

Comparación entre respuesta de la frecuencia cardiaca del salto en paracaídas y la respuesta cardiaca en una prueba de esfuerzo en cicloergómetro

J.M. García-Manso¹, F. Ortega², J. L. Trigueros³

RESUMEN

Antecedentes: Una de las más conocidas respuestas al estrés es el incremento de la frecuencia cardiaca (FC). Sin embargo, son bien comprendidas las causas que provocan que el estrés físico (incremento de cargas de trabajo físico) vengán acompañadas por incrementos paralelos de la frecuencia cardiaca, mientras que los mecanismos que provocan una respuesta de estas características motivada por un estímulo psicológico, ha sido un objeto de estudio menos investigado en el mundo de la actividad física y el deporte.

Objetivos: Por esta razón, el motivo de nuestro trabajo ha sido determinar el efecto que sobre la frecuencia cardiaca (FC) tiene la realización de un salto en paracaídas sobre sujetos jóvenes que no poseen ningún tipo de experiencia previa.

Lugar de realización: Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Material, métodos y resultados: Once sujetos estudiantes de Educación Física de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, de $22,43 \pm 2,75$ años de edad, $174,32 \pm 6,54$, y $66,65 \pm 5,40$ kilogramos de peso, después de dar su consentimiento escrito para participar en la experimentación, fueron sometidos a una prueba de esfuerzo en un cicloergómetro (Ergo-line, Bitz, Alemania) donde a la vez que se les determinaban parámetros ventilatorios mediante un analizador de gases (Modelo CPX), se les monitorizó la FC con el fin de conocer sus valores máximos ($FC_{\text{máx}} = 191 \pm 9,8$ pulsaciones/minuto (p/m)). Previamente se les había controlado la frecuencia cardiaca basal durante tres días consecutivos para calcular la reserva cardiaca (RFC). Dos semanas más tarde, a cada sujeto se le monitorizó con el mismo sistema (Sport Tester Polar 4000) durante su primera experiencia en salto con paracaídas de apertura automática. Justo antes realizar el salto desde el avión, la FC comenzó a incrementar hasta alcanzar su pico máximo (PFC) después de 20–30 segundos de caída, coincidiendo este punto con el despliegue de la campana del paracaídas. A partir de este momento, la respuesta cardiaca se manifestaba con un descenso lento de la FC que se veía alterada instantes antes del aterrizaje. La máxima frecuencia cardiaca observada en los participantes fue de $173,46 \pm 11,30$ p/m (90.82 % de la $FC_{\text{máx}}$)

Conclusiones: Estos valores nos demuestran que en los deportes como el paracaidismo, un importante estrés síquico altera de forma significativa el comportamiento del sistema cardiovascular produciendo incrementos de la FC sin que estas actividades estén acompañadas de una alta actividad física.

PALABRAS CLAVE: salto en paracaídas-respuesta cardiaca al estrés psicológico.

Med Mil (Esp) 1997; 53 (1): 15-17

INTRODUCCIÓN

Desde que Selye (1936) desarrolló el concepto de estrés (1), se han efectuado numerosas investigaciones en diferentes campos de la actividad física y el deporte. El salto en paracaídas constituye una interesante herramienta en el estudio de la respuesta al estrés psico-fisiológico del ser humano. Sin embargo, no pudimos encontrar demasiados trabajos relacionados con el

tema (2–5), y sólo uno de ellos relacionado con paracaidistas debutantes (6). En ninguno de estos estudios se hizo una valoración del comportamiento de la frecuencia cardiaca en términos relativos a sus valores de frecuencia cardiaca máxima.

Los motivos de nuestro estudio fueron de dos tipos: 1) describir el modelo de respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) durante el primer salto en paracaídas de sujetos debutantes; 2) buscar una relación entre el condición física y la respuesta de la FC en situaciones de máximo estrés psicológico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 11 varones, estudiantes de Educación Física en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ($22,43 \pm 2,75$ años de edad, $174,32 \pm 6,54$ cm de estatura, y $66,65 \pm 5,40$ kilo-

¹ Departamento de Educación Física de la ULPGC

² Departamento de Morfología de la ULPGC

³ Base Aérea de Gando.

Facultad de Ciencias de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Tabla 1. Características de los sujetos de la muestra utilizada

	Edad	Talla	Peso	% Graso
Media	22,425	174,318	66,645	8,094
DT	2,754	6,536	5,403	1,065
Máximo	27,306	192,000	75,300	9,710
Mínimo	19,530	168,000	56,800	6,770

gramos de peso) (Tabla 1). Dada la naturaleza del estudio y del riesgo que tenía, los sujetos fueron aleccionados previamente sobre los objetivos que se pretendían, y se les solicitó una aceptación por escrito de su voluntariedad a participar como sujetos experimentales.

Inmediatamente antes de iniciarse la fase de saltos, los sujetos fueron sometidos a una prueba de esfuerzo, con cargas crecientes, en un cicloergómetro (Ergo-line, Bitz, Alemania). La carga inicial fue de 40 vatios, y se fue incrementando en una proporción de 20 vatios cada minuto hasta que el sujeto llegaba al agotamiento. Los sujetos fueron instruidos para que mantuvieran una frecuencia fija de pedaleo de 75 revoluciones por minuto (RPM) (Tabla 2). Durante la prueba se hizo un registro de frecuencia cardiaca (FC) cada 5 segundos, mediante la utilización de un cardiotaquímetro (Sport Tester, Polar 4000) de alto nivel de reproductibilidad (7).

Con el fin de conocer la frecuencia cardiaca basal (FC_{basal}) de los sujetos de la muestra, se les pidió que se tomaran la misma durante tres días antes de la prueba en el momento en que se levantaban, considerándose como tal a la media de las mismas. La reserva de frecuencia cardiaca (RFC) fue determinada al restar la frecuencia cardiaca máxima FC_{máxima} obtenida en la prueba de esfuerzo y la frecuencia cardiaca basal.

Dos semanas más tarde, cada sujeto fue provisto con los anteriores cardiotaquímetros con el fin de registrar la FC durante el salto de paracaídas. El salto se realizó desde una altura de 800 metros desde un Aviocar del Ejército del Aire, y con un sistema automático de apertura de la campana.

La relación entre los valores de FC de la prueba de esfuerzo y del salto de paracaídas fue determinado mediante un análisis de correlación de Pearson, considerándose como valor de significación $p < 0,05$.

RESULTADOS

Los valores de la FC durante el salto quedan reflejados en la

Tabla 2. Resultados de la prueba de esfuerzo

	P. Máx. (W)	IE (w/kg)	FC basal	FC máxima
Media	266,545	4,005	54,222	191,000
DT	27,281	0,291	4,265	10,237
Máximo	320	4,560	60	208
Mínimo	240	3,560	48	173

Donde: P. Máx. es la carga máxima alcanzada en el cicloergómetro; IE es el índice ergométrico (P. máx. / peso corporal); FC máxima es la frecuencia cardiaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo.

Tabla 3. Valores medios de la frecuencia cardiaca de los once sujetos durante la ejecución de su primer salto en paracaídas.

	Avión	15"	20"	25"	Máx.	30"	45"	60"	75"
Media	130,5	166,9	171,2	171,0	173,4	168,6	162,0	167,6	155,6
DT	13,3	12,1	11,7	11,3	10,8	13,5	16,2	17,3	18,2

Tabla 3 y Figura 1. En ellos podemos apreciar que en el momento del salto –y segundos antes del mismo– los sujetos presentan una moderada taquicardia (130,5 ± 13,3 lpm; intervalo 105 a 156 lpm). Durante la primera fase del salto, la FC se incrementa muy rápidamente llegando a valores de 173,4 ± 10,8 (intervalo 153 a 195 lpm). Si analizamos la RFC usada cuando los sujetos alcanzan el pico de frecuencia cardiaca, comprobamos que sólo dos sujetos se aproximan casi al límite la FC_{máxima} durante la ejecución del salto (97,6% y 96,0% respectivamente), mientras que el valor medio de la muestra sólo alcanza un valor del 90,82%. El tiempo en que tiene lugar el pico de frecuencia cardiaca fue a los 24,0 ± 8,6 segundos. A partir de que los sujetos alcanzan el pico de FC, la FC decrece hasta el momento del aterrizaje.

En nuestro caso no encontramos correlación entre el nivel de condición física, expresada por el índice ergométrico, y el pico de frecuencia cardiaca, expresada tanto en valores absolutos como relativos.

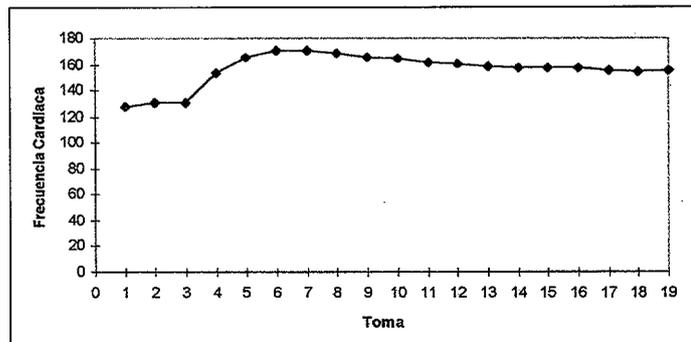


Figura 1. Comportamiento de la frecuencia cardiaca media, de los 11 sujetos, durante los 15 segundos anteriores al salto (tomas 1–2) y durante los 80 segundos siguientes de saltar del avión (tomas 3–19)

DISCUSIÓN

La respuesta fisiológica al estrés es el resultado de factores ambientales capaces de influir en el eje pituitario–corticoadrenal e hipotalámico–simpático–médula adrenal, los cuales responden con la correspondiente respuesta de secreciones endocrinas que afectan al organismo. Uno de los sistemas del organismo que se ven afectados por este comportamiento de respuesta al estrés es el cardiovascular.

El estrés psicológico provoca una descarga del sistema nervioso simpático, que causa un incremento en la presión sanguínea y volumen cardiaco. La distribución del volumen cardiaco

Respuesta de frecuencia cardiaca al salto en paracaídas

cambia de forma importante debido a la vasoconstricción en la circulación cutánea, renal y esplácnica, venoconstricción, y vasodilatación en los músculos esqueléticos, teniendo como resultado una disminución de la resistencia del sistema cardiovascular. El incremento del gasto cardiaco es debido principalmente a una elevación de la frecuencia cardiaca (8,9). Esta es la razón por la que se usa comúnmente la frecuencia cardiaca como indicador fisiológico de la respuesta al estrés.

Varios procedimientos han sido utilizados para evaluar las respuestas al estrés en humanos en condiciones en situaciones estandarizadas de laboratorio. Sin embargo, la realidad nos demuestra el importante auge de algunos deportes en los que el practicante, mediante la realización de actividades de alto riesgo, someten a su organismo a un elevado estrés fisiológico y psicológico. Esta es la razón por la que nos decidimos someter a nuestra muestra a una situación de alta tensión emocional como es la de saltar en paracaídas sin disponer de una experiencia anterior ante este tipo de tarea, al tiempo que se le monitorizó la respuesta cardiaca.

El pico de frecuencia cardiaca (PFC) encontrado en este trabajo muestra unos valores muy similares a la de otros estudios previos en los que la muestra era similar y el tipo de salto también era de tipo automático (6). En contraste con los datos aportados por Deroanne *et al.* (6), nuestros paracaidistas tenían menor taquicardia en el momento anterior a la realización del salto, aunque los valores máximos de frecuencia cardiaca (PFC) durante el salto eran similares, a pesar de producirse el mismo unos segundos más tarde.

Otros investigadores (5,6,10) encontraron que el comportamiento de la frecuencia cardiaca durante el salto, presenta una curva de doble pico. El primer pico, el más importante, se produce poco tiempo antes o durante el despliegue del paracaídas, mientras que el segundo pico se produce unos segundos antes del aterrizaje. En la bibliografía especializada, en ocasiones se suelen señalar tres picos: momentos antes del salto, despliegue del paracaídas y aterrizaje.

El trabajo de Deroanne *et al.* (6) muestra valores de frecuencia cardiaca de 152 lpm antes del salto, 165 lpm en el despliegue del paracaídas, reducción a 135 lpm durante el descenso con el paracaídas abierto, y 148 lpm antes del aterrizaje.

Estos valores no alcanzan los valores de la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{máxima}$), pero son cifras lo suficientemente importantes como para aceptar que existe una importante respuesta cardiaca motivada por el estrés del salto. Sane y Slinde (3), Renemann *et al.* (10) y Reid *et al.* (5), notifican datos de individuos que alcanzaron valores superiores a las 200 lpm, aunque desafortunadamente, estos trabajos no presentan datos de los valores máximos que esos sujetos tenían en su frecuencia cardiaca máxima.

Aunque la mayoría de estudios encuentran una interacción entre la respuesta cardiovascular y la condición física o capacidad de trabajo físico (11-14), nosotros no encontramos esta dependencia en los sujetos de nuestra muestra. Sin embargo, Blumenthal *et al.* (15) reportan una ligera atenuación de la respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) y la presión sanguínea como resultado de un programa de entrenamiento de doce semanas de duración.

En conclusión, nuestro trabajo realizado con sujetos sin experiencia en salto con paracaídas, muestra una importante respuesta cardiaca ($173,46 \pm 11,30$) motivada por el estrés que produce realizar el salto desde el avión. El pico máximo de frecuencia cardiaca (PFC) se manifiesta a los pocos segundos de que el paracaidista salta, coincidiendo con el momento en el que el paracaídas se despliega frenando bruscamente la caída. La respuesta cardiaca de nuestra muestra no presenta una elevada correlación con los niveles de condición física.

AGRADECIMIENTOS

Es nuestra intención mostrar nuestro más profundo agradecimiento a los alumnos de la FCAFD de Las Palmas de GC., los cuales prestaron su colaboración desinteresada como sujetos experimentales para la investigación, al Ejército Español del Aire (Base Aérea de Gando y de San Javier) por su imprescindible ayuda técnica y logística, a la Cruz Roja de San Agustín, y al Dr. Calbet por sus aportaciones en la discusión.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Seyle H. Asyndrom produced by diverse noxious agents. *Nature* 1936;138:32.
- 2 Schane WP, Slinde KE. Continuous EKG recording during free-fall parachuting. USAARU 1967;Report nº 67:7.
- 3 Schane WP, Slinde KE. Continuous EKG recording during free-fall parachuting. USAARU. *Aerospace Med* 1968;39:597-608.
- 4 Reid DH, Doerr JE. Physiological studies of military parachutists via FM/FM telemetry: The data acquisition system and heart rate response. *Aerospace Med* 1970;41:1292-1297.
- 5 Reid DH, Doerr JE, Doshier HD, Ellerton DG. Heart rate and respiration rate response to parachuting: Physiological studies of military parachutists via FM/FM telemetry. *Aerospace Med* 1975;42:1200-1207.
- 6 Deroanne R, Cession-Fossion A, Juchmes J, Servais JC, Petit JM. Telemetric control of heart rate adaptation during automatic and free-fall parachute jumps. *Aviation Space Environ Med.* 1975;46:128-131.
- 7 Thivierge M, Leger L. Validité des cardiofrequencemètres. *Science and Sports* 1988;3:211-221.
- 8 Hjemdahl P, Freyschoss U, Juhlin-Dannfelt A, Linde B. Differentiated sympathetic activation during mental stress evoke by the stroop test. *Acta Physiologica Scand* 1984;257(Suppl):25-29.
- 9 Brod J, Fencel V, Hjel Z, Jirka J. Circulatory changes underlying blood pressure elevation during acute emotional stress (mental arithmetic) in normotensive and hypertensive subjects. *Clinical Science London* 1959;18:269-279.
- 10 Renemann H, Bechove PH, Roskamm H. Heart frequency during parachute jumps. *Wehrdienst und Gesundheit.* Freiburg University, Freiburg im Breisgau. Germany. 1968;15:48-53.
- 11 Light KC, Obrist PA, James SA, Strogatz DS. Cardiovascular responses to stress. Relationships to aerobic exercise patterns. *Psychophysiology* 1987;24:79-86.
- 12 Sherwood A, Light KC, Blumenthal JA. Effects of aerobic exercise training on hemodynamic responses during psychosocial stress in normotensive and borderline hypertensive type A men: A preliminary report. *Psychosom Medic* 1989;51:123-136.
- 13 Sinyor D, Golden M, Steiner Y, Seraganaian P. Experimental manipulation of aerobic fitness and the response to psychosocial stress: heart rate and self-report measures. *Psychosom Medic* 1986;48:324-337.
- 14 Van Doornen LJ, De Geus EJ. Aerobic fitness and the cardiovascular response to stress. *Psychophysiology* 1989;26:17-28.
- 15 Blumenthal JA, Emery CF, Walsh MA, Cox DR, Kuhn CM, Williams RB, Williams RS. Exercise training in healthy type A middle-aged men: Effects on behavioral and cardiovascular responses. *Psychosom Medic* 1988;50:418-433.