introduction and overview. En N. Birbaumer y A. Öhman (Eds.), *The structure of emotion. Psychophysiological, cognitive and clinical aspects* (pp. 3-17). Seattle: Hogrefe & Huber Publishers.
- Oliveira, T., Gouveia, M.J. y Oliveira, R.F. (2009). Testosterone responsiveness to winning and losing experiences in female soccer players. *Psychoneuroendocrinology*, *34*, 1054-1064.
- Oliveira, L.F., Simpson, D.M. y Nadal, J. (1996). Calculation of area of stabilometric signals using principal component analysis. *Physiological Measurement*, *17*, 305-312.
- Oquendo, M.A., Baca-García, E., Graver, R., Morales, M., Montalbán, V. y Mann, J.J. (2001). Spanish adaptation of the Barrat Impulsiveness Scale (BISS 11) (ed esp.). *The European Journal of Psychiatry*, *15*(3), 147-155.
- Oyekunle, O.A., Ibironke, G.F. y Opabunmi, O.A. (2012). Relationship between circulating testosterone and emotional behavior in rats. *Psychology & Neuroscience*, *5*(1), 113-116.
- Patton, J.H., Standford, M.S. y Barratt, E.S. (1995). Factor structure of the Barratt Impulsiveness Scale. *Journal of Clinical Psychology*, *51*(6), 768-774.
- Pavlov, I. (1927). *Conditioned reflexes*. Oxford: Oxford University Press.
- Perakakis, P., Joffily, M., Taylor, M., Guerra, P. y Vila, J. (2010). KARDIA: A Matlab software for the analysis of cardiac interbeat intervals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *98*, 83-89.
- Perkins, A.M. y Corr, P.J. (2006). Reactions to threat and personality: Psychometric differentiation of intensity and direction dimensions of human defensive behaviour. *Behavioural Brain Research*, *169*, 21-28.
- Perna, G., Dario, A., Caldirola, D., Stefania, B., Cesarani, A. y Bellodi, L. (2001). Panic disorder: the role of the balance system. *Journal of Psychiatric Research*, *35*, 279-286.

-
- Peydro de Moya, M.F., Baydal Bertomeu, J.M. y Vivas Broseta, M.J. (2005). Evaluación y rehabilitación del equilibrio mediante posturografía. *Rehabilitación*, 39(6), 315-323.
- Point Grey. (2011). Firefly MV Technical Datasheet.
- Popma, A., Vermeiren, R., Geluk, C.A.M.L., Rinne, T., van de Brink, W., Knol, D.L., Jansen, L.M.C., ven Engeland, H. y Doreleijers, T.A.H. (2007). Cortisol moderates the relationship between testosterone and aggression in delinquent male adolescents. *Biological Psychiatry*, 61(3), 405-411.
- Putman, P., Hermans, E. J. y van Honk, J. (2004). Emotional stroop performance for masked angry faces: It's BAS, not BIS. *Emotion*, 4(3), 305-311.
- Putman, P., Hermans, E.J., van Honk, J., 2007. Exogenous cortisol shifts a motivated bias from fear to anger in spatial working memory for facial expressions. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 14-21.
- Ramey, M.R. (1975). Force plate designs and applications. En J.H. Wilmore y J.F. Keogh (Ed), *Exercise and Sports Sciences reviews*, (vol. 3, pp.303-319). London, England: Academic Press
- Ramos A. y Mormède P. (1997). Stress and emotionality: A multidimensional and genetic approach. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(1), 33-57.
- Ratner, S.C. (1967). Comparative aspects of hypnosis. In: J.E. Gordon (Ed.). *Handbook of clinical and experimental hypnosis* (p.p. 550-587). New York: Macmillan.
- Rocchi, L., Chiari, L. y Cappello, A. (2004). Feature selection of stabilometric parameters based on principal component analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 42(1), 71-79.
- Roelofs, K., Elzinga, B.M. y Rotteveel, M. (2005). The effects of stress-induced cortisol responses on approach-avoidance behavior. *Psychoneuroendocrinology*, 30, 665-677.
- Romero, L.M., Dickens, M.J. y Cyr, N.E. (2009). The reactive scope model - A new model integrating homeostasis, allostasis and stress. *Hormones and*

9. BIBLIOGRAFÍA

- Behavior*, 55, 375-389.
- Rosenblitt, J.C., Soler, H., Johnson, S.E. y Quadagno, D.M. (2001). Sensation seeking and hormones in men and women: exploring the link. *Hormones and Behavior*, 40, 396-402.
- Roy, M.P. (2004). Patterns of cortisol reactivity to laboratory stress. *Hormones and Behavior*, 46(5), 618-627.
- Rubinow, D.R. y Schmidt, P.J. (1996). Androgens, brain, and behavior. *The American Journal of Psychiatry*, 153(8), 974-984.
- Rutherford, H. y Lindell, A. (2011). Thriving and surviving: Approach and avoidance motivation and lateralization. *Emotion Review*, 3, 333-343.
- Salvador, A., Suay, F., Martínez-Sanchis, S., Simon, V.M. y Brain, P.F. (1999). Correlating testosterone and fighting in male participants in judo contests. *Physiology & Behavior*, 68, 205-209.
- Sánchez, M., Fernández, M.C., López, F. y Vila, J. (2002a). Modulación de reflejos defensivos por claves contextuales: Efecto de la luz-oscuridad ambiental. *Acción Psicológica*, 2, 121-134
- Sánchez-Lacuesta, J., Prat, J., Hoyos, J.V., Viosca, E., Soler-Gracia, C., Comín, M., Lafuente, R. y Cortés, A. (1993). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV).
- Sanchez, M., Ruiz Radial, E., Pérez, N., Fernández, M.C., Cobos, P. y Vila, J. (2002b). Modulación emocional de los reflejos defensivos mediante visualización de imágenes afectivas. *Psicothema*, 14(4), 702-707.
- Schmidt, L.A., Fox, N.A., Rubin, K.H., Sternberg, E.M., Gold, P.W., Smith, C.C., y Schulkin, J. (1997). Behavioral and neuroendocrine responses in shy children. *Developmental Psychobiology*, 30(2), 127-140.
- Schommer, N.C., Hellhammer, D.H. y Kirschbaum, C. (2003). Dissociation between reactivity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis and the sympathetic-adrenal-medullary system to repeated psychosocial stress. *Psychosomatic Medicine*, 65(3), 450-60.

-
- Schulkin, J., Gold, P.W. y McEwen, B.S. (1998). Induction of corticotropin-releasing hormone gene expression by glucocorticoides: Implication for understanding the states of fear and anxiety and allostatic load. *Psychoneuroendocrinology*, *23*(3), 219–243.
- Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, *38*, 32.
- Simpson, K.(2001). The role of testosterone in aggression. *McGill Journal of Medicine*, *6*, 32-40.
- Skinner E.A., Edge K., Altman J. y Sherwood H. (2003). Searching for the structure of coping: A review and critique of category systems for classifying ways of coping. *Psychological Bulletin*, *129*(2), 216-269.
- Skolnick, A.J y Davidson, R.J. (2002). Affective modulation of eyeblink startle with reward and threat. *Psychophysiology*, *39*, 835-850.
- Smyth, J.M., Ockenfels, M.C., Gorin, A.A., Catley, D., Porter, L.S., Kirschbaum, C., Hellhammer, D.H. y Stone A.A. (1997). Individual differences in the diurnal cycle of cortisol. *Psychoneuroendocrinology*, *22*(2), 89-105.
- Spielberger, C.D., Gorsuch, R.L. y Lushene, R.E. (1982). *Cuestionario de Ansiedad Estado-Rasgo. Autoevaluación*. Marid: TEA Ediciones.
- Stälenheim, E.G., Eriksson, E., y Von Knorring, L. (1998). T as a biological marker in psychopathy and alcoholism. *Psychiatry Research*, *9*, 79-88.
- Sterling, P. y Eyer, J. (1988). Allostasis: A New Paradigm to Explain Arousal Pathology. En S. Fisher y J. Reason (Eds), *Handbook of Life Stress, Cognition and Health* (pp.629-649). Oxford: John Wiley y Sons.
- Stins, J. y Beek, P. (2007). Effects of affective picture viewing on postural control. *BMD Neuroscience*, *8*, 83.
- Stins, J.F., Roerdink, M. y Beek, P.J. (2011). To freeze or not to freeze? Affective and cognitive perturbations have markedly different effects on postural control. *Human Movement Science*, *30*, 190–202.
- Stone, A.A., Schwartz, J.E., Smyth, J., Kirschbaum, C., Cohen, S., Hellhammer,

9. BIBLIOGRAFÍA

- D. y Grossman, S. (2001). Individual differences in the diurnal cycle of salivary free cortisol: a replication of flattened cycles for some individuals. *Psychoneuroendocrinology*, *26*(3), 295-306.
- Takahashi, T., Ikeda, K., Ishikawa, M., Kitamura, N., Tsukasaki, T., Nakama, D. y Kameda, T. (2005). Interpersonal trust and social stress-induced cortisol elevation. *Neuroendocrinology*, *16*(2), 197-199.
- Takahashi, L.K. y Rubin, W.W. (1993). Corticosteroid induction of threat-induced behavioral inhibition in preweanling rats. *Behavioral Neuroscience*, *107*(5), 860-866.
- Takashi, X. F., Satoshi, I., Shota, N. y Kazuyuki, S. (2011). Differential modulation of impulsive behavior by loneliness and testosterone in adolescent females. *Neuroendocrinology letters*, *32*(6), 836-40.
- Tarantola, J., Nardone, A., Tacchini, E. y Schieppati, M. (1997). Human stance stability improves with the repetition of the task: effect of foot position and visual condition. *Neuroscience Letters*, *228*, 75-78.
- Tassinari, L. y Cacioppo, J. (2000). The skeletomotor system: surface electromyography. En J.T. Cacioppo, L.G. Tassinari y G.G. Bernston (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp. 163-199). New York: Cambridge University Press.
- Terburg, D., Morgan, B. y van Honk, J. (2009). The testosterone-cortisol ratio: A hormonal marker for proneness to social aggression. *International Journal of Law and Psychiatry*, *32*, 216-223.
- Tsai, R.Y. (1987). A versatile camera calibration technique for high accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses, *IEEE Journal of Robotics and Automation RA*, *3*, 323-344.
- Tsigos, C. y Chrousos, G.P. (2002). Hypothalamic - pituitary - adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic*, *53*, 865-871.
- van den Bergh, B.R.H., Van Calster, B., Pinna Puissant, S. y Van Huffel, S. (2008). Self-reported symptoms of depressed mood, trait anxiety and aggressive behavior in post-pubertal adolescents: Associations with diurnal cortisol

-
- profiles. *Hormones and Behavior*, 54(2), 253-257.
- van Honk, J. y Schutter, D.J.L.G. (2006). Unmasking feigned sanity: A neurobiological model of emotion processing in primary psychopathy. *Cognitive Neuropsychiatry*, 11, 285-306.
- van Honk, J., Tuiten, A., van den Hout, M., Koppeschaar, H., Thijssen, J., de Haan, E. y Verbaten, R. (2000). Conscious and preconscious selective attention to social threat: Different neuroendocrine response patterns. *Psychoneuroendocrinology*, 25, 577-591.
- van Honk, J., Tuiten, A., Verbaten, R., van den Hout, M., Koppeschaar, H., Thijssen, J. y de Haan, E. (1999). Correlations among salivary testosterone, mood, and selective attention to threat in humans. *Hormones and Behavior*, 36(1), 17-24.
- Vedhara, K., Miles, J., Bennett, P., Plummer, S., Tallon, D., Brooks, E., Gale, L., Munnoch, K., Schreiber-Kounine, C., Fowler, C., Lightman, S., Sammon, A., Rayter, Z. y Farndon, J. (2003). An investigation into the relationship between salivary cortisol, stress, anxiety and depression. *Biological Psychology*, 62(2), 89-96.
- Vila, J. y Fernández, M.C. (1989a). La respuesta cardíaca de defensa en humanos: Efecto de la modalidad y de la intensidad del estímulo. *Boletín de Psicología*, 22, 59-90.
- Vila, J. y Fernández, M.C. (1989b). The cardiac defense response in humans: Effects of predictability and adaptation period. *Journal of Psychophysiology*, 3, 245-258.
- Vila, J., Fernández, M.C. y Godoy, J. (1992). The cardiac defense response in humans: Effects of stimulus modality and gender differences. *Journal of Psychophysiology*, 6, 140-154.
- Vila, J., Guerra, P., Muñoz, M.A., Vico, C., Viedma-del Jesús, M.I., Delgado, L.C., Perakakis, P., Kley, E., Mata, J.L., Rodríguez, S. (2007). Cardiac defense: From attention to action. *International Journal of Psychophysiology*, 66, 169-182.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Vila, J., Pérez, M.N., Fernández, M.C., Pegalajar, J. y Sánchez, M.B. (1997). Attentional modulation of the cardiac defense response in humans. *Psychophysiology*, *34*, 482-487.
- Vila, J., Sánchez, M., Ramírez, I., Fernández, M.C., Cobos, P., Rodríguez, S., Muñoz, M.A. Tormo, M.P., Herrero, M., Segarra, P., Pastor, M.C., Montañés, S., Poy, R. y Moltó, J. (2001). El Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS): Adaptación española. Segunda parte. *Revista de Psicología General y Aplicada*, *54(4)*, 635-657
- Visser, J.E., Carpenter, M.G., van der Kooij, H. y Bloem, B.R. (2008). The clinical utility of posturography. *Clinical Neurophysiology*, *119*, 2424-2436.
- Vousdoukas, M.I., Ferreira, P.M., Almeida, L.P., Dodet, G., Psaros, F., Andriolo, U Taborda, R., Silva, A.N., Ruano, A. y Ferreira, Ó.M. (2011). Performance of intertidal topography video monitoring of a meso-tidal reflective beach in South Portugal. *Ocean Dynamics*, *61*, 1521-1540.
- Vousdoukas, M.I., Pennucci, G., Holman, R.A. y Conley, D.C. (2011). A semi automatic technique for Rapid Environmental Assessment in the coastal zone using Small Unmanned Aerial Vehicles (SUAV). *Journal of Coastal Research*, *64*, 1755-1759.
- Vousdoukas, M.I., Perakakis, P., Idrissi, S. y Vila, J. (2012). SVMT: A MATLAB toolbox for stereo-vision motion tracking of motor reactivity. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *108*, 818-329.
- Vousdoukas, M.I., Velegrakis, A.F., Dimou, K., Zervakis, V. y Conley, D.C. (2009). Wave run-up observations in microtidal, sediment-starved pocket beaches of the Eastern Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, *78*, 37-47.
- Walters, K.A., Allan C.M. y Handelsman, D.J. (2008). Androgen actions and the ovary. *Biology of Reproduction*, *78*, 380-389.
- Wang, C. y Swerdloff, R.S. (1992). Evaluation of testicular function. *Baillières Clinical Endocrinology and Metabolism*, *6(2)*, 405-434.
- Weng, J., Cohen, P. y Herniou, M. (1992). Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and*

-
- Machine Intelligence*, 14(10), 965-980.
- Windle, M. (1994). Temperamental inhibition and activation: Hormonal and psychosocial correlates and associated psychiatric disorders. *Personality and Individual Differences*, 17(1), 61–70.
- Wingfield, J.C. y Sapolsky, R.M. (2003). Reproduction and resistance to stress: When and how. *Journal of Neuroendocrinology*, 15(8), 711-724.
- Winter, D.A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3, 193-214.
- Wolf, P.R. (1974). *Elements of Photogrammetry (With Air Photo Interpretation and Remote Sensing)*. St. Louis, MO.: McGraw-Hill Book Company.
- Yildirim, B.O. y Derksen, J.J.L. (2012). A review on the relationship between testosterone and life-course persistent antisocial behavior. *Psychiatry Research*, 200, 984-1010.
- Zhang, Z. (2000). A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(11), 1330–1334.
- Zilioli, S. y Watson, N.V. (2013). Winning Isn't Everything: Mood and Testosterone Regulate the Cortisol Response in Competition. *PLoS ONE* 8(1).

9. BIBLIOGRAFÍA

Anexo I

Adaptación del cuestionario TIS
(Blanchard, Hynd, Minke y Blanchard,
2001)

TIS

Las siguientes frases se refieren a algunas reacciones que pueden ocurrir durante acontecimientos traumáticos o estresantes. Por favor, piensa en el peor acontecimiento traumático que hayas sufrido o, en caso de no haber sufrido ningún trauma, el peor acontecimiento estresante que hayas experimentado. A continuación, lee las siguientes frases y marca el número que corresponda a la respuesta más precisa sobre tus reacciones durante dicho acontecimiento. No hay respuestas correctas ni incorrectas.

1. Califica el grado en el que te quedaste inmóvil o te sentiste paralizado/a durante el acontecimiento

1	2	3	4	5	6
Nada inmóvil o paralizado/a			Completamente inmóvil paralizado /a		

2. Califica el grado en el que fuiste incapaz de moverte aunque no hubiera restricción física durante el acontecimiento

1	2	3	4	5	6
Pude moverme libremente			No pude moverme en absoluto		

3. Califica el grado en el que tu cuerpo sufrió temblores o sacudidas durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Muchos temblores			Ningún temblor		

4. Califica el grado en el que fuiste incapaz de gritar o chillar durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Pude gritar libremente			No pude gritar en absoluto		

5. Califica el grado en el que pudiste recordar los detalles del acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Puedo recordar vivamente			Incapaz de recordar nada		

6. Califica el grado en el que te sentiste entumecido/a o no sentiste ningún dolor durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
No pude sentir ningún dolor			Pude sentir mucho dolor		

7. Califica el grado en el que sentiste frío durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
No sentí nada de frío			Sentí un frío extremo		

8. Califica el grado en el que sentiste miedo o pánico durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Miedo extremo			Calma absoluta		

9. Califica el grado en el que temiste por tu vida o sentiste como si fueras a morir durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Nada de miedo por mi vida			Miedo extremo por mi vida		

10. Califica el grado en el que sentiste que podías escapar durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Senti que podía escapar fácilmente			Senti que no podía escapar en absoluto		

11. Califica el grado en el que te sentiste separado/a o desconectado/a de tí mismo/a (p.ej., mentalmente separado/a de tu cuerpo) durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Sin sentido de separación de mí mismo/a			Separación extrema de mí mismo/a		

12. Califica el grado en el que te sentiste separado/a de lo que ocurría a tu alrededor (p.ej., irte mentalmente a otro lugar) durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Separación extrema			Sin sentido de separación del entorno		

13. Califica el grado en el que sentiste culpa/vergüenza después del acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Nada de vergüenza/culpa			Vergüenza/culpa		

14. Califica el grado en el que pusiste algún tipo de resistencia física (arañar, golpear, patear, empujar, morder, otras) durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
Ninguna resistencia			Máxima resistencia		

15. Califica el grado en que te enfrentaste a la situación durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
No me enfrenté en absoluto			Me enfrenté como pude		

16. Califica el grado en el que intentáste hablar y negociar con la/s persona/s implicada/s durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
No intenté negociar en absoluto			Intenté negociar como pude		

17. Califica el grado en el que intentaste protegerte (cubrirte con los brazos, esconderte, buscar apoyo, buscar asesoramiento, otros) durante el acontecimiento.

1	2	3	4	5	6
No intenté protegerme en absoluto			Intenté protegerme como pude		

18. Califica el grado en el que intentáste salir corriendo/escapar del acontecimiento.

1

2

3

4

5

6

No intenté escapar
en absoluto

Intenté escapar
como pude