

CONDUCTA DEPORTIVA EN DISEÑOS DE GRUPO: ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES

L. CAPDEVILA ORTÍS; J. CRUZ FELIU; M.ª C. VILADRICH SEGUÉS
Universidad Autónoma de Barcelona

Resumen

En este trabajo se aplica, en un diseño de grupo con deportistas, la metodología ARIMA y la «Técnica de Superposición de Curvas» desarrolladas en estudios previos. Este instrumento estadístico se basa en el análisis de series temporales, permitiendo el estudio longitudinal y continuo de variables emocionales y conductuales. El objetivo principal es analizar los efectos de dos programas de preparación psicológica sobre el control de la ansiedad y de la eficiencia cardíaca en atletas medio-fondistas. Se comparan las curvas de frecuencia cardíaca, obtenidas en dos pruebas de esfuerzo de laboratorio sobre una cinta ergométrica, correspondientes a atletas de alto nivel sometidos a tres condiciones experimentales distintas. Los resultados indican un efecto significativo del entrenamiento psicológico en el sentido esperado, y demuestran que la metodología de análisis utilizada es también adecuada para diseños de grupo.

Abstract

In this paper we apply the ARIMA methodology and the Curve Superposition Technique, developed in previous studies, to a group design in athletes. This statistical instrument is based on Time Series Analysis, allowing the longitudinal and continuous study of emotional and behavioral variables. The main purpose of the study is to analyze the effects of two programmes of psychological training over the control of anxiety and the cardiorespiratory efficiency of middle distance runners. We compare heart rate's curves, obtained in two treadmill run tests, of peak performance middle distance runners, under three different experimental conditions. The results show a significant effect of psychological training in the expected direction and confirm that the methodology of analysis used is also adequate for groups designs.

Introducción

La evaluación continua del afrontamiento de la competición deportiva por parte de los atletas es un aspecto que preocupa a muchos investigadores en el ámbito de la Psicología del Deporte, tal como sucede en otras áreas de la Psicología al evaluar la conducta de los individuos (Bryan, 1987; Zaichkowsky, 1980). Muchas veces se intenta cuantificar la conducta como una variable continua en el tiempo, como si se tratara de una variable fisiológica registrada a intervalos regulares (Grzib, García, Briales y Fernández Trespalacios, 1989). A menudo, un problema adicional, cuando se obtienen datos de esta forma cuantificados, es su posterior análisis y tratamiento estadístico.

Una solución estadística puede ser el Análisis de Series Temporales, metodología que no debe asociarse necesariamente con diseños de caso único,

ya que los datos a analizar pueden muy bien ser valores medios de un grupo de sujetos (Gottman, 1981; Hartmann, Gottman, Jones, Gardner, Kazdin y Vaught, 1980; Kazdin, 1984). Esta asociación puede que venga dada porque, a menudo, se recurre al análisis de series temporales cuando se utilizan diseños de caso único a partir de los cuales se obtiene un conjunto de datos difícil de analizar según la estadística convencional (Huitema, 1985; Jones, Vaught y Weinrott, 1977; Kratochwill y Piersel, 1983). En la investigación conductual, normalmente, las técnicas de análisis de series temporales se utilizan para evaluar la eficacia de una intervención en un momento temporal concreto, a partir de los cambios de nivel o de tendencia en los datos (Kazdin, 1980; Kazdin, 1984; Gottman y Glass, 1978), pero muchas veces no se tiene en cuenta la autocorrelación entre los datos.

En trabajos anteriores hemos comprobado que

variables como la frecuencia cardíaca (FC) presentan una clara dependencia serial entre puntos de datos sucesivos en el tiempo. Tanto la FC continua en el tiempo de un mismo sujeto como la FC media de un grupo de sujetos han mostrado una fuerte autocorrelación cuando se evalúa bajo condiciones donde el esfuerzo físico es el factor que la determina (Capdevila, 1989; Capdevila y Cruz, 1988). Por este motivo, se desarrolló un instrumento estadístico partiendo de una metodología que considera la autocorrelación presente entre los datos. La finalidad de la técnica era proporcionar criterios objetivos para evaluar la eficacia de una intervención sobre curvas de FC continua correspondientes a un solo atleta. La técnica utilizada permitió conocer si la intervención había producido un cambio significativo en la evolución a lo largo del tiempo de la variable estudiada, y comparar dos curvas de datos obtenidas en iguales condiciones por un mismo deportista. Este tratamiento estadístico se basa en el Análisis de Series Temporales según modelos ARIMA y recibe el nombre de «Técnica de Superposición de Curvas» —TSC— (Capdevila y Cruz, 1992).

En el presente estudio se pretende aplicar la TSC para evaluar los efectos de dos programas de preparación psicológica sobre el control de la ansiedad y de la eficiencia cardíaca en una muestra de atletas medio-fondistas. Uno de los principales objetivos es demostrar que la técnica, basada en el análisis de series temporales y desarrollada en un estudio de caso único (Capdevila y Cruz, 1992), es también válida en diseños de grupo, aportando mucha más información que un análisis estadístico convencional.

Método

Los resultados que se presentarán corresponden a una investigación realizada dentro del ámbito de la Psicología del Deporte (Capdevila, 1989). Una de las finalidades de aquella investigación era probar la eficacia de dos programas de entrenamiento psicológico sobre el control de la FC, registrada a intervalos constantes de tiempo, durante una prueba ergométrica de esfuerzo en el laboratorio.

Sujetos

Los sujetos eran atletas masculinos medio-fondistas (800 y 1.500 metros lisos), con una edad media de 19,5 años (DT = 2,2), que participaban en competiciones de atletismo de alto nivel.

Aparatos

Los aparatos básicos utilizados fueron una cinta ergométrica para realizar pruebas de esfuerzo en el laboratorio, y un polígrafo para el registro continuo en el tiempo (cada 30 segundos) de la FC.

Procedimiento

En la tabla 1 se resumen las fases generales del diseño experimental utilizado, basado en una investigación de Ziegler, Klinzing y Williamson (1982), especificándose las sesiones dirigidas por el experimentador en cada fase.

TABLA 1
Fases generales del diseño experimental. Se especifican las sesiones dirigidas por el experimentador en cada fase

Fase	Sesiones	Tiempo entre fases
I. Equilibrado de grupos	1 (P. Máx.)	1 Semana
II. Evaluación antes de la intervención: pretest	1 (PSM-1)	1 Semana
III. Entrenamiento psicológico a) Inoculación del estrés b) Condicionamiento clásico	10	5 Semanas
IV. Evaluación después de la intervención: postest	1 (PSM-2)	

En la Fase I se equilibraron tres grupos respecto al rendimiento fisiológico potencial (consumo máximo de oxígeno) valorado en una prueba ergométrica previa: 1) grupo Control, que no recibía ninguna intervención; 2) grupo IE, que recibía un entrenamiento psicológico en Inoculación del Estrés (Meichenbaum, 1977) entre el Pretest y el Postest, y 3) grupo CC, que recibía un entrenamiento psicológico en Condicionamiento Clásico (Siegel, 1986) entre el Pretest y el Postest. La Fase III corresponde al adiestramiento en los programas de entrenamiento psicológico de los atletas en los grupos IE y CC (5 semanas). En las Fases II y IV —Pretest y Postest— todos los sujetos realizaban una prueba de esfuerzo, donde se registraba la FC cada 30 segundos. En el Postest (Fase IV) los atletas de los grupos IE y CC aplicaban sendos programas de entrenamiento psicológico.

A continuación se resumen las etapas de que constaba cada prueba de esfuerzo, tanto en el Pretest como en el Postest:

- a) Reposo: 3 minutos.
- b) Calentamiento: 3 minutos, corriendo a 8 km/h.
- c) Carrera Constante: 20 minutos, manteniendo la velocidad al 65 por 100 del consumo máximo de oxígeno (calculado en una prueba previa de esfuerzo máximo).
- d) Recuperación: 3 minutos.

Resultados

Las figuras 1 y 2 representan la evolución en el tiempo de los valores medios de FC mostrados por los tres grupos de la investigación.

Utilizando el mismo tipo de análisis descrito en trabajos anteriores (Capdevila, 1989; Capdevila y Cruz, 1992), ajustaremos un modelo ARIMA válido a la curva de FC media presentada por el grupo Control, y analizaremos la superposición de las curvas reales de FC de los dos grupos experimentales sobre el intervalo de confianza del 95 por 100 obtenido en el ajuste. Realizaremos esta operación separadamente para el Pretest y el Postest. Hemos escogido para el ajuste el grupo Control porque experimentalmente es el punto de referencia para la comparación.

Ajuste de un modelo ARIMA óptimo a las curvas de FC presentadas por el grupo Control en las dos pruebas de esfuerzo

Ya que las condiciones experimentales son las mismas para los tres grupos en las dos pruebas, intentaremos aplicar en todos los casos modelos ARIMA con idénticos regresores ficticios. Observando los tres grupos en las dos pruebas en las figuras 1 y 2, se puede notar que los principales cambios de nivel en la FC corresponden a los momentos de cambio de velocidad de la cinta (intervalos 8, 14 y 54), y a los intervalos inmediatamente posteriores (intervalos 9, 15 y 55). A partir de estas observaciones, ajustaremos modelos ARIMA con seis regresores ficticios que corresponderán al inicio de los periodos de: a) calentamiento (intervalos 8 y 9); b) carrera constante (intervalos 14 y 15), y c) recuperación (intervalos 54 y 55).

Antes de aplicar el modelo con regresores ficticios, tenemos que ajustar un modelo ARIMA óptimo a cada serie temporal para la cual deseamos calcular el intervalo de confianza. Ajustaremos un modelo ARIMA a la curva del grupo Control en cada prueba de esfuerzo. Una vez comprobado que todas las series se tienen que diferenciar, al no ser estacionarias, tendremos que analizar la autocorrelación y la autocorrelación parcial de las diferencias de orden 1. A partir de este análisis y del *feedback* proporcionado por el estudio de los residuales de diferentes tentativas de ajuste, se identifican los siguientes modelos ARIMA para el grupo Control, con los correspondientes parámetros autorregresivos: a) para el Pretest, un modelo ARIMA (1,1,0), donde AR1 vale 0,646 ($p < 0,001$), y b) para el Postest, un modelo ARIMA (1,1,0), donde AR1 vale 0,623 ($p < 0,001$). En la tabla 2 se representan los estadísticos que permiten validar los modelos sin regresores, ajustados a las curvas del grupo Control. Los valores representados sugieren que el ajuste se puede optimizar, ya que el valor medio y el error estándar de los residuales no son excesivamente pequeños, y el índice Durbin-Watson se aleja un poco del valor 2.

TABLA 2

Estadísticos que permiten validar los modelos ARIMA sin regresores ficticios, ajustados a las curvas FC del grupo Control para las dos pruebas de esfuerzo

Grupo Control	Pretest	Postest
Modelo ARIMA	(1,1,0)	(1,1,0)
Grados libertad	60	60
Índice AIC	370,66	376,48
Valor medio residuales	0,074	0,168
Error est. residuales	5,007	5,233
Índice Durbin-Watson	1,815	1,796

A continuación, adicionamos a estos modelos originales los seis regresores ficticios descritos anteriormente, que representan los puntos donde interviene el cambio de velocidad de la cinta. Después del reajuste, se obtienen los parámetros que figuran en la tabla 3. En ella se observa que, tanto en el Pretest como en el Postest del grupo Control, el único

TABLA 3

Valor y significación de los parámetros correspondientes a los modelos ARIMA con 6 regresores ficticios, ajustados a la FC del grupo Control, para las dos pruebas de esfuerzo

Grupo Control	Pretest		Postest	
	Valor	p	Valor	p
Param. autoreg.				
AR1	0,578	< 0,001	0,716	< 0,001
Regresores fict.				
R8	23,84	< 0,001	27,97	< 0,001
R9	21,02	< 0,001	14,33	< 0,001
R14	6,17	0,013	6,80	< 0,001
R15	4,12	0,092	2,83	0,133
R54	-14,23	< 0,001	-19,42	< 0,001
R55	-16,34	< 0,001	-13,30	< 0,001

regresor ficticio no significativo corresponde al intervalo de tiempo 15. Podemos interpretar que el modelo estima un aumento de 4,12 pulsos/minuto en este punto, resultando un cambio no significativo teniendo en cuenta la evolución temporal total de la curva del Pretest. Igualmente, en el Postest no resulta significativo el cambio de nivel en la FC, de 2,83 pulsos/minuto, que se estima en ese intervalo. En la tabla 4 figuran los estadísticos que permiten validar los modelos con seis regresores ficticios ajustados a las curvas del grupo Control. Comparando los valores de esta tabla con los de la tabla 2, se observa que todos los índices indican un mejor ajuste de los modelos con 6 regresores ficticios (excepto quizá el índice Durbin-Watson para el Pretest).

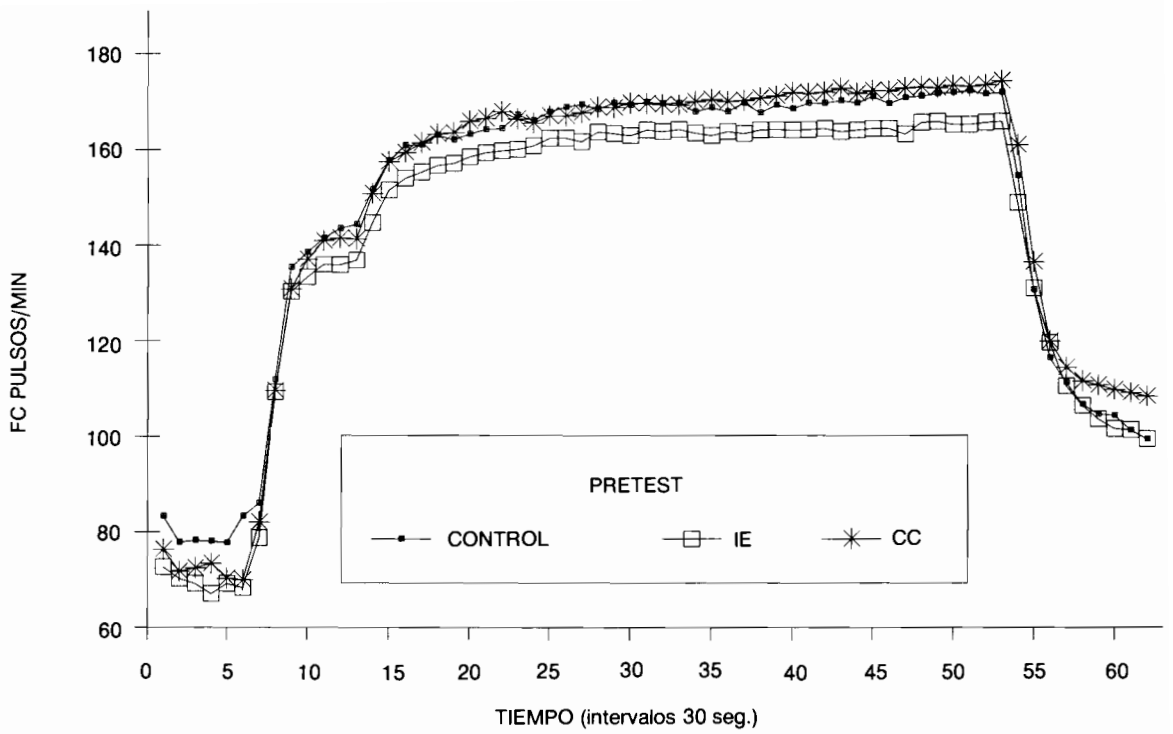


Figura 1. FC a intervalos de 30 seg., presentada por los 3 grupos de la investigación en el Pretest.

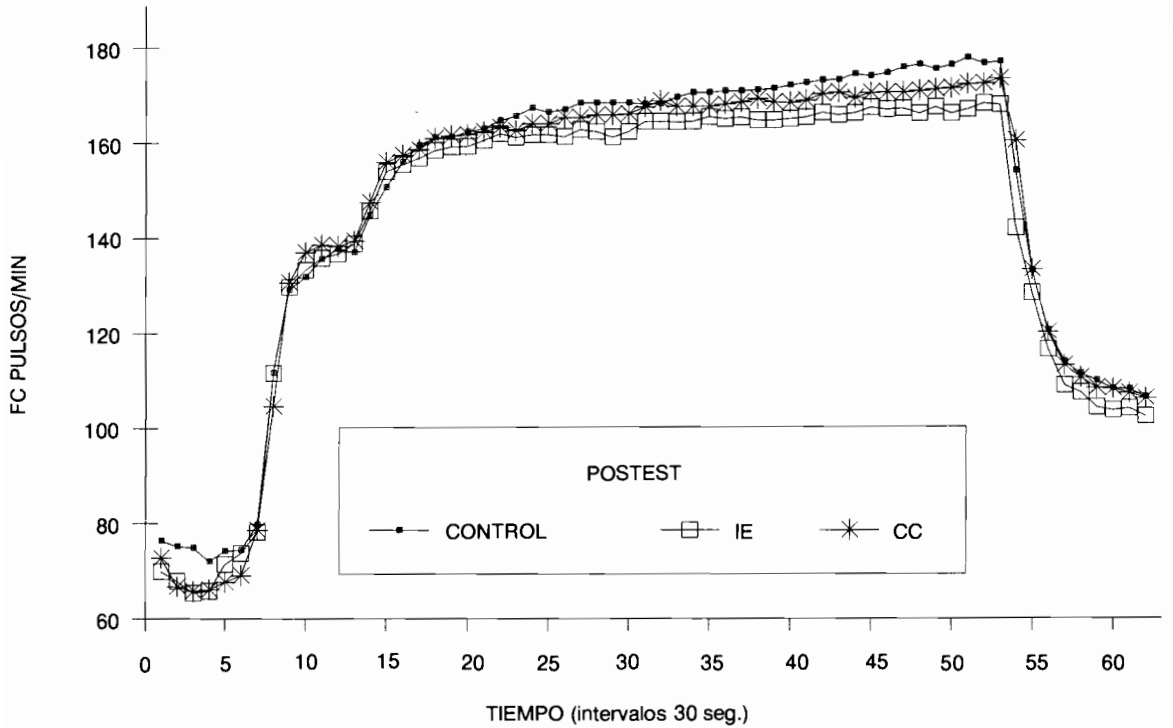


Figura 2. FC a intervalos de 30 seg., presentada por los 3 grupos de la investigación en el Postest.

TABLA 4

Estadísticos que permiten validar los modelos ARIMA con 6 regresores ficticios, ajustados a las curvas de FC del grupo Control para las dos pruebas de esfuerzo

Grupo Control	Pretest	Postest
Modelo ARIMA	(1,1,0)	(1,1,0)
Regresores ficticios	6	6
Grados libertad	54	54
Índice AIC	292,15	265,93
Valor medio residuales	-0,075	0,030
Error est. residuales	2,535	2,013
Índice Durbin-Watson	2,289	1,904

La autocorrelación de los residuales para estos modelos no indica ninguna estructuración ni dependencia.

Comparación de las curvas de FC de los tres grupos en cada prueba: TSC

Considerando estos modelos ARIMA con seis regresores ficticios como los mejores ajustes de las

curvas de FC para el grupo Control, procederemos a la estimación de los intervalos de confianza del 95 por 100 pertinentes. A continuación, para cada prueba de esfuerzo, superpondremos a este intervalo de confianza estimado para el grupo Control, la curva real de FC observada en los grupos IE y CC. Las figuras 3 y 4 representan la superposición de curvas, respectivamente, para el Pretest y el Postest. Analizando visualmente estos gráficos podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Pretest (Fig. 3)

Para el grupo IE, la curva de FC se sitúa de manera regular muy cerca del límite inferior del intervalo de confianza estimado para el grupo Control. Analizando por etapas, en la de reposo la curva del grupo IE está por debajo del límite inferior. Durante los 20 minutos de carrera constante la curva fluctúa alrededor del límite inferior, entrando y saliendo del intervalo de confianza. En la etapa de recuperación, la curva del grupo IE se observa dentro del intervalo, cercana al límite inferior. En cuanto al grupo CC, la curva de FC se encuentra claramente dentro del intervalo de confianza estimado para el grupo Control en la etapa de carrera constante, acercándose al límite superior del intervalo, sobre todo en la última

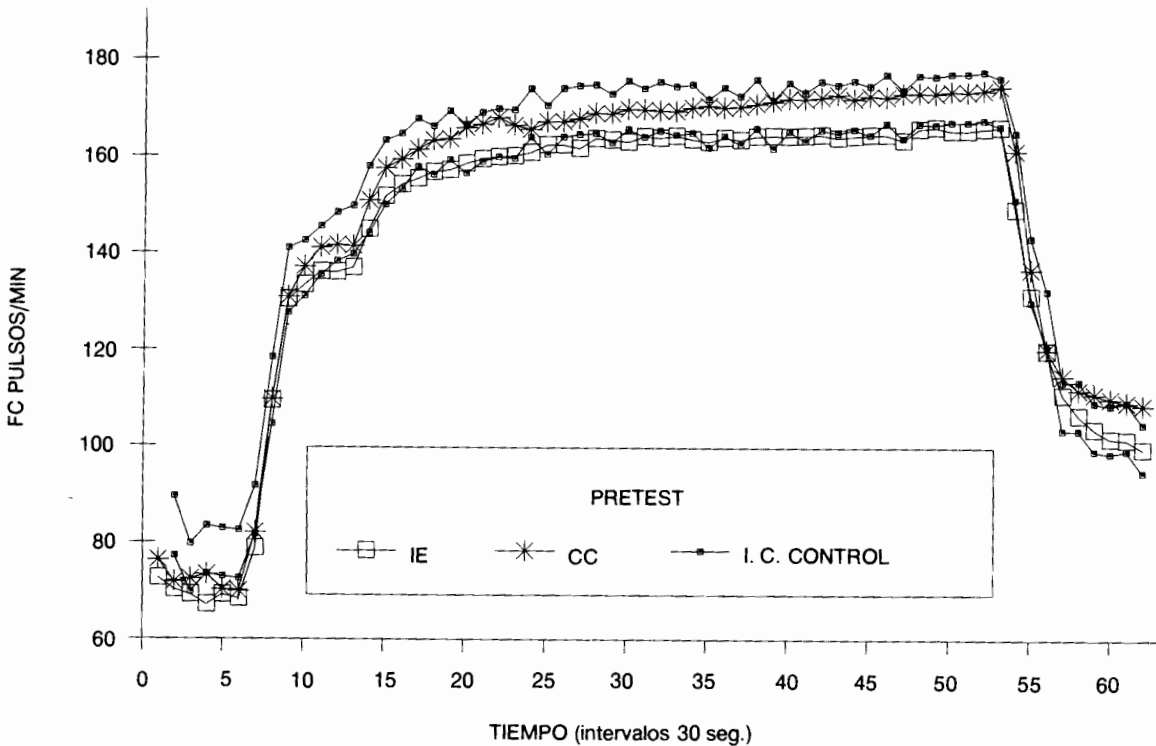


Figura 3. Técnica de Superposición de Curvas aplicada a las curvas de FC del Pretest. Se representan el intervalo de confianza correspondiente a la estimación de la FC del grupo Control a partir del modelo ARIMA (1,1,0) con 6 regresores, y las curvas reales del FC de los grupos IE y CC.

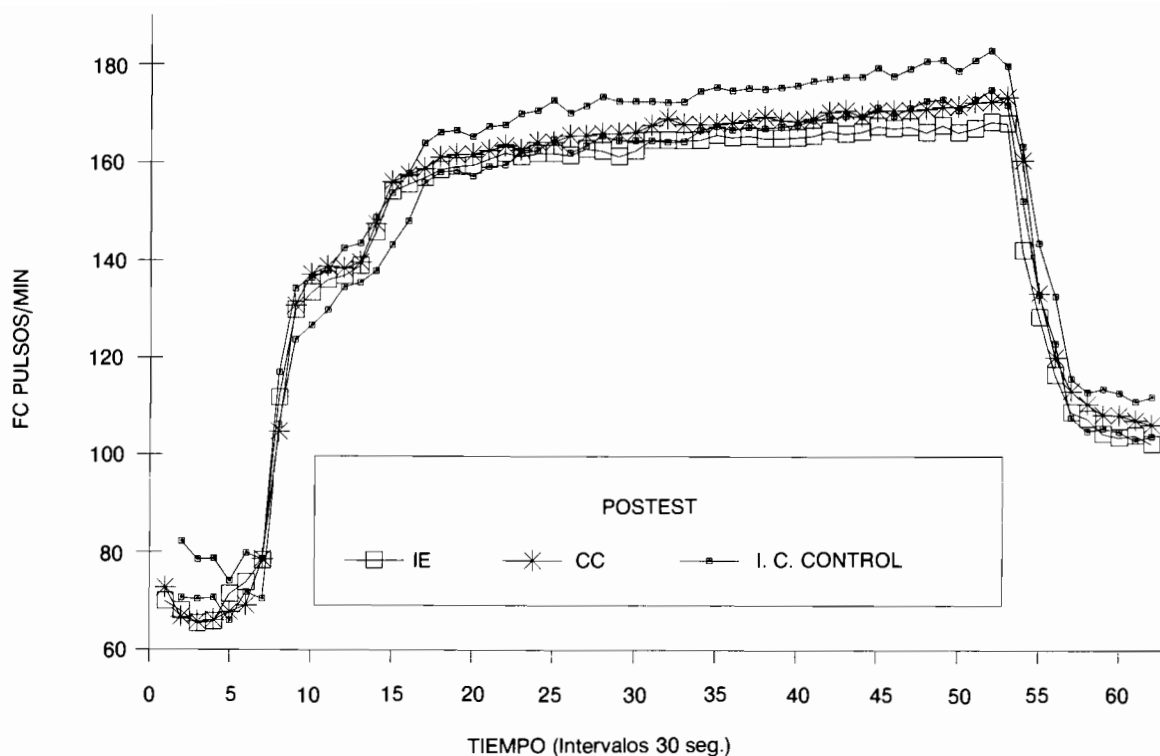


Figura 4. «Técnica de Superposición de Curvas» aplicada a las curvas de FC del Postest. Se representan el intervalo de confianza correspondiente a la estimación de la FC del grupo Control a partir del modelo ARIMA (1,1,0) con 6 regresores, y las curvas reales de FC de los grupos IE y CC.

parte. En la primera etapa de reposo, la curva del grupo CC sale en algunos puntos por debajo del límite inferior, mientras que en algunos momentos de la etapa de recuperación sobresale del límite superior del intervalo de confianza.

2. Postest (Fig. 4)

El grupo IE presenta una curva de FC que sale en muchos puntos por debajo del intervalo de confianza estimado para el grupo Control. En los momentos iniciales de la etapa de reposo la curva se observa por debajo del límite inferior del intervalo, saliendo igualmente de forma clara durante la segunda mitad de la carrera constante. En esta última etapa, la distancia con el límite inferior se acentúa progresivamente hasta que se detiene la cinta. En la etapa de recuperación, los valores del grupo IE fluctúan alrededor del límite inferior, igual que en la primera mitad de la carrera constante. La curva presentada por el grupo CC está por debajo del intervalo de confianza estimado para el grupo Control en la mayoría de puntos de la etapa de reposo y en los instantes finales de la etapa de carrera constante, observándose cercana al límite inferior —sobresaliendo sólo en algunos puntos— en la primera mitad de la carrera constante. Para finalizar, en la etapa de

recuperación la curva del grupo CC se observa de forma clara dentro del intervalo.

Discusión

La metodología de análisis utilizada permite obtener conclusiones, tanto respecto a una curva media de datos de un grupo como respecto a la evolución individual de la curva de un sujeto. Así, el origen de los datos no limita la aplicabilidad práctica de modelos ARIMA, exigiéndose como únicas condiciones un número suficiente de datos y la existencia de autocorrelación entre ellos. De todas formas, un problema que queda por solucionar en nuestra investigación y que aquí no trataremos es la representatividad de los valores medios de un grupo respecto a todos los sujetos que lo componen. Éste es un factor que habría que tener en cuenta cuando la TSC se aplica a curvas de valores medios de datos.

En este estudio se comparan los tres grupos independientemente en cada una de las pruebas de esfuerzo, superponiéndose las curvas reales de los grupos IE y CC sobre el intervalo de confianza estimado para la curva del grupo Control. En el Pretest, los dos grupos experimentales no presentan sus

curvas totalmente dentro del intervalo estimado para el grupo Control. Esto significa que antes de la intervención difieren estadísticamente en algunos puntos en cuanto a la FC, no mostrándose totalmente equilibrados respecto a esta variable. En la figura 3 podemos observar que: a) el grupo IE presenta una curva con valores claramente inferiores a los del grupo Control en la etapa de reposo y en buena parte de la etapa de carrera constante; b) el grupo CC, en cambio, presenta una curva de FC igual a la del grupo Control, mostrando algunos puntos inferiores en la etapa de reposo, y algunos puntos superiores en la de recuperación.

Al examinar la superposición de curvas en el Postest (Fig. 4), analizando cada etapa del diseño utilizado, podemos extraer las siguientes conclusiones:

A) En la etapa de reposo, comparando los resultados con los del Pretest, se observa que el grupo CC es el único que varía su posición relativa respecto al grupo Control: en el Postest reduce la FC en la primera mitad de la etapa de reposo, situándose a un nivel similar al del grupo IE. Este resultado sugiere que el entrenamiento en Condicionamiento Clásico es el único que se ha mostrado efectivo en el control de la ansiedad previa al esfuerzo físico.

B) En la etapa de carrera constante, las principales diferencias entre las dos pruebas están en la segunda mitad. En este período del Postest (intervalos 34 a 53), el grupo CC muestra una FC menor que el grupo Control cuanto más hacia el final de la etapa. Para el grupo IE se observa durante toda la segunda mitad una curva de FC claramente inferior a la del grupo Control, acentuándose la diferencia a lo largo del tiempo. En cambio, para la primera mitad de la etapa de carrera constante (intervalos 14 a 33), las conclusiones a nivel de significación estadística son las mismas que para el Pretest. Interpretando la eficacia de la intervención, estos resultados nos hacen suponer que el entrenamiento psicológico contrarresta los efectos de la fatiga fisiológica, mejorando la eficiencia cardiorrespiratoria (al disminuir la FC a igual carga de trabajo) respecto a un grupo control. Este efecto se ve más evidente en el grupo CC.

C) En la etapa de recuperación ambos grupos experimentales disminuyen la FC en el Postest, cogiendo como punto de referencia la recuperación del grupo Control en ambas pruebas.

La Técnica de Superposición de Curvas nos ha permitido evaluar objetivamente los efectos de la intervención, posibilitando la comparación de diferentes curvas de datos. Con esta técnica hemos podido comprobar que las diferencias entre el grupo Control y los otros dos grupos experimentales aumentan progresivamente a lo largo de la segunda mitad en el Postest. También hemos observado que las diferencias más importantes respecto al Pretest se sitúan en los últimos instantes de la carrera constante del Postest, entre el grupo CC y el grupo Control. Estos resultados pasan desapercibidos cuando se utiliza una técnica estadística convencional como el MANOVA (Capdevila, 1989). Al reducir todos los

puntos de datos obtenidos de forma continua, a un solo valor en cada etapa de la investigación, perdemos muchísima información respecto a los efectos de la intervención. Este hecho resulta muy habitual en la investigación en Psicología con parámetros fisiológicos como la FC, como sucede, por ejemplo, con la investigación de Ziegler y colaboradores (1982), en la que nos basamos inicialmente para el diseño experimental de nuestro trabajo. Incluso es posible —tal como sucede realmente en nuestro caso— que, al aplicar una prueba convencional como el análisis de la varianza, no obtengamos resultados significativos. En cambio, al contar con una técnica que nos permite comparar dato a dato, podemos detectar aquellos puntos temporales en que sí son significativas las diferencias entre dos curvas de FC sometidas al mismo diseño experimental.

Referencias

- Bryan, A. J. (1987). Single-subject designs for evaluation of sport psychology interventions. *The Sport Psychologist*, 1, 283-292.
- Capdevila, L. (1989). *Efectos del entrenamiento psicológico sobre el estrés de competición y sobre la eficiencia cardiorrespiratoria, en atletas mediofondistas*. Tesis doctoral no publicada, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Capdevila, L. y Cruz, J. (1988). Ajustament de models estadístics a variables psicofisiològiques. En *Actas V Jornades de l'Associació Catalana de Psicologia de l'Esport* (pp. 188-192). Esplugues de Llobregat: ACPE.
- Capdevila, L. y Cruz, J. (1992). Análisis de series temporales aplicado al estudio de la emoción y de la conducta en un atleta. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 45, 103-111.
- Gottman, J. M. (1981). *Time-series Analysis: A Comprehensive Introduction for Social Scientists*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gottman, J. M. y Glass, G. V. (1978). Analysis of interrupted time-series experiments. En T. R. Kratochwill (Ed.), *Single-subject Research: Strategies for Evaluating Change*, 197-237. New York: Academic Press.
- Grzib, G., García, B., Briales, C. y Fernández Trespalacios, J. L. (1989). Emoción y conducta: estudio de la emoción desde un punto de vista conductual en humanos. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 42, 11-22.
- Hartman, D. P., Gottman, J. M., Jones, R. R., Gardner, W., Kazdin, A. E. y Vaught, R. S. (1980). Interrupted time-series analysis and its application to behavioral data. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 13, 543-559.
- Huitema, B. E. (1985). Autocorrelation in applied behavior analysis: a myth. *Behavioral Assessment*, 7, 107-118.
- Jones, R. R., Vaught, R. S. y Weinrott, M. R. (1977). Time-series analysis in operant research. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 10, 151-167.
- Kazdin, A. E. (1982). *Single-case Research Designs: Methods for Clinical and Applied Settings*. New York: Oxford University Press.
- Kazdin, A. E. (1984). Análisis estadísticos para los diseños experimentales de caso único. En M. Hersen y D. H. Barlow (Eds.), *Single case experimental designs*, 285-324. New York: Pergamon Press. Traducción: *Diseños experimentales de caso único*. Barcelona: Martínez Roca, 1988.
- Kratochwill, T. R. y Piersel, W. C. (1983). Time-series re-

- search: contributions to empirical clinical practice. *Behavioral Assessment*, 5, 165-176.
- Meichenbaum, D. (1977). *Cognitive-behavior Modification: an Integrative Approach*. New York: Plenum.
- Siegel, D. (1986). Reduction of test anxiety using pavlovian conditioning principles: a preliminary note. *Psychological Reports*, 59, 48-50.
- Zaichkowsky, L. D. (1980). Single case experimental designs and sport psychology research. En C. H. Nadeau, W. R. Halliwell, K. M. Newell y G. C. Roberts (Eds.), *Psychology of Motor Behavior and Sport-1979*, 171-179. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Ziegler, S. G., Klinzing, J. y Williamson, K. (1982). The effects of two stress management training programs on cardiorespiratory efficiency. *Journal of Sport Psychology*, 4, 280-289.