

LA BIORRETROALIMENTACIÓN COMO TÉCNICA PARA AUTORREGULAR LA FRECUENCIA CARDÍACA DURANTE EL EJERCICIO DINÁMICO: UN ANÁLISIS EXPERIMENTAL¹

María Alvarez Moleiro
Francisco Villamarín Cid
Jaume Cruz

Laboratorio de Psicología del Deporte.

Área de Psicología Básica.

Departamento de Psicología de la Educación.

Facultad de Psicología. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA.

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo estudiar la posibilidad de autocontrol de la frecuencia cardíaca durante la realización de una prueba de esfuerzo en una cinta ergométrica (caminar a 4 Km./h y con un 6% de inclinación). Los sujetos participantes fueron asignados a una de tres condiciones experimentales. Los del grupo experimental-control recibieron biorretroalimentación (BR) de FC durante las cuatro primeras sesiones y no la recibieron durante las cuatro últimas. En el grupo control-experimental no recibieron BR de FC durante las cuatro primeras sesiones y sí durante las cuatro últimas. Y en el grupo control-control no recibieron BR de FC en ninguna de las ocho sesiones experimentales.

¹ Este trabajo se ha realizado, en parte, gracias a la ayuda DEP91-0757 de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Ciencia Español y a la beca de Formación de Investigadores de la U.A.B.

Los sujetos experimental-control, al cabo de las cuatro primeras sesiones mostraron, durante el ejercicio, una FC inferior a la mostrada por los otros dos grupos. Estas diferencias se mantuvieron a lo largo de las cuatro sesiones siguientes en las que los sujetos experimental-control ya no disponían de feedback.

Palabras clave: BIORRETROALIMENTACIÓN; FRECUENCIA CARDÍACA; EJERCICIO DINÁMICO.

SUMMARY

Voluntary heart rate control during moderate exercise (2.5 mph and 6% grade) on a treadmill was studied. Subjects were assigned randomly to each of three conditions. Subjects in experimental-control condition received heart rate biofeedback during the first four sessions but no during the second four sessions. Subjects in control-experimental condition received no feedback during the first four sessions but did received feedback during the second four sessions. Subjects in control-control condition received no feedback during the eight experimental sessions. By the end of the first four sessions the experimental-control group showed a lower mean heart rate during exercise that the other two groups. The differences were maintained after crossover of the feedback provision.

Key words: BIOFEEDBACK; HEART RATE; DYNAMIC EXERCISE.

INTRODUCCIÓN

Desde su aparición en la década de los 60 y hasta fechas todavía muy próximas, las técnicas de biorretroalimentación (BR) se han aplicado de forma prácticamente exclusiva a la resolución de problemas clínicos humanos (Carrobbles y Godoy, 1987). Es sólo a inicios de la década de los 80 cuando la BR empieza a aplicarse, y cada vez con una mayor profusión, en el área de la actividad física y el deporte.

Las investigaciones sobre BR llevadas a término en este área tienen como objetivo global estudiar si el autocontrol de determinadas variables fisiológicas puede contribuir a mejorar el rendimiento en este tipo de tareas. De tal forma que si esto fuera posible, las técnicas de BR podrían constituir un complemento psicológico del entrenamiento físico, técnico y táctico del que depende el rendimiento deportivo global.

Las variables psicofisiológicas utilizadas en los estudios de BR en deporte han sido diversas: tensión muscular (EMG), actividad cerebral (EEG), respiración y frecuencia cardíaca (FC). De estas cuatro variables, las que han producido resultados más esperanzadores respecto a la posible mejora del rendimiento en tareas que impliquen esfuerzo físico son la BR de respiración y de frecuencia cardíaca (Petruzzelo, Landers, Salazar, 1991).

Refiriéndonos ya de forma específica a la BR de FC en deporte y actividad física que constituye el tema del presente trabajo, podemos decir que dichos estudios pueden clasificarse en dos grandes categorías: BR de FC en ejercicio estático y BR de FC en ejercicio dinámico.

Por ejercicio estático se entiende aquél ejercicio en que no existe modificación alguna de la longitud del músculo, y por lo tanto ni movimiento ni trabajo, mientras que el término ejercicio dinámico se refiere a aquel tipo de actividad en que las fibras musculares se acortan o se alargan debido a lo cual se origina el desplazamiento de las superficies articulares, y en consecuencia movimiento y trabajo.

Es este último tipo de ejercicio el que forma parte de la casi totalidad de las actividades llevadas a cabo por los seres humanos durante toda su vida, ya sea en forma de ocupación laboral, tarea doméstica, juego, deporte recreativo o de alta competición; por ello, no resulta extraño que la mayor parte de investigación sobre BR de FC en el ámbito de la actividad física y el deporte se centre en el ejercicio dinámico.

Los resultados de las investigaciones sobre BR de FC en ejercicio dinámico indican que los sujetos entrenados con esta técnica aprenden a atenuar el incremento de FC producido por grados moderados de esfuerzo mientras disponen de información sobre

dicha variable (Goldstein, Ross y Brady, 1977; Perski, Engel, 1980; Lo, Johnston, 1984a; Lo, Johnston, 1984b; Fredrikson, Engel, 1985; Perski, Tzankoff, Engel, 1985). Además esta atenuación del incremento de FC no parece tener efectos desfavorables sobre otras variables que pudieran perjudicar el rendimiento, tales como la presión sanguínea, el consumo de oxígeno o la concentración de lactato.

Hay que aclarar que las investigaciones a las que nos estamos refiriendo son investigaciones realizadas en laboratorio, donde se ha reproducido la tarea atlética a través de pruebas de esfuerzo. Estas pruebas de esfuerzo se han realizado básicamente en dos tipos de ergómetros: cicloergómetro y tapiz rodante o cinta ergométrica. Sin embargo, las investigaciones realizadas con este último aparato son todavía muy escasas. De hecho, únicamente conocemos un trabajo (Goldstein et al. 1977) que utiliza la cinta ergométrica como instrumento para realizar la prueba de esfuerzo.

Por ello, nos parece interesante reemprender esta línea de investigación que utiliza como ergómetro el tapiz rodante, y hemos decidido hacerlo replicando el ya citado trabajo de Goldstein et al. (1977).

Dicha investigación resulta, a nuestro entender, especialmente interesante por dos motivos:

a) Su diseño.

En él se incluyen diversas condiciones de control, lo que posibilita que de producirse algún efecto sobre la variable FC, éste pueda ser atribuido en gran medida al entrenamiento en BR.

b) Los resultados que obtiene.

Resulta relevante que el grupo entrenado con BR de FC consiga un cierto control de esta variable y lo mantenga una vez se le ha retirado el *feedback* (ya que existen estudios (Lo, Johnston, 1984a) en los que no se ha conseguido transferir el control de FC de situaciones con *feedback* a situaciones en las que ya no se dispone de información sobre esta variable (autocontrol)).

A partir de estas consideraciones, el presente estudio tiene como objetivo global examinar los efectos del entrenamiento mediante BR sobre el autocontrol de FC durante la realización de una prueba de esfuerzo en cinta ergométrica, replicando en gran parte el diseño del estudio realizado por Goldstein et al. en 1977.

Este objetivo global se desglosa en tres objetivos específicos: (A) estudiar la posibilidad de autocontrol de FC; (B) estudiar el posible efecto del orden de aplicación del entrenamiento con BR; (C) comparar el efecto del entrenamiento con BR con el efecto de la simple práctica.

MÉTODO

Sujetos

La muestra de la investigación está formada por 10 estudiantes universitarias, con una edad promedio de 21,6 años, seleccionadas de entre una muestra superior de estudiantes voluntarios reclutados en las aulas de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Barcelona en función de los siguientes criterios: (1) sexo femenino, (2) edad entre los 18 y los 27 años, (c) los sujetos no debían referir historial clínico alguno, especialmente de tipo cardiovascular, (d) no debían practicar de forma habitual ningún tipo de deporte o actividad física.

Material

Aparatos

Tanto las pruebas de esfuerzo como el entrenamiento en BR se llevaron a término en las dependencias del laboratorio de Psicología del Deporte de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Los aparatos básicos utilizados fueron:

- Una cinta ergométrica marca Jaeger, modelo Lauf-Ergotest, para pruebas de esfuerzo con velocidades de marcha entre 0,1 y 30 Km/h y regulación de inclinación entre 0 y 20%.
- Un pulsómetro telemétrico, marca Sport-Tester, modelo PE3000 que registra valores puntuales de FC (pulsos/minuto) a intervalos constantes de tiempo.
- Un monitor de registro y visualización de la actividad cardíaca

marca Bexen, modelo BEXKOP 1110. Este aparato se utilizó tanto para proporcionarles a los sujetos *feedback* de su FC, como para hacer un seguimiento de su actividad cardíaca durante la prueba de esfuerzo.

Cuestionario

Al comienzo de las sesiones de las pruebas de esfuerzo los sujetos debían contestar un breve cuestionario en el que se registraban datos sobre ciertos factores que podrían afectar a su ejecución, tales como los cigarrillos fumados, los medicamentos ingeridos, las horas dormidas y la última comida ingerida.

Diseño y procedimiento

El diseño y el procedimiento utilizados en la presente investigación constituyen básicamente una replicación del trabajo de Goldstein et al. (1977), con leves modificaciones que fueron introducidas a raíz de un estudio piloto realizado de forma previa y que comentaremos al final del presente apartado.

Los sujetos participantes fueron divididos al azar en tres grupos:

- (a) Experimental-control, (E-C; n=4)
- (b) Control-experimental, (C-E; n=4)
- (c) Control-control, (C-C; n=2)

Todos los sujetos, independientemente, del grupo al que fueron asignados, participaron en un total de 8 sesiones de hora y media de duración, a razón de dos sesiones por semana. Los días de la semana y las horas de realización de las sesiones podían variar de un sujeto a otro, pero se mantenían constantes para un mismo sujeto.

Como puede observarse en la FIGURA 1 la composición típica de una de estas sesiones fue la siguiente:

En primer lugar, el investigador interrogaba al sujeto sobre su estado de salud, sus actividades del día y otros factores que pudieran repercutir en el desarrollo de la sesión.

FIGURA 1.- Composición típica de una sesión experimental. *Sequence of events in a typical session*

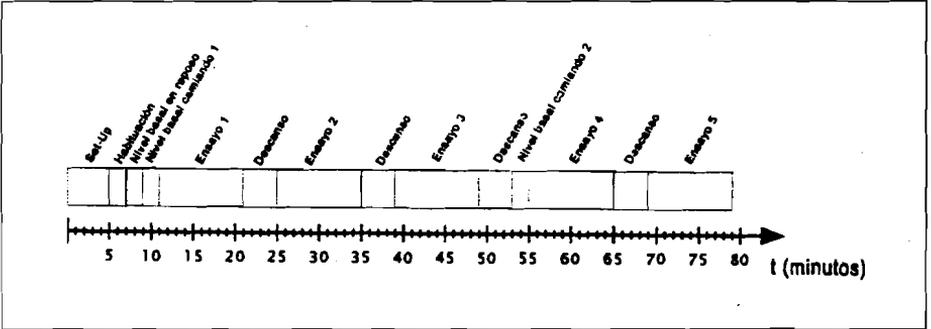
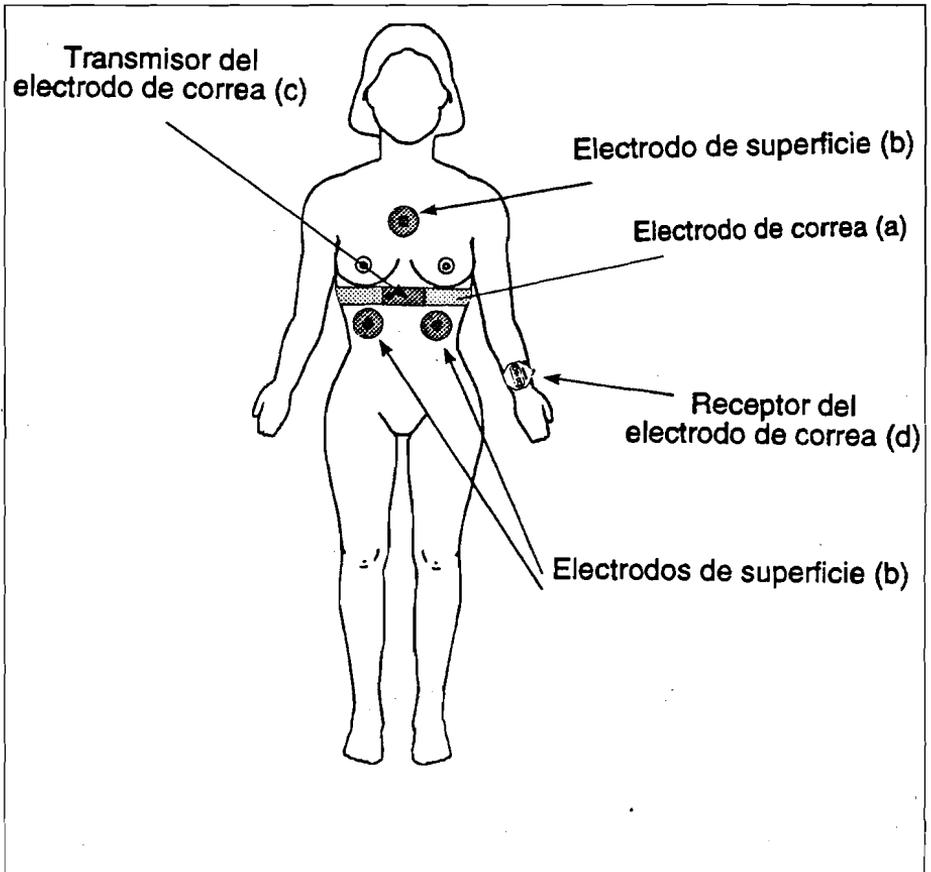


FIGURA 2.- Esquema de la colocación de los electrodos. *Schematic representation of electrode positions*



Acto seguido y durante un período de unos 5 minutos, se procedía a la limpieza de la piel del sujeto, colocación de los electrodos, tanto los conectados al monitor de visualización de la actividad cardíaca como el del pulsómetro telemétrico, y se realizaba la calibración y conexión de los mismos. La posición de ambos tipos de electrodos puede verse en la FIGURA 2.

A continuación, el sujeto permanecía derecho sobre el tapiz, sin moverse, durante un período de 2 minutos de duración que nosotros hemos llamado de habituación al tapiz.

Posteriormente, y durante 2 minutos más, el sujeto mantenía esta postura y el investigador daba inicio al registro de la variable FC, que a partir de entonces y durante las fases sucesivas era registrada cada 15 segundos.

A este nivel basal (NB) en reposo sucedía otro NB, igualmente de 2 minutos de duración, pero caminando (NB_{c1}). Es decir, el tapiz o cinta ergométrica se ponía en marcha a una velocidad de 4 Km/h y con un 6% de inclinación y el sujeto debía caminar sobre él al tiempo que se registraba su FC. En cada una de las sesiones experimentales se realizó una segunda medida del NB caminando (NB_{c2}), previa al cuarto ensayo.

Finalmente, el sujeto realizaba cinco ensayos de 10 minutos de duración cada uno, separados por 4 minutos de descanso, durante los cuales debía, dependiendo del grupo al que perteneciera y la fase en la que se encontrara: (1) caminar sobre el tapiz con la misma carga que en la fase de NB caminando, ó (2) caminar sobre el tapiz e intentar reducir su FC ayudándose del *feedback* que se le proporcionaba, ó (3) caminar sobre el tapiz e intentar reducir su FC pero ya sin la ayuda del *feedback*.

Concretamente, y tal como puede observarse en el diseño esquematizado en la FIGURA 3: los sujetos del grupo E-C recibieron *feedback* de FC durante las cuatro primeras sesiones y no durante las cuatro últimas, mientras que los sujetos del grupo C-E no recibieron *feedback* durante las cuatro primeras sesiones pero sí durante las cuatro últimas. Por su parte, los sujetos del grupo C-C no recibieron *feedback* en ninguna de las sesiones, únicamente caminaban sobre el tapiz.

FIGURA 3.- Esquema del diseño experimental utilizado. Scheme of the experimental design

Sesión	1	2	3	4	5	6	7	8
G. E-C	BR	BR	BR	BR	AC	AC	AC	AC
G. C-E	P	P	P	P	BR	BR	BR	BR
G. C-C	P	P	P	P	P	P	P	P

1ª semana 2ª semana 3ª semana 4ª semana

BR: Sesiones de entrenamiento con biorretroalimentación
 AC: Sesiones de autocontrol
 P: Sesiones de práctica

Las cuatro estudiantes asignadas al grupo E-C recibieron la instrucción de intentar reducir su FC durante los ensayos, y esto tanto en las cuatro primeras sesiones, durante las cuales podían ayudarse del *feedback* (situación experimental), como en las cuatro últimas en las que ya no disponían de esta ayuda (situación de autocontrol). Por su parte, las cuatro estudiantes pertenecientes al grupo C-E recibieron la instrucción, durante las cuatro primeras sesiones, de caminar normalmente sobre el tapiz, pero sin intentar reducir su FC (situación control), y la de intentar disminuir su FC ayudándose del *feedback* (situación experimental) durante las cuatro últimas.

Se les proporcionó *feedback* de FC de tres tipos diferentes:

- (1) Los sujetos podían visualizar el registro continuo de su actividad cardíaca que les informaba sobre la tendencia de la misma en el tiempo.

- (2) Disponían de los valores digitales de su FC expresada en latidos/minuto.
- (3) Los sujetos podían ser informados por el investigador sobre su ejecución durante la sesión, siempre y cuando fueran ellos mismos los que lo preguntaran al final de la sesión.

Una vez descrito el procedimiento y el diseño utilizados en nuestra investigación quisiéramos resumir brevemente las diferencias que presenta en relación al estudio de Goldstein et al. (1977), y los motivos por los cuales introdujimos estos cambios:

- 1) El número total de sesiones de entrenamiento se redujo de las diez del estudio original a las ocho de nuestro estudio.

Teniendo en cuenta la gran duración de las sesiones (hora y media) y dado que los sujetos participantes en la investigación eran voluntarios que no recibían remuneración alguna por su colaboración, consideramos que lo más apropiado para evitar el desánimo y el abandono era reducir, en la medida de lo posible, el número total de sesiones. Por ello, habiendo observado en los resultados del estudio original que el patrón de ejecución se repetía a partir de la 3ª sesión, decidimos eliminar una sesión de cada tipo.

- 3) El grupo C-C constituye también una novedad en relación con el diseño utilizado por Goldstein et al. (1977). Con la introducción de este tercer grupo se pretende controlar de una forma más rigurosa los efectos de la práctica continuada sobre la reducción de FC. (El grupo C-E incluido en el diseño de Goldstein et al. (1977) controla los efectos de la práctica sólo hasta la 5ª sesión).

RESULTADOS

El análisis de los resultados que expondremos a continuación ha sido encaminado, básicamente, a examinar las diferencias en los valores de FC entre los grupos E-C y C-E. Este enfoque del análisis se debe a dos motivos principales: (a) estos dos grupos constituyen propiamente la replicación del diseño de Goldstein et al. (1977), (b) constan de un número de sujetos que consideramos mínimo para poder aplicar pruebas de comparación de grupos ($n=4$).

Este análisis lo hemos estructurado en tres apartados:

- 1) Análisis de los valores absolutos de FC.
- 2) Análisis de la variación relativa de FC (expresada en %) del ensayo 5º(E_5) respecto al 1º(E_1), y del 2º nivel basal caminando (NB_{c2}) respecto al 1º(NB_{c1}).
- 3) La descripción gráfica de las diferencias individuales en la evolución de la FC a lo largo de las sesiones.

En lo que se refiere al grupo C-C, teniendo en cuenta el escaso número de sujetos ($n=2$) que constituyen este grupo, nos limitaremos a contrastar visualmente la evolución de la FC de los sujetos de este grupo con la de los grupos E-C y C-E.

Análisis de los valores absolutos de FC

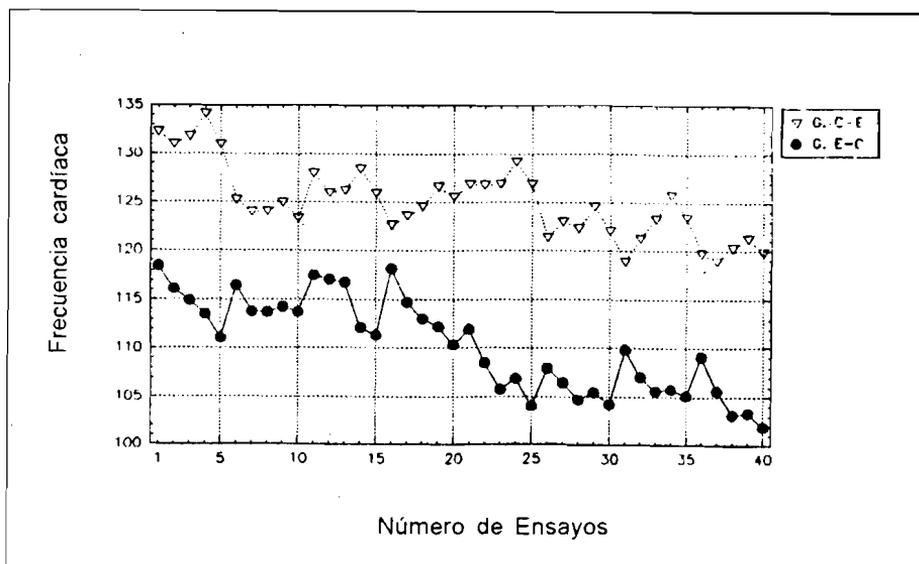
Consideramos oportuno realizar, de entrada, un análisis de las posibles diferencias en los valores absolutos de FC entre los grupos E-C y C-E.

Para asegurarnos de que los sujetos de ambos grupos poseían valores de FC similares antes de iniciar el entrenamiento, comparamos los niveles basales en reposo y caminando de la primera sesión mediante una prueba de comparación de medias para datos independientes. No se encontraron diferencias significativas en los valores de FC.

Hecha esta comprobación, comparamos entonces los valores de FC para cada ensayo de las ocho sesiones que componen el procedimiento experimental, también mediante una prueba no paramétrica de comparación de medias para datos independientes (U de Mann-Withney). En este análisis no encontramos diferencias significativas en la FC de ambos grupos en ninguno de los ensayos de las diferentes sesiones.

Sin embargo, tal y como puede verse en la FIGURA 4, apreciamos una clara diferencia de tendencia en la evolución de FC entre los grupos E-C y C-E. Así mientras que en el grupo E-C los valores de FC tienden a disminuir a lo largo de los cinco ensayos que componen cada una de las sesiones experimentales, en el grupo C-E esta tendencia es mucho menos acusada, llegando a invertirse en algunas ocasiones.

FIGURA 4.- Evolución de la FC a lo largo de los 5 ensayos que constituyen cada una de las 8 sesiones experimentales. *Group mean heart rates as a function of trial number for sessions 1 through 5*



Esta observación nos indujo a realizar un nuevo análisis de resultados para examinar con mayor precisión la evolución de la FC a lo largo del período de entrenamiento: el análisis de la variación relativa de FC.

Análisis de la variación relativa de FC

Se calculó, para todos los sujetos y para cada una de las sesiones en que participaron, la variación relativa de la variable FC del ensayo quinto (E_5) respecto al primero (E_1) y del segundo NB caminando (NB_{c2}) respecto al primero (NB_{c1}) mediante las siguientes expresiones:

$$\% \text{ Var. Rel. FCE} = \frac{(FCE_1 - FCE_5)}{FCE_1} \times 100$$

$$\% \text{ Var. Rel. FCNB} = \frac{(\text{FCNB}_{c_1} - \text{FCNB}_{c_2})}{\text{FCNB}_{c_1}} \times 100$$

En la TABLA 1 se puede observar, para los grupos experimentales E-C y C-E, el porcentaje de cambio de FC que se produce entre los ensayos 1 y 5 y entre los niveles basales en ejercicio (1 y 2) en las sesiones 1,4,5 y 8.

TABLA 1.- Variación relativa de FC entre los ensayos 1 y 5 y entre los niveles basales 1 y 2 de las sesiones 1, 4, 5 y 8, para los grupos E-C y C-E. E-C and C-E- groups HR relative variation among trial 1 and 5 and NB 1 and 2 for sessions 1, 4, 5 and 8

Variación relativa (%) de FC entre ensayos (1-5) y entre niveles basales (1 y 2)			
G.EXP.	SESIÓN	% Var. Rel. entre ensayos	% Var. Rel entre NB's
E-C	1	6.263	2.142
	4	6.493	4.330
	5	7.050	6.500
	8	6.402	4.920
C-E	1	0.538	3.160
	4	-2.732	-4.563
	5	-0.047	-3.210
	8	-0.340	-0.258

Variación relativa de FC entre ensayos

Mediante una prueba no paramétrica para datos independientes (U de Mann-Withney) comparamos el grupo E-C, y el grupo C-E en

TABLA 2.- Comparación de medias de datos independientes de la variable % de cambio de FC del ensayo 5° respecto al 1° entre los grupos E-C y C-E, para las ocho sesiones experimentales. *Independent means comparison between groups E-C and C-E of HR relative variation among trial 1 and 5 for any of sessions 1 through 8*

SESIÓN	GRUPO	MEAN RANK	U	SIG.
1	E-C C-E	5.50 3.50	4.0	0.3429
2	E-C C-E	5.25 3.75	5.0	0.4857
3	E-C C-E	5.75 3.25	3.0	0.2000
4	E-C C-E	6.50 2.50	0.0	0.0286*
5	E-C C-E	6.50 2.50	0.0	0.0286*
6	E-C C-E	5.00 4.00	6.0	0.6857
7	E-C C-E	6.50 2.50	0.0	0.0286*
8	E-C C-E	6.25 2.75	1.0	0.0571

la variable porcentaje de cambio de FC entre ensayos (1 a 5) para cada sesión.

Como puede observarse en la TABLA 2, las diferencias entre ambos grupos para esta variable fueron significativas en la cuarta, la quinta y la séptima sesión ($U=0.0$, $P=0.0286$) y casi significativas en la octava ($U=1.0$, $P=0.0571$). Estas diferencias van siempre en el sentido de una mayor reducción de FC en el grupo E-C.

Variación relativa de FC entre niveles basales

Al igual que en el caso de la variación entre ensayos, se comparó mediante una prueba U para datos independientes la variación relativa de FC entre niveles basales caminando (1 y 2) de las sesiones 1,4,5 y 8 para los grupos E-C y C-E.

TABLA 3.- Comparación de medias de datos independientes de la variable % de cambio de FC del 2º NB_c respecto al 1º, entre los grupos E-C y C-E, para las ocho sesiones experimentales. Independent means comparison between groups E-C and C-E of HR relative variation among Nb_{c1} and Nb_{c2} for any sessions 1 through 8

SESIÓN	GRUPO	MEAN RANK	U	SIG.
1	E-C	3.75	5.0	0.4857
	C-E	5.25		
2	E-C	5.00	6.0	0.6857
	C-E	4.00		
3	E-C	5.75	3.0	0.2000
	C-E	3.25		
4	E-C	6.25	1.0	0.0571
	C-E	2.75		
5	E-C	6.50	0.0	0.0286*
	C-E	2.50		
6	E-C	4.75	3.0	0.4000
	C-E	3.00		
7	E-C	5.25	1.0	0.1143
	C-E	2.33		
8	E-C	5.75	3.0	0.2000
	C-E	3.25		

Como puede observarse en la TABLA 3 se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en la sesión quinta ($U=0.0$, $P=0.0286$) y casi significativas en la cuarta ($U=1.0$, $P=0.0571$). Estas diferencias, al igual que en el análisis anterior, se producen siempre en el sentido de una mayor reducción de FC en el grupo E-C.

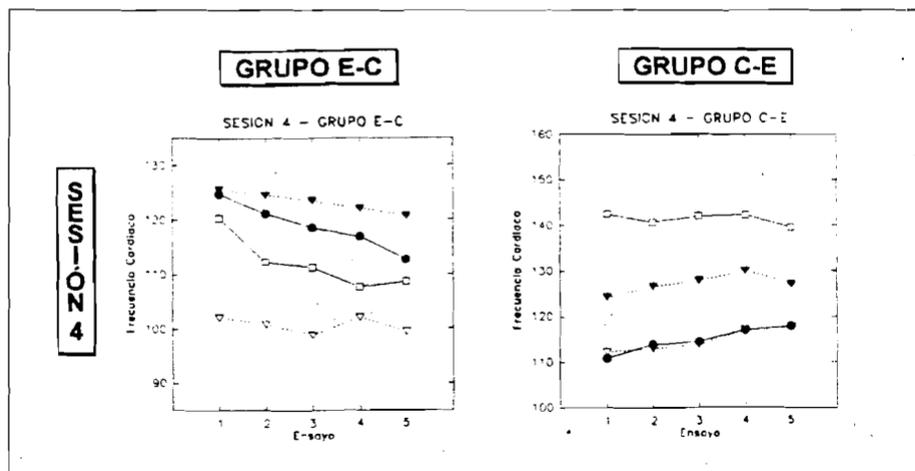
Descripción gráfica de las diferencias individuales

En la FIGURA 5 representamos los valores de FC de cada uno de los cuatro sujetos de los grupos E-C y C-E durante los cinco ensayos de entrenamiento de las sesiones 4, 5 y 8.

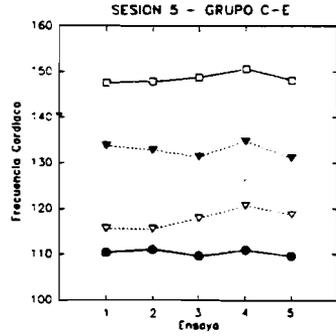
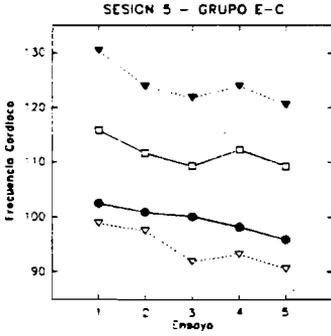
Con ello únicamente queremos dejar constancia:

- De que las curvas de FC de los sujetos de un mismo grupo, a lo largo de las diferentes sesiones, difieren entre sí, y en ocasiones, de forma notable (sobre todo en los sujetos del grupo E-C).
- A pesar de estas diferencias individuales intragrupalas puede detectarse una clara diferencia de tendencia en la evolución de FC entre los sujetos de los grupos E-C y C-E.

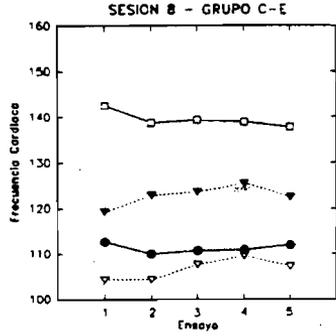
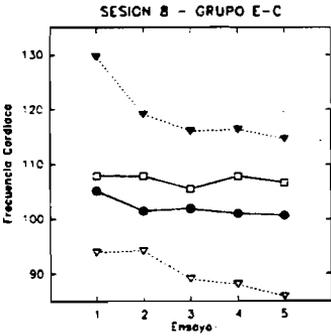
FIGURA 5.- Evolución diferencial de la FC de cada uno de los sujetos de los grupos E-C y C-E, durante los cinco ensayos de las sesiones 4, 5 y 8. *Differential HR evolution throughout the five trials which constitute each experimental session*



en ZO-01010



en ZO-01010



Evolución de la FC en el grupo C-C

Dado el escaso número de sujetos ($n=2$) que constituyen el grupo C-C, nos limitamos a constatar visualmente la evolución de la FC de los sujetos de este grupo y a comparar, también a nivel visual, los porcentajes de cambio de FC entre ensayos (1 y 5) de la 5ª y la 8ª sesión experimental de los tres grupos (E-C, C-E y C-C). En la TABLA 4 se muestran dichos porcentajes de cambio.

TABLA 4.- Tabla comparativa de los % de cambio de FC, entre los ensayos 1 y 5 de las sesiones 4, 5 y 8, mostrados por los tres grupos experimentales. *E-C, C-E and C-C HR relative variation among trial 1 and 5 for sessions 5 and 8*

GRUPO \ SESIÓN	SESIÓN	
	5	8
E-C	7.050	6.402
C-C	-3.100	-2.740
C-E	-0.047	-0.340

Como puede apreciarse, mientras que en el grupo E-C (que ha sido entrenado con BR durante las cuatro primeras sesiones) se produce una disminución de FC, en el grupo C-C se produce un incremento entre ensayos incluso superior al del grupo C-E (que sólo practicó durante las cuatro primeras sesiones).

DISCUSIÓN

Autocontrol de FC durante el esfuerzo ergométrico

El análisis de los valores absolutos de FC no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos E-C y C-E en ningun-

no de los ensayos de las diferentes sesiones, si bien la observación de los datos permite descubrir una clara diferencia de tendencia en la evolución de la FC de ambos grupos.

La falta de diferencias significativas entre los valores de FC de ambos grupos podría deberse, conjuntamente, al bajo número de sujetos y a la gran variabilidad de los valores de FC dentro de cada grupo (que se ha descrito de forma gráfica en la FIGURA 5). De hecho, en el trabajo de Goldstein et al. (1977) en el que se utilizan nueve personas por grupo, diferencias en los valores de FC similares, e incluso inferiores, a las nuestras se mostraron estadísticamente significativas.

La comparación de los porcentajes de variación relativa de FC, tanto entre ensayos como entre los niveles basales caminando (1 y 2), mostró con mayor claridad las diferencias en la evolución de la FC de ambos grupos (E-C, C-E). Así, el porcentaje de cambio de FC entre los ensayos 1 y 5 se diferenció de forma significativa en la cuarta, la quinta y la séptima sesión, y de forma casi significativa en la octava. (De hecho los porcentajes de variación relativa de FC entre ensayos fueron mayores en nuestro estudio que en el de Goldstein et al. 1977). Por otra parte, al comparar los cambios relativos de FC entre los niveles basales 1 y 2, las diferencias fueron significativas en la quinta sesión y casi significativas en la cuarta. Las diferencias van siempre en el sentido de una mayor disminución de FC en el grupo C-E.

Así pues, en nuestra opinión, el conjunto de resultados obtenidos (tanto la tendencia observada en la evolución de los valores absolutos como el análisis de los porcentajes de cambio), parecen apoyar, la eficacia de las técnicas de BR para posibilitar el control de FC durante las pruebas de esfuerzo en el tapiz rodante. (Los sujetos que fueron entrenados con BR durante las cuatro primeras sesiones consiguieron una cierta reducción de su FC y la mantuvieron una vez retirado el *feedback*).

Estos resultados:

a) Están en la línea de los obtenidos por otros estudios que parecen apoyar la eficacia de la BR como técnica de entrenamiento

psicológico para autocontrolar FC (y otras variables psicofisiológicas que mejoran la eficacia cardiorespiratoria) durante el ejercicio en cicloergómetro (Perski, Engel, 1980; Lo, Johnston, 1984; Fredrikson, Engel, 1985; Perski, Tzankoff, Engel, 1985; Valiente, 1993; Capdevila, Pintanel, Valiente, Cruz, 1995).

2) Coinciden en gran medida con los de la investigación que hemos pretendido replicar (Goldstein et al. 1977), que es el único estudio realizado con cinta ergométrica que conocemos.

Efecto del orden de aplicación del entrenamiento en BR

Los resultados de nuestro estudio muestran un claro efecto de orden del entrenamiento con BR. Así, mientras que los sujetos del grupo C-E incrementan su FC a lo largo de los ensayos de las cuatro últimas sesiones - durante las cuales recibieron entrenamiento en BR-, los sujetos del grupo E-C, que recibieron entrenamiento en BR durante las cuatro primeras sesiones consiguieron una cierta disminución de su FC.

Estos resultados, si bien son un tanto chocantes, pues cabría esperar que los sujetos del grupo C-E consiguieran un cierto control de su FC al ser entrenados con BR, coinciden plenamente con los obtenidos por Goldstein et al. (1977).

Tal y como especulan estos autores, el orden de aplicación del entrenamiento en BR puede tener efectos de tipo motivacional que explicarían, en parte, estos resultados inesperados. Podría ocurrir que los sujetos del grupo C-E después de cuatro sesiones de práctica sin feedback en que no consiguen disminuir su FC, experimenten una sensación de desánimo. Este desánimo, a su vez, podría dar lugar a que en las cuatro sesiones restantes en que disponen de BR se esfuercen poco por conseguir el autocontrol,

En cualquier caso nuestros resultados y los de Goldstein et al. (1977) parecen indicar con claridad la conveniencia de aplicar las técnicas de BR de FC durante las primeras sesiones de entrenamiento en la cinta ergométrica.

Comparación del efecto del entrenamiento con BR con el efecto de la simple práctica

La posible influencia de la simple práctica en la cinta ergométrica sobre la disminución de FC se controló en nuestro diseño mediante las cuatro primeras sesiones del grupo C-E y las ocho sesiones del grupo C-C. Como ya se ha comentado, los sujetos de este último grupo se limitaron a caminar sobre el tapiz durante las ocho sesiones experimentales, sin recibir entrenamiento en BR en ninguna de ellas.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto:

- 1) Que la FC del grupo C-E fue, a lo largo de las cuatro primeras sesiones, siempre superior a la del grupo E-C.
- 2) Que en el grupo C-C el porcentaje de variación de FC ensayos fue, en las ocho sesiones, inferior al del grupo E-C.

Estos resultados, permiten descartar, hasta cierto punto, la posibilidad de atribuir los descensos de FC mostrados por el grupo E-C a la mera práctica, apoyando así la eficacia de la BR como técnica de autocontrol de FC.

BIBLIOGRAFÍA

- Carrobes, J.A. y Godoy, J.** (1987). *Biofeedback. Principios y aplicaciones*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, S.A.
- Capdevila, Ll., Pintanel, M., Valiente, L. y Cruz, J.** (1995). La biorretroalimentación como técnica de entrenamiento psicológico deportivo. *Revista de Psicología General y Aplicada* (en prensa).
- Fredrikson, M. y Engel, B.T.** (1985). Learned control of heart rate during exercise in patients with borderline hypertension. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 315-320.
- Goldstein, D.S., Ross, R.S. y Brady, J.V.** (1977). Biofeedback heart rate training during exercise. *Biofeedback and Self-Regulation*, 2(2), 107-125.
- Lo, Ch.R. y Johnston, A.N.** (1984a). Cardiovascular feedback during dynamic exercise. *Psychophysiology*, 21(1), 199-206.

- Lo, Ch.R. y Johnston, A.N.** (1984). The self-control of the cardiovascular response to exercise using feedback of the product of interbeat interval and pulse transit time. *Psychosomatic Medicine*, 46(2), 115-125.
- Perski, A. y Engel, B.T.** (1980). The role of behavioral conditioning in the cardiovascular adjustment to exercise. *Biofeedback and Self-Regulation*, 5(1), 91-104.
- Perski, A., Tzankoff, S.P. y Engel, B.T.** (1985). Central control of cardiovascular adjustments to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 58(2), 431-435.
- Petruzzelo, S.J., Landers, D.M. y Salazar, W.** (1991). Biofeedback and Sport/Exercise Performance: Applications and Limitations. *Behavior Therapy*, 22, 379-392.
- Valiente, L.** (1993) *Biorretroalimentació de freqüència cardíaca en proves d'esforç amb cicloergòmetre*. Trabajo de investigación no publicado. Bellaterra, Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.