

La actividad electrodérmica de la piel como indicador de activación psicofisiológica en pilotos de caza españoles: un estudio preliminar

Díaz Robredo LA.¹, Robles Sánchez JI.²

Sanidad mil. 2018; 74 (1): 7-12, ISSN: 1887-8571

RESUMEN

Introducción: La respuesta eléctrica de la piel es un mecanismo relacionado con la activación del sistema nervioso. La medición de dicha actividad en pilotos es posible hoy en día gracias a novedosos dispositivos que pueden indicar el esfuerzo psicofisiológico realizado. **Objetivo:** Evaluar la actividad electrodérmica de la piel durante la realización del vuelo real y simulado en pilotos de F18 del Ala 15 del Ejército del Aire español. Así, se analizará la viabilidad del uso de estos nuevos dispositivos como medidores de actividad psicofisiológica en tiempo real, se comparará esta activación en el vuelo real respecto al vuelo en simulador y se determinarán aquellas fases de vuelo real que solicitan más recursos de activación. **Material y métodos:** Los aparatos utilizados son 2 Empatica E4 Wristband. Se toman 13 muestras en vuelos reales y otras 5 muestras en vuelos de simulador que forman parte del entrenamiento y misiones habituales de los pilotos. **Resultados:** Se encuentra una diferencia inicial importante en las medias del vuelo de simulador (1,69 μ S) y del vuelo real (9,50 μ S), pero los valores se igualan a lo largo de la actividad consiguiendo una puntuación similar en ambos casos. La fase de vuelo real que más activación produce en el piloto es la de aterrizaje (12,88 μ S). **Conclusiones:** Los resultados obtenidos permiten confirmar la utilidad de dichos dispositivos para medir el esfuerzo psicofisiológico de los pilotos ya que se encuentran variaciones significativas en la Actividad Electrodérmica en las diferentes fases en ambas condiciones de vuelo.

PALABRAS CLAVE: Actividad electrodérmica, registro psicofisiológico, pilotos de caza.

Skin Electrodermic Activity as indicator of Psycho-physiological activation in Spanish fighter pilots: a preliminary research

SUMMARY: Introduction: The electrical response of the skin is a mechanism related to the activation of the nervous system. The measurement of this activity in pilots is possible today thanks to innovative devices which could determine the psychophysical effort made. **Aim:** To measure the Skin Electrodermic Activity during real and in simulator flight from pilots of F18 of the Ala 15 of the Spanish Air Force. Thus, it will be analyzed the feasibility of using these new devices as real-time psychophysiological activity meters, to compare this activation in real flight with respect to flight in simulator and to analyze those real flight phases that request more activation resources

Material and Methods: 2 Empatica E4 Wristband devices. 13 measurements of real flight and 5 measurements of flight in simulator were taken during regular training and mission plans. **Results:** The results show differences in the initial values between the simulator flight (1.69 μ S) and the actual flight (9.50 μ S) but the values are equalized throughout the activity, obtaining a similar score in both cases. It is found that during the landing is the moment when the highest level of electrodermic activity shows (12.88 μ S). **Conclusions:** The results confirm the feasibility of these devices to measure the psychophysiological effort of fighter pilots as significant variations throughout the phases in both flight conditions are found.

KEYWORDS: Dermo-electric activity, psychophysiological record, fighter pilots.

INTRODUCCIÓN

La Real Academia Española define el estrés como «la tensión provocada por situaciones agobiantes que originan reacciones psicosomáticas o trastornos psicológicos a veces graves»¹. Esta definición, que recoge de manera sencilla y clara el sentir común de la sociedad acerca de esta respuesta conductual negativa tan habitual, sin embargo, no se adentra en los complejos e inteligentes mecanismos que hay detrás de muchas respuestas adapta-

tivas relacionadas con el estrés y que, desde la ciencia, han sido estudiadas y confirmadas como fundamentales en procesos de mejora del rendimiento, la salud y el bienestar de las personas.

Sin obviar los estudios relacionados con las enfermedades psicosomáticas y el estrés crónico impulsados por el clásico trabajo de Selye y su Síndrome General de Adaptación², el conocimiento de los mecanismos neuroendocrinos que subyacen a esas reacciones han dado lugar a otros estudios más centrados en buscar la explicación de reacciones, ya no patológicas, sino funcionales y adecuadas que se les plantean a los individuos en diversas situaciones.

Mecanismos fisiológicos de la activación

La formación reticular y el sistema nervioso autónomo son los encargados de activar los estados de consciencia y alerta del individuo. En el primer caso, esta red neuronal es excitada por

¹ Prof. Asociado. Universidad de Navarra. Facultad de Educación y Psicología. España.

² Tcol. Psicólogo. Inspección General de Sanidad. Madrid. España.

Dirección para correspondencia: ldrobredo@unav.es

Recibido: 10 de mayo de 2017

Aceptado: 24 de noviembre de 2017

doi: 10.4321/S1887-85712018000100002

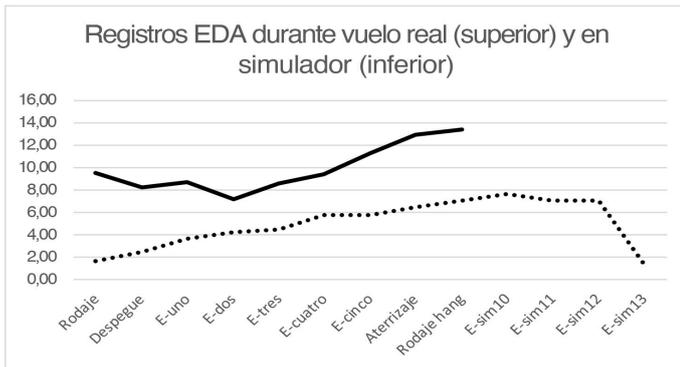


Figura 1. Perfiles de activación de los pilotos en vuelo real (superior) y en simulador (inferior).

las señales físicas ambientales mediante los sentidos, activando la corteza cerebral y procesando la información recibida. En el segundo caso, una rama del sistema nervioso autónomo –en concreto el sistema simpático- activará las conductas de alarma, alerta, atención y reacción del individuo mediante hormonas, especialmente CRF, ACTH, adrenalina y noradrenalina, generando respuestas de activación fisiológica (dilatación pupilar, aumento de ritmo cardíaco y de presión sanguínea en órganos principales, sudoración, contracción muscular), activación cognitiva (aumento de reacción a estimulación sensorial, incremento de capacidad atencional, resistencia al cansancio), y emocional (subida del tono anímico, sensación de mayor energía, motivación para la acción y la toma de decisiones).



Figura 2. Disposición de los aparatos en los pilotos.

La teoría de Yerkes-Dodson³ propone una relación entre el nivel de activación del sistema nervioso (arousal) y el rendimiento del individuo mediante el gráfico llamado de u invertida. De esta forma, unos niveles adecuados de activación o estrés producirán una ejecución óptima, mientras que un exceso de activación o una falta total de la misma generarán una disminución de la ejecución debido al pánico o la confusión en el primer caso o a la complacencia o excesiva relajación en el segundo. Este nivel de activación tiene una relación directa con el nivel de glucocorticoides de los cuales el cortisol es un principal representante.



Figura 3. Detalle de dispositivos.

En el mundo aeronáutico, una activación adecuada del piloto es necesaria para el éxito de la misión aérea. Como se sugiere en un artículo previo del propio autor⁴, la intensidad y la naturaleza de los estímulos estresores, pueden ser previstos y entrenados de tal forma que el piloto sepa gestionar ese conjunto de estímulos que producen la activación psicofisiológica como un factor conocido en vez de llegar a sufrir sus consecuencias y poner en peligro el éxito de la misión o de la propia integridad física del piloto o de la aeronave.

Estudios previos de activación en pilotos

Uno de los estudios pioneros acerca de las respuestas psicofisiológicas relacionadas con el vuelo en pilotos de combate es el de Burton et al⁵. En este trabajo se toman muestras de varias hormonas como epinefrina, norepinefrina y 17-OHCS en situación de reposo tras maniobras de combate en vuelo, con la intención de que estas reflejaran la carga de estrés físico y emocional que sufrían los pilotos. Los resultados mostraban incrementos de dichas hormonas tras el vuelo en comparación con las recogidas antes del mismo, sugiriendo unas respuestas moderadas de estrés debidas a los ejercicios de combate aéreo.

Otro trabajo posterior⁶ refleja la relación que existe entre la carga mental que asume el piloto durante el vuelo con otros factores como la conciencia situacional y la toma de decisiones y la ejecución de actuaciones adecuadas. El autor, dentro del mismo trabajo, presenta varios estudios exhaustivos y de gran interés

Tabla 1. Descripción de la muestra.

Ident.	Empleo	Edad	Horas de vuelo	Situación
1	Cap	36	1056,10	1
2	Tte	30	1,45	1
4	Tte	26	1,55	1
3	Cte	40	1018,00	1
5	Cap	34	852,15	1
6	Tte	25	88,15	1
7	Cte	39	1802,30	1
8	Tte	25	91,35	1
9	Cap	37	583,50	1
10	Tte	27	241,15	1
11	Tte	28	588,50	1
12	Tte	26	3,30	1
13	Tte	31	583,05	1
14	Tte	28	0,45	2
15	Tte	26		2
12	Tte	26	3,30	2
8	Tte	25	91,35	2
2	Tte	30	1,45	2

Situación1: Vuelo real, Situación 2: Simulador.

Tabla 2. Resultados obtenidos en vuelo real (microSiemens, μS).

Ident	Rodad	Despegue	uno	dos	tres	cuatro	cinco	aterrizaje	rodadura
1	7,83	13,12	13,15	8,27	6,95	8,21	9,85	12,01	17,36
2	7,42	9,35	5,41	1,63	4,50	3,14	6,61	7,81	10,64
4	3,37	2,52	1,78	1,59	3,03	4,25	4,67	5,83	6,76
3	8,16	9,03	7,31	6,35	4,65	4,14	6,19	6,58	5,67
5	4,07	3,82	2,91	2,30	2,06	3,40	2,88	2,78	2,10
6	1,75	1,02	5,32	1,30	0,83	0,76	0,83	1,02	0,82
7	15,33	10,31	0,69	0,99	2,13	3,54	8,90	19,65	15,33
8	8,86	2,90	23,86	18,56	17,86	23,47	22,32	24,94	26,60
9	10,72	7,86	6,66	7,36	7,57	11,97	17,10	20,38	18,31
10	17,42	11,09	12,50	13,58	16,22	15,71	25,26	22,73	27,14
11	4,63	4,29	3,52	3,46	16,64	12,39	10,44	9,17	9,98
12	11,44	13,04	9,63	6,49	8,29	11,37	12,45	18,36	18,36
13	22,56	18,18	19,89	21,18	20,05	20,54	19,52	16,23	14,76

para el entrenamiento en aviación militar recogiendo medidas psicofisiológicas de los pilotos como la tasa cardíaca y las relaciones con tareas de gran carga mental, tanto en simulador como en situaciones de vuelo real. Concluye que el uso de medidas psicofisiológicas durante el vuelo pueden ser herramientas muy adecuadas para comprender los procesos mentales experimentados por el piloto durante el vuelo y que estos resultados podrían y deberían ser utilizados para un entrenamiento de gran eficiencia, ya sea en vuelo real o mediante simulador. Otros estudios también recogen la tasa cardíaca como señal de reactividad fisiológica en pilotos^{7,8}

Un último estudio⁹ utiliza diversas variables psicofisiológicas como la tasa cardíaca y parámetros de la actividad electrodérmica para medir los estados de activación de los pilotos civiles de acrobacias aéreas. Los resultados muestran la validez de dichos registros para medir los procesos de estrés, diferentes tipos de arousal, anticipación o activación emocional que experimentan los pilotos durante maniobras complejas.

Actividad electrodérmica de la Piel (EDA)

La actividad electrodérmica de la piel o EDA consiste en la variación de las propiedades eléctricas de la piel al producirse sudor. Estas variaciones en la conductancia de la piel se pueden medir aplicando una corriente continua de baja intensidad de forma no invasiva¹⁰. Dicha reacción fisiológica está relacionada con la activación del eje Hipotálamo-Hipofisario-Adrenal (HHA), que genera en última instancia la activación de las glándulas sudoríparas de la piel. Se trata de uno de los principales métodos psicofisiológicos para medir procesos psicológicos como la emoción, el arousal o la atención y sus variaciones han sido relacionadas con cambios en el estado cognitivo o emocional en el individuo, especialmente con estados de estrés^{11,12}. Concretamente, usamos el manual de la Universidad de Birmingham que revisa, desarrolla y propone el uso de estas técnicas en el estudio experimental en el campo de la psicología¹³.

En este caso, aprovechando el desarrollo de nuevas tecnologías como es el dispositivo Empática E4¹⁴, se toman medidas de

la EDA en sujetos que están realizando en el momento tareas de pilotaje de un avión de caza como es el F18 (C.15 en nomenclatura del Ejército del Aire español) tanto en simulador como en vuelo real y se estudia la capacidad del dispositivo para recoger tales medidas, así como señalar los momentos de máxima activación psicofisiológica de los pilotos. De esta forma, con un método original y novedoso podremos adquirir un conocimiento real de las reacciones de los pilotos en vuelo y generar una base teórica y práctica que ayude a mejorar la efectividad de estos y la seguridad en vuelo.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. Medir y cuantificar las medidas fisiológicas de EDA en el momento de vuelo.
2. Identificar los momentos de máxima activación respecto a las diferentes fases del vuelo real.
3. Comparar los niveles de activación del vuelo real frente al vuelo en simulador

Tabla 3. Descriptivos de los trece pilotos cuyos datos han sido monitorizados en vuelo real.

Variabes	N	Media	Des. típ.
Edad	13	31,07	5,49
Horas vuelo	13	531,58	544,18
Rodaje	13	9,50	6,00
Despegue	13	8,19	5,07
Uno	13	8,66	7,01
Dos	13	7,15	6,71
Tres	13	8,52	6,78
Cuatro	13	9,45	7,19
Cinco	13	11,30	7,63
Aterrizaje	13	12,88	7,94
Rodadura plataforma	13	13,37	8,37

Tabla 4. Resultados del vuelo en simulador (microSiemens, μS).

Identific	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	2,28	5,60	5,19	4,53	4,35	7,42	8,12	7,22	7,50	7,63	8,99		
8	2,91	4,09	3,74	6,47	6,71	8,09	7,29	8,13	8,30	9,21	10,43	18,63	
15	2,31	2,09	8,12	8,80	9,30	10,52	10,29	13,60	16,02	18,42	13,60		
2	0,74	0,61	0,50	0,58	0,83	1,13	1,11	1,99	2,13	1,32	0,37	0,67	0,87
12	0,22	0,16	0,41	0,61	1,12	1,88	1,95	1,62	1,44	1,65	1,89	1,78	2,07

MATERIAL, SUJETOS Y MÉTODO

Se utilizan dos dispositivos Empatica E4 Wristband recogiendo datos en 13 misiones de vuelo real de pilotos del Ala 15 en F18 (C.15) y en 5 prácticas en vuelo en el simulador oficial del F18, en las propias instalaciones de la unidad. Además, se confecciona un cuestionario propio que es rellenado por los pilotos donde estos determinen las horas y momentos de cada fase de vuelo, así como la información complementaria que fuera útil para la interpretación de los resultados.

Todos los pilotos que se prestan voluntarios para este estudio forman parte del personal de vuelo en activo del Ala 15 y realizan las misiones habituales encomendadas, sin tener en cuenta la graduación militar, ni la experiencia previa. Para que la recogida de muestras no interfiriese con el funcionamiento normal de la unidad, no hay restricción acerca de los tipos de vuelo o de misión, aunque todas ellas son diurnas y en horarios matutinos similares. En la tabla 1 se incluye la descripción de la muestra: los individuos que forman parte de la muestra son 15 varones, dos de ellos instructores, de diversa graduación militar y con edades comprendidas entre los 26 y 40 años. De los 15 pilotos que participan, hay 3 que han tomado parte en la muestra tanto en el vuelo real como en el vuelo de simulador y dos de ellos solo han participado en prácticas de vuelo en simulador.

El análisis de datos se realiza mediante el software IBMSPSS versión 20.0.

Tabla 5. Descriptivos del vuelo en simulador.

	N	Media	Desviación típ.
Edad	5	27,0000	2,00000
Horas vuelo	4	24,1375	44,82388
Uno	5	1,6920	1,14938
Dos	5	2,5100	2,31049
Tres	5	3,5920	3,26970
Cuatro	5	4,1980	3,61989
Cinco	5	4,4620	3,63430
Seis	5	5,8080	4,10250
Siete	5	5,7520	4,01776
Ocho	5	6,5120	4,94315
Nueve	5	7,0780	5,87155
Diez	5	7,6460	6,97309
Once	5	7,0560	5,68635
Doce	3	7,0267	10,06410
Trece	2	1,4700	,84853

RESULTADOS

Se muestran únicamente los datos extraídos de la lectura EDA de los dispositivos Empatica E4, aunque estos dispositivos son capaces de tomar otras informaciones de forma simultánea (acelerómetro, temperatura y ritmo cardíaco). La puntuación obtenida por el dispositivo está expresada en microSiemens (μS), una medida de la conductancia eléctrica, en diferentes tomas.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos. En el caso del vuelo real (condición 1), el ítem rodadura se corresponde con 10 minutos antes del despegue, el ítem despegue corresponde al momento exacto del despegue, los ítems de 1 a 5 corresponden a intervalos de tiempo de 10 minutos de vuelo, el ítem aterrizaje corresponde al momento exacto de aterrizaje y el ítem rodadura

Tabla 6. Normalidad de la distribución de la muestra en vuelo real. Resumen de prueba de hipótesis.

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
10	La distribución de aterrizaje es normal con la media 12,88 y la desviación típica 7,95.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,957	Retener la hipótesis nula.
9	La distribución de cinco es normal con la media 11,31 y la desviación típica 7,64.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,890	Retener la hipótesis nula.
8	La distribución de cuatro es normal con la media 9,45 y la desviación típica 7,19.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,516	Retener la hipótesis nula.
4	La distribución de Despegue es normal con la media 8,19 y la desviación típica 5,07.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,876	Retener la hipótesis nula.
6	La distribución de dos es normal con la media 7,16 y la desviación típica 6,72.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,655	Retener la hipótesis nula.
1	La distribución de Edad es normal con la media 31,08 y la desviación típica 5,50.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,828	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de horasvuelo es normal con la media 531,58 y la desviación típica 544,18.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,819	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de Prep es normal con la media 9,50 y la desviación típica 6,00.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,901	Retener la hipótesis nula.
11	La distribución de rodadura es normal con la media 13,37 y la desviación típica 8,38.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,990	Retener la hipótesis nula.
7	La distribución de tres es normal con la media 8,52 y la desviación típica 6,78.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,640	Retener la hipótesis nula.
5	La distribución de uno es normal con la media 8,66 y la desviación típica 7,02.	Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra	,725	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tabla 7. Prueba de t para una muestra en vuelo real.

Variables	t	Gl	Sig. (bilateral)	Dif. de medias
Edad	20,375	12	,000	31,07692
Horas vuelo	3,522	12	,004	531,58077
Rodaje	5,707	12	,000	9,50462
Despegue	5,827	12	,000	8,19462
uno	4,452	12	,001	8,66385
dos	3,842	12	,002	7,15846
tres	4,531	12	,001	8,52154
cuatro	4,738	12	,000	9,45308
cinco	5,339	12	,000	11,30923
Aterrizaje	5,845	12	,000	12,88385
Rodaje Hang	5,755	12	,000	13,37154

al momento de retorno de la aeronave en la pista de aparcamiento, 10 minutos tras el momento de aterrizaje.

En el caso del vuelo en simulador, (Tabla 4) los datos reflejan la activación EDA en el vuelo en simulador. Puesto que el tipo de misión en esta clase de entrenamiento obviaba en varios casos los momentos de despegue y aterrizaje, solo se utilizan estas medidas para comparar el grado total de activación del piloto generado a lo largo de la sesión de simulador respecto a la sesión del vuelo real. Se incluyen en la tabla 5 los descriptivos del vuelo en simulador.

a) Análisis de normalidad de la muestra

Seguidamente se realiza el test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de la muestra en las medidas EDA registradas, obteniendo como resultado el no rechazar la hipótesis nula, es decir, la muestra sigue una distribución normal.

b) Comparación entre medidas en vuelo real

A continuación y mediante análisis de medias para una muestra se comparan los niveles de activación en las diferentes fases del vuelo encontrando diferencias estadísticamente significativas entre todas ellas.

c) Análisis de la influencia de la edad y de las horas de vuelo

Mediante la prueba Modelo Lineal General se hacen contrastes multivariados mediante la Traza de Wilks (lambda de

Tabla 8. Análisis t de vuelo en simulador.

Variables	t	gl	Sig. (bilateral)
Edad	30,187	4	,000
Horas vuelo	1,077	3	,360
Uno	3,292	4	,030
Dos	2,429	4	,072
Tres	2,456	4	,070
Cuatro	2,593	4	,060
Cinco	2,745	4	,052
Seis	3,166	4	,034
Siete	3,201	4	,033
Ocho	2,946	4	,042
Nueve	2,696	4	,054
Diez	2,452	4	,070
Once	2,775	4	,050
Doce	1,209	2	,350
Trece	2,450	1	,247

Wilks) para comprobar la influencia de la edad (F 0,78; significación 0,68) y de las horas de vuelo (F 0,57; significación 0,78), de los pilotos sobre los resultados en cada uno de los eventos medidos y se comprueba que no hay diferencias significativas que puedan ser debidos a la influencia de uno de estos dos factores o a su intersección (F 0,92; significación 0,62).

d) Análisis del vuelo en simulador

Se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov y se comprueba la distribución normal de la muestra para los trece eventos evaluados. Seguidamente se realiza análisis de t para una muestra.

Posteriormente y puesto que todos los pilotos que han realizado la prueba del simulador no han sido evaluados en vuelo real se comparan las dos muestras mediante t para muestras independientes solo en los diez primeros eventos, y se aprecian diferencias estadísticamente significativas en las fases de rodaje y despegue del vuelo real con respecto a los eventos uno y dos de la prueba del simulador. Es decir, en vuelo real los pilotos están más activados al iniciar las maniobras de despegue que cuando se enfrentan al simulador, activándose de forma progresiva a medida que se van introduciendo en los incidentes programados.

DISCUSIÓN

Los resultados encontrados muestran las modificaciones de la activación del sistema nervioso como consecuencia de la actividad física y psicológica del pilotaje de aviones de combate. Estos resultados corroborarían los estudios citados previamente de activación del eje HHA mediante hormonas^{5,6,9}. Pese a que no se pueden tomar como absolutos los valores de la EDA recogidos en este estudio -pues para ello sería necesario recoger los niveles basales de los pilotos en situaciones de no actividad- los incrementos y diferencias obtenidas pueden servir para observar cómo experimentan las diferentes fases los pilotos en el vuelo real.

En primer lugar, no se encuentran diferencias significativas entre los niveles de los pilotos instructores en comparación con el resto de pilotos en período operativo normalizado puesto que como hemos señalado anteriormente, no influyen ni la edad ni las horas de vuelo. Por ello, hemos asumido la distribución normal del grupo de pilotos en vuelo real.

En cuanto a las fases de vuelo real, existen diferencias de activación de EDA que van creciendo en intensidad a lo largo del desarrollo de este vuelo. Concretamente, los momentos de aterrizaje y de rodaje a aparcamiento tras la misión (Tabla 3). Observando estos resultados, podemos concluir que las medias reflejan de forma coherente el esfuerzo realizado por los pilotos, siendo el aterrizaje el momento de mayor acumulación de activación física y psicológica. De nuevo en este punto cabe señalar que, aunque se observaron durante el vuelo real algunos momentos de máximos niveles de estrés ante ciertas tareas muy demandantes, como altos niveles de fuerza g (gravedad), el mando de varias aeronaves o el vuelo a baja cota, la diversidad de misiones afrontadas por los pilotos bajo estudio y las escasas muestras recogidas no permiten discriminar tareas concretas más allá que las fases de despegue, aterrizaje y rodaje analizadas.

Al comparar los registros del vuelo real y del simulador (Tabla 9), se observa que existen diferencias claras entre los momentos

Tabla 9. Prueba de T para muestras independientes comparando vuelo real con vuelo simulado en el mismo número de fases.

Registros EDA	Igualdad varianzas	Test de Levene (F)	Test de Levene (Signif.)	Prueba de t	Significación
Rodaje	No se asumen	4,859	,042	4,482	,001 *
Despegue	Varianzas iguales	3,170	,094	2,379	,030 *
E-uno	Varianzas iguales	2,453	,137	1,532	,145
E-dos	Varianzas iguales	1,329	,266	,923	,370
E-tres	Varianzas iguales	3,032	,101	1,255	,228
E-cuatro	Varianzas iguales	2,184	,159	1,056	,307
E-cinco	Varianzas iguales	2,118	,165	1,528	,146
Aterrizaje	Varianzas iguales	3,546	,078	1,656	,117
Rodaje Hangar	Varianzas iguales	1,332	,265	1,528	,146

de despegue en el vuelo real y los momentos de inicio del simulador (muy probablemente debido a las diferencias de contextos ambientales y de tensión emocional en cada caso). El hecho de que las misiones realizadas durante la recogida de datos fueran muy diversas (desde un vuelo rutinario de instrumentos o un vuelo conjunto de varios cazas en el caso del vuelo real hasta diversas incidencias operacionales y emergencias técnicas en el caso del simulador) hacen imposible hacer comparaciones diferentes a la acumulación de tensión psicofisiológica total en el sujeto de estudio durante las sesiones. En general, las diversas fases producen un nivel de estrés inferior en el vuelo en simulador respecto al real. No existen otras diferencias de varianza entre ambas muestras.

Limitaciones del estudio

Al ser un estudio realizado en el ambiente real de trabajo de los pilotos y no un diseño de laboratorio se encuentra con las limitaciones derivadas, entre otras del alto coste que suponen la instrucción y el adiestramiento de los pilotos, por ejemplo el N relativamente bajo, el no poder hacer un diseño de medidas repetidas enfrentando a los mismos sujetos a vuelo real y a simulador en condiciones experimentales idénticas, etc., no obstante, los datos conseguidos superarían los objetivos iniciales de los autores.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, y con los datos obtenidos, podemos decir que los aparatos utilizados son válidos para la medición de la actividad electrodérmica pues recogen valores coherentes de EDA tanto en el vuelo real como en el vuelo en simulador. Aunque de una forma sencilla debida a las limitaciones operativas de la unidad bajo estudio, se puede observar que las distintas fases de vuelo recogen niveles de activación psicofisiológica diferentes,

siendo el momento de aterrizaje el que con diferencia muestra la acumulación del esfuerzo realizado a nivel físico y psicológico.

Los resultados encontrados en este estudio preliminar invitan a realizar nuevas recogidas de datos más numerosas en cantidad y en tiempo de medición, junto con la posibilidad de incluir medidas basales en situación de no actividad. Además, sería deseable la inclusión de nuevas variables de estudio como los tipos de misión aérea realizada, el nivel de exigencia de los entrenamientos, u otras variables biológicas (como, por ejemplo, el ritmo cardíaco) que proporcionen así un mayor conocimiento de las reacciones emocionales de los pilotos en vuelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a las personas que han hecho posible este estudio. De forma especial al Coronel Cuesta, jefe del Ala 15 en el momento de realización de la toma de muestras (Julio 2015); a los Capitanes Arceda y De Arriba de la Sección de Seguridad en Vuelo; y a todos los pilotos del Ala 15 que con su participación y paciencia colaboraron de forma generosa con el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Diccionario de la Lengua Española. Disponible en <http://dle.rae.es/?id=GzAga0a>
2. Selye H. A Syndrome Produced by Diverse Nocuous Agents. *Nature* 1936; 138, 32
3. Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J. comp. neurol. psychol.* 1908; 18: 459-482.
4. Díaz Robredo LA. CRM, factores humanos y estrés en el pilotaje de aviones de combate. *Revista de Aeronáutica y Astronáutica* Sep 2016. 856: 792-796.
5. Burton RR, Storm WF, Johnson LW, Leverett SD Jr. Stress responses of pilots flying high-performance aircraft during aerial combat maneuvers. *Aviat Space Environ Med.* 1977 Apr; 48(4): 301-7.
6. Nählinder S. Flight simulator training: Assessing the potential. *Linköping Studies in Science and Technology Disertations* 2009, N° 1250. Department of Management and engineering Linköpings Universitet, SE-581 83 Linköping, Sweden.
7. Dussault C, Lely L, Langrume C, Sauvet F, Jouanin JC. Heart rate and autonomic balance during stand tests before and after fighter combat missions. *Aviat Space Environ Med.* Sep 2009; 80(9): 796-802.
8. Lahtinen TM, Koskelo JP, Laitinen T, Leino TK. Heart rate and performance during combat missions in a flight simulator. *Aviat Space Environ Med.* 2007 Apr; 78(4): 387-91.
9. Boucsein W, Koglbauer I, Braunstingl R, Kallus W. The use of psychophysiological measures during complex flight manoeuvres- An expert pilot study. En De Westerink et al (eds.), *Sensing Emotions* 2011; 53-63.
10. Fowles DC, Christie MJ, Edelberg R, Grings WW, Lykken DT, Venables. Committee report: Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiol.* 1981; 18: 232-9.
11. Clemens, K., Turpin, G. Life event exposure, physiological reactivity, and psychological strain., *Journal of Behavioral Medicine* 2000; 23(1): 73-94.
12. Hugdahl, K. (1995). *Psychophysiology: The mind-body perspective*. United States: Harvard University Press.
13. Braithwaite, J. J., D. G. Watson, R. Jones, and M. Rowe. *A Guide for Analysing Electrodermal Activity (EDA) & Skin Conductance Responses (SCRs) for Psychological Experiments*. Birmingham: University of Birmingham, 2013.
14. Hernandez, J., McDuff, D., Picard, R. W. BioInsights: Extracting Personal Data from "Still" Wearable Motion Sensors. *Proceedings of Body Sensor Networks Conference*, MIT, Cambridge, USA - June, 2015. Disponible en <http://web.media.mit.edu/~javierhr/files/15.Hernandez.McDuff.Picard-BSN.pdf>