

# Beneficis de la biofeedback sobre l'eficiència cardíaca dels ciclistes

LOURDES VALIENTE I BARROS  
 LLUÍS CAPDEVILA I ORTÍS  
 JAUME CRUZ I FELIU

Laboratori de Psicologia de l'Esport  
 Àrea de Psicologia Bàsica. Departament  
 de Psicologia de l'Educació  
 Facultat de Psicologia. Universitat  
 Autònoma de Barcelona. Barcelona.  
 Espanya

ADREÇA POSTAL:

Lourdes Valiente i Barros  
 Àrea de Psicologia Bàsica. Universitat Autònoma de  
 Barcelona. Apartat de correus 29. 08193 Bellaterra  
 (Barcelona, Espanya)  
 Telf. 93 581 11 04  
 Fax 93 581 23 24  
 E-mail: lvaliente@seneca.uab.es

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 1999; 130: 11-24

**RESUM.** L'estudi ha estat realitzat amb trenta-tres ciclistes de categoria juvenil de la Federació Catalana de Ciclisme. S'avalua l'efectivitat de dues tècniques d'entrenament psicològic –la biorretroalimentació de la freqüència cardíaca i la sincronització de la freqüència respiratòria amb el ritme de pedalada–, sobre la millora de l'eficiència cardíaca dels ciclistes durant proves ergomètriques d'esforç màxim. La mostra s'ha dividit en un grup control i tres grups experimentals: grup BIO entrenat en la tècnica de biorretroalimentació de la freqüència cardíaca, el grup RES entrenat en la sincronització de la freqüència respiratòria i el ritme de pedalada, i el grup BIR entrenat en ambdues tècniques. Tots els ciclistes han completat tres fases: fase de pretest, fase d'entrenament i fase de posttest. Els resultats indiquen que els subjectes entrenats en les diferents tècniques psicològiques milloren l'eficiència cardíaca, perquè mostren valors inferiors de freqüència cardíaca en la fase de posttest en la qual van aplicar les tècniques apreses respecte a la fase de pretest.

**PARAULES CLAU:** biorretroalimentació, freqüència cardíaca, freqüència respiratòria.

**SUMMARY.** This study was carried out with thirty-three cyclist from the junior division of the Catalanian Cycling Federation. The effectiveness of two psychological training techniques –biofeedback of the heart rate and synchronisation of respiratory rate with the pedalling rhythm– are evaluated based on the improvement of cardiac efficiency of the cyclist during ergometric test at maximum effort. The study sample was divided into a control group and three experimental groups: the BIO group was trained in the biofeedback of heart rate technique, the RES group was trained in the synchronisation of respiratory rate with pedalling rhythm technique, and the BIR group was trained in both techniques. All the cyclists completed three phases: the pre-test phase, the training phase and the post-test phase. The results indicate that the subjects trained in the different psychological techniques improve their cardiac efficiency. They show, lower heart rate values in the post-test phase, where they applied the techniques learned, compared to the pre-test phase.

**KEY WORDS:** biofeedback, heart rate, respiratory rate.

## INTRODUCCIÓ

La pràctica esportiva és cada vegada més sovint, una activitat a l'abast de molta gent. Els mitjans de comunicació ens fan viure experiències entranyables amb l'esport, la qual cosa provoca que els esportistes es converteixin en ídols de molts espectadors. En part, això comporta que un nombre en augment de joves practiquin esport de competició i que vulguin arribar a ser esportistes d'elit. Tanmateix, les tensions extremes a les que s'exposa un esportista durant la pràctica d'un exercici físic intens, les exigències de preparació de la competició, l'estrès psicològic d'una competició rellevant i molts altres aspectes fan necessària la intervenció i l'assessorament de diferents professionals especialitzats en disciplines lligades d'alguna manera amb l'esport, com ara metges i fisiòlegs, preparadors físics i psicòlegs. L'entrenament psicològic en l'esport consisteix en què l'esportista aprengui, practiqui i apliqui durant els entrenaments i les competicions una sèrie d'estratègies i tècniques psicològiques que li permetran un control més gran i un benestar personal, així com també la millora del rendiment. Paral·lelament al domini d'aquestes tècniques psicològiques implicades en la pràctica esportiva de competició, hi ha un factor imprescindible per al rendiment esportiu, que és el coneixement i control de certes funcions pròpies de l'organisme. Moltes vegades, el fet que l'esportista sàpiga conèixer el seu estat real de fatiga muscular, cardiovascular i respiratòria, i també regular els nivells de tensió física i els batecs del cor pot ajudar-lo en el seu rendiment.

Una de les tècniques psicològiques que pot ajudar l'esportista a conèixer i a controlar les seves funcions fisiològiques és la biorretroalimentació.<sup>10, 38, 40</sup> La biorretroalimentació ha estat i és una tècnica molt utilitzada en el camp de la salut com a tècnica conductual terapèutica. La contribució de la biorretroalimentació en la millora de diferents trastorns clínics com ara la hipertensió, migranyes, cefalees, trastorns musculars entre altres<sup>11</sup> és un tema de gran interès per als investigadors en psicologia de la salut, i són els trastorns cardiovasculars una de les línies que ha generat més investigacions. En alguns dels treballs sobre trastorns cardiovasculars s'han estudiat els beneficis clínics de la biorretroalimentació en pacients hipertensos.<sup>29, 30, 18</sup> Amb aquesta finalitat entrenaven els subjectes per atenuar la freqüència cardíaca mitjançant la biorretroalimentació durant la realització d'exercici físic estàtic i dinàmic. En canvi, en l'àmbit esportiu hi ha pocs treballs que estudiïn els efectes de l'entrenament en biorretroalimentació de la freqüència cardíaca. D'aquests estudis destaquen, per una banda, les investigacions realitzades amb individus sans i/o esportistes, amb la finalitat de provar que les capacitats aeròbiques i anaeròbiques es podrien millorar a

través de l'entrenament en biorretroalimentació,<sup>2, 5, 33, 40</sup> i per altra banda, els estudis de Landers i els seus col·laboradors<sup>25, 34</sup> en esports de precisió amb l'objectiu de regular el nivell d'activació dels esportistes. Tanmateix, des del punt de vista del rendiment fisiològic, són els treballs realitzats en pacients amb trastorns coronaris els que poden suggerir les línies a seguir per a l'estudi de la biorretroalimentació de la freqüència cardíaca en esportistes i la seva possible aplicació en situacions d'entrenament i competició amb exercici dinàmic atès que els estudis de Landers s'han desenvolupat en situació d'exercici estàtic.

Els estudis de bioretroalimentació de la freqüència cardíaca de poblacions amb trastorns coronaris s'han realitzat amb exercici dinàmic de baixa i moderada intensitat, tant en cicloergòmetre com en cinta ergomètrica, els resultats dels quals apunten a què els subjectes aconseguen controlar i disminuir la freqüència cardíaca quan reben bioretroalimentació. Així, el fet que la bioretroalimentació sigui una tècnica eficaç per millorar l'eficiència cardíaca de pacients coronaris<sup>29, 30, 18</sup> i d'adults sedentaris<sup>1, 19, 32, 40</sup> ens ha fet plantejar la possibilitat que aquesta tècnica pugui beneficiar i potenciar l'eficiència cardíaca d'esportistes durant la realització d'exercici físic.

Partint dels estudis pendents sobre eficiència cardíaca i biorretroalimentació (vegeu Taula I) així com de les recomanacions de Petruzzello, Landers i Salazar (1991)<sup>34</sup> sobre el futur de les investigacions en bioretroalimentació i esport, en aquest treball s'estudiaran: a) els beneficis de l'entrenament en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca sobre l'eficiència cardíaca de ciclistes durant la realització d'exercici físic intens (superior al 70% de la freqüència cardíaca màxima); b) les beneficis de la tècnica de bioretroalimentació de la freqüència cardíaca comparats amb els beneficis de l'entrenament de control de la respiració, amb la finalitat de contrastar els efectes de la bioretroalimentació sobre l'eficiència cardíaca amb una altra tècnica cognitivo-conductual.<sup>34</sup> En l'estudi que es presenta tot seguit s'ha considerat que l'eficiència cardíaca és la capacitat del cor de bombar prou quantitat de sang per tal de compensar el retorn venós i els requeriments metabòlics dels teixits corporals, amb una freqüència cardíaca baixa durant la realització d'un esforç físic intens.<sup>41</sup> Així, la millora de l'eficiència cardíaca es constatarà a partir de l'observació d'uns valors inferiors de freqüència cardíaca (un menor desgast energètic i metabòlic), en comparar dues proves ergomètriques idèntiques quant a la intensitat de treball o esforç. Per tant, la bioretroalimentació de la freqüència cardíaca resultarà eficaç per a la millora de l'eficiència cardíaca si va acompanyada d'una reducció dels valors de freqüència cardíaca.

## MÈTODE

## Subjects

En aquesta investigació han participat trenta-tres ciclistes juvenils masculins, amb una edat mitjana de 16.6 anys

(DT=0.96). Tots els subjectes de l'estudi són ciclistes entrenats. Es va considerar ciclistes entrenats tots aquells que realitzaven un mínim de sis hores setmanals d'entrenament aeròbic durant un període mínim de tres mesos abans de l'estudi.

**Taula I** Resum dels estudis sobre bioretroalimentació de la freqüència cardíaca (FC) aplicada durant la realització d'exercici físic.

Autor	Subjects	Disseny	Tipus d'exercici	Variable cardíaca	Resultats
Goldstein, Ross i Brady (1977)	Sedentaris (n=10)	2 grups 10 sessions	Cinta ergomètrica Dinàmic Baix-moderat	Disminució FC	Diferències estadísticament significatives entre grups
Clemens i Shattock (1979)	Sedentaris (n=8)	1 grup	Contracció muscular Estàtic 10%-30% i 50% contracció màxima	Control bidireccional de la FC	Diferències estadísticament significatives
Perski i Engel (1980)	Sedentaris/ries (n=10)	2 grups 7-10 sessions	Cicloergòmetre Dinàmic 50% FC màxima	Disminució FC	Diferències estadísticament significatives entre grups
Lo i Jonhston (1984a)	Sedentaris (n=36)	3 grups 4 sessions	Cicloergòmetre Dinàmic Bajo	Disminució FC	No diferències rellevants
Lo i Jonhston (1984b)	Sedentaris (n=36)	3 grups 4 sessions	Cicloergòmetre Dinàmic Bajo	Disminució FC	Resultats favorables al tractament d'angina de pit
Perski, Tzankoff i Engel (1985)	Esportistes (n=10)	2 grups 4 sessions	Cicloergòmetre Dinàmic 65% FC màxima	Disminució FC	Diferències estadísticament significatives entre grups
Fredrickson i Engel (1985)	Hipertensos (n=12)	2 grups 6 sessions	Cicloergòmetre Dinàmic 33 watios (baix)	Disminució FC	Diferències estadísticament significatives entre grups
Moses, Clemens i Brener (1986)	Sedentaris (n=20)	2 grups 4 sessions	Contracció muscular Estàtic 10%-30% i 50% contracció màxima	Control bidireccional de la FC	Control en augment FC, no en disminució
Burrill (1990)	Biatletes (esquí fons i tir de precisió) (n=4)	Disseny cas únic	Cinta ergomètrica Protocol de Bruce Alt	Disminució FC	Control en exercici dinàmic (esquí) i estàtic (tir)
Álvarez (1994)	Sedentàries (n=10)	3 grups 8 sessions	Cinta ergomètrica Dinàmic Bix-moderat	Disminució FC	Diferències estadísticament significatives en alguna sessió
Valiente i Capdevila (1994)	Ciclistes i sedentaris (n=8)	Disseny cas únic	Dinàmic Moderat-alt (50%-75% i 100% FC màxima)	Disminució FC	Diferències entre fases experimentals

### Instruments

- A) Cicloergòmetre computeritzat marca Monark, model Ergomedic 829-E, utilitzat per a la realització de les proves d'esforç.
- B) Transductor amb elèctrodes de pit, incorporat i sincronitzat amb el cicloergòmetre, que permet l'enregistrament de la freqüència cardíaca a intervals constants de temps. Utilitzat per a l'enregistrament de la freqüència cardíaca durant les proves d'esforç.
- C) Pulsímetre telemètric marca Sport-Tester, model PE-3000, que permet l'enregistrament i l'emmagatzematge de la freqüència cardíaca a intervals constants de temps. Utilitzat per a l'entrenament en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca.
- D) Aplicació informàtica desenvolupada amb llenguatge Clipper. Aquesta aplicació permet l'emmagatzematge i el monitoratge a temps real dels paràmetres enregistrats amb el cicloergòmetre, en un ordinador compatible PC. El monitoratge permet la possibilitat d'utilitzar bioretroalimentació visual i/o auditiva de la freqüència cardíaca.<sup>38, 39</sup>

### Procediment

Tal com es pot observar a la Taula II, el disseny experimental utilitzat en aquesta investigació consta de tres fases generals:

A) *Fase pretest.* Cada ciclista de la investigació realitzava una prova d'esforç màxim amb les etapes següents (vegeu Figura 1):

- a) **Etapa de repòs:** el ciclista estava tres minuts assegut en el cicloergòmetre sense pedalar.
- b) **Etapa de cursa esglaonada:** el ciclista pedalejava a 60 revolucions per minuts (rpm), s'augmentava la càrrega de treballa raó de 50 vats cada tres minuts fins arribar a l'extenuació de ciclista, o fins a la incapacitat de mantenir les 60 rpm.
- c) **Etapa de recuperació:** constava d'un minut de pedala-da sense càrrega de treball a 60 rpm més dos minuts sense pedalar.

Durant la prova d'esforç, s'enregistrava la freqüència cardíaca cada cinc segons com a mesura d'eficiència cardíaca i el temps total de la prova com a mesura de rendiment físic.

B) *Fase d'entrenament.* Es van distribuir els ciclistes en quatre grups: tres experimentals i un control. L'entrenament variava en funció del grup.

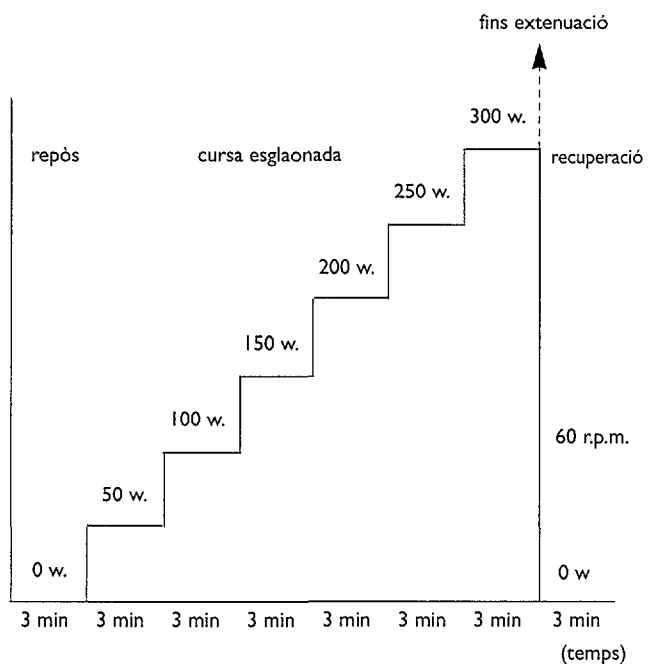
- a) **Grup Control (CON).** Aquest grup estava format per nou ciclistes (n=9). Tots ells havien de realitzar sis sessions d'entrenament físic que consistia a col·locar la seva bicicleta sobre els corrons d'entrenament, amb un desenrotllament -19/52-, que simulava una resistèn-

**Taula II** Fases generals del procediment de la investigació.

Fases	
Pretest	PROVA D'ESFORÇ MÀXIM 1. Enregistrament de la freqüència cardíaca (eficiència cardíaca) 2. Enregistrament del temps de la prova (rendiment)
Entrenament	GRUPS EXPERIMENTALS A. Entrenament psicològic (durant repòs i exercici): Grup BIO. Bioretroalimentació de la freqüència cardíaca Grup RES. Control de la respiració Grup BIR. Bioretroalimentació de la freqüència cardíaca i control de la respiració B. Entrenament físic (intensitat moderada de 150 vats)  GRUP CONTROL A. Entrenament físic (intensitat moderada de 150 vats)
Posttest	PROVA D'ESFORÇ MÀXIM 1. Enregistrament de la freqüència cardíaca (eficiència cardíaca) 2. Enregistrament dels temps de la prova (rendiment)  <i>Aplicació de les tècniques psicològiques en els grups experimentals</i>

Figura 1

Esquema de la prova d'esforç màxim utilitzada en aquesta investigació. (Nota: w = vats; rpm = revolucions per minut –de pedaleig–; min = minuts).



cia similar a 150 vats de càrrega. D'aquesta manera havien de pedalar a un ritme suau i constant durant quinze minuts. Aquest grup no realitzava cap entrenament psicològic.

**b) Grup Bioretroalimentació (BIO).** Aquest grup estava format per vuit ciclistes ( $n=8$ ). Tots ells realitzaven un entrenament físic idèntic al que realitzaven els ciclistes del grup CON. L'entrenament psicològic d'aquest grup era la bioretroalimentació de la freqüència cardíaca. Tots els subjectes, durant sis minuts de repòs i durant quinze minuts d'exercici físic en bicicleta havien d'intentar disminuir els valors de freqüència cardíaca que veien a través del rellotge del pulsímetre telemètric.

**c) Grup Respiració (RES).** Aquest grup estava format per vuit ciclistes ( $n=8$ ). Tots ells realitzaven un entrenament físic idèntic al que realitzaven els ciclistes del grup CON. L'entrenament psicològic d'aquest grup era el control de la respiració. Tots els subjectes d'aquest grup, durant sis minuts de repòs i durant quinze minuts d'exercici físic en bicicleta, havien d'intentar sincronitzar la freqüència respiratòria amb el ritme de

pedalada. Per exemple: cada tres pedalejades una inspiració i cada tres pedalejades una expiració.

**d) Grup Bioretroalimentació i Respiració (BIR).** Aquest grup estava format per vuit ciclistes ( $n=8$ ). Tots ells realitzaven un entrenament físic idèntic al que realitzaven els ciclistes del grup CON. L'entrenament psicològic d'aquest grup era la bioretroalimentació de la freqüència cardíaca i el control de la respiració. Tots els subjectes d'aquest grup, durant sis minuts de repòs i durant quinze minuts d'exercici físic en bicicleta, havien de realitzar el mateix entrenament que els subjectes del grup BIO i RES.

**C) Fase posttest.** Aquesta fase era idèntica a la fase pretest, quant al tipus de prova d'esforç realitzada pels ciclistes i quant a la recollida de variables (freqüència cardíaca i temps total de prova d'esforç). La diferència amb la fase pretest era que els ciclistes dels grups experimentals havien d'aplicar durant tota la prova d'esforç l'estratègia psicològica apresada i entrenada a la fase d'entrenament.

## RESULTATS

Els resultats sobre eficiència cardíaca –mesurada a partir dels valors de freqüència cardíaca– s'ha avaluat a partir de dos tipus diferents de tractament estadístic. El primer tipus d'anàlisi és el més convencional, basat en l'anàlisi de la variància a partir dels valors mitjans de freqüència cardíaca. L'altre tractament estadístic pretén contemplar la totalitat de les dades enregistrades i la seva seqüenciació en el temps basant-se en l'anàlisi de sèries temporals.<sup>8,9</sup>

### Anàlisi de la variància de l'eficiència cardíaca

Aquesta anàlisi s'ha realitzat observant els canvis de freqüència cardíaca (en pulsacions/minut) entre ambdues fases experimentals (pretest –abans de l'entrenament psicològic– i posttest –després de l'entrenament psicològic–) per a cada etapa de la prova d'esforç (repòs, cursa esglaonada i recuperació) i per a cada càrrega de treball de la prova d'esforç que era comuna a tots els ciclistes (50, 100, 150, 200, 250 i 300 vats), en els quatre grups de subjectes de la investigació (vegeu Taula III).

Un primer resultat a destacar és que només s'observen diferències estadísticament significatives en l'etapa de repòs ( $P=0.033$ ). I diferències tendents a la significació en la càrrega de 150 vats ( $P=0.066$ ), que era la càrrega en la que s'entre-

Taula III

Mesures (M) i desviacions típiques (DT) de la diferència dels valors absoluts de freqüència cardíaca de la fase pretest menys els de la fase posttest, per a cada grup i etapa de la investigació. Els valors positius signifiquen un descens de la freqüència cardíaca en la fase posttest respecte a la pretest, i els valors negatius signifiquen un augment de la freqüència en la fase posttest respecte a la fase pretest. S'especifiquen els resultats de l'anàlisi de la variància (N.S. = no significatiu).

ETAPES	CON n = 9		BIO n = 8		RES n = 8		BIR n = 8		F	P
	M	DT	M	DT	M	DT	M	DT		
Repòs	3,44	7,26	8,13	9,95	-0,38	9,26	12,25	7,67	3,32	0,033
50 vats	1,33	9,81	3,13	10,2	0,38	8,55	5,88	9,89	0,51	N.S.
100 vats	-2,22	10,31	2,25	4,13	-1,00	7,17	6,88	9,23	2,06	N.S.
150 vats	-4,89	9,41	2,75	6,76	0,38	6,07	5,63	8,94	2,67	0,066
200 vats	-2,78	8,69	0,63	7,69	1,00	3,7	4,25	6,23	1,47	N.S.
250 vats	0,89	8,55	0,87	5,87	3,25	3,62	4,25	5,47	0,62	N.S.
300 vats	1,44	6,09	-0,5	5,45	0,71	6,73	2,25	4,77	0,64	N.S.
Recuperació	2,56	8,26	-8,5	15,1	2,38	16,35	25	10,94	1,45	N.S.

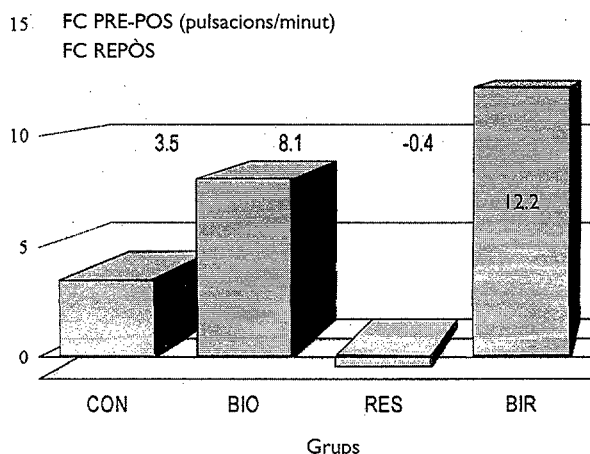
naven els ciclistes tant físicament com psicològicament (vegeu Taula III). En aquesta taula també es pot comprovar que hi ha valors F més tendents a la significació en les càrregues de 100 vats i 200 vats, que són les càrregues de treballs més properes a la usada en els entrenaments; malgrat això, les diferències de freqüència cardíaca no són significatives.

Segons aquests resultats, s'analitzaran amb més atenció les diferències de freqüència cardíaca entre els quatre grups en l'etapa de la prova d'esforç que hi ha significació estadística —etapa de repòs— (vegeu Figura II). En aquesta figura es pot observar que les diferències de freqüència cardíaca entre les proves d'esforç de les fases pretest i posttest són més elevades en els dos grups entrenats en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca (BIO i BIR). És a dir, els ciclistes entrenats en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca aconseguen disminuir 12 pulsacions/minut (grup BIR) i 8 pulsacions/minut (grup BIO) en la prova d'esforç de la fase posttest respecte a la fase pretest. Per analitzar les diferències entre els grups s'ha aplicat la prova de contrastos de Scheffé; els resultats de l'esmentada prova indiquen que les diferències es donen entre el grup RES (control de la respiració) i el grup BIR (bioretroalimentació i control de la respiració), amb un grau de significació inferior a 0.05.

Un altre resultat a destacar és que tot i que només existien disminucions de freqüència cardíaca estadísticament sig-

Figura II

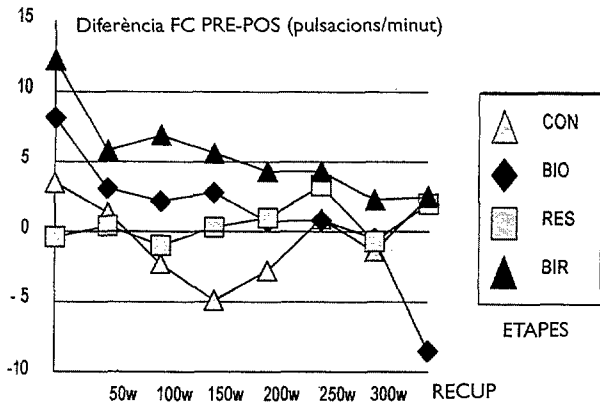
Diferència de freqüència cardíaca (FC), en pulsacions/minut, de la fase pretest (PRE) menys la fase posttest (POS) per als quatre grups, en l'etapa de repòs. Els valors positius signifiquen un descens de la freqüència cardíaca en la fase posttest, i els valors negatius un augment de la freqüència cardíaca.



nificatives en els grups entrenats en bioretroalimentació (BIO i BIR) en l'etapa de repòs, es pot comprovar que hi ha certa tendència a la disminució de la freqüència cardíaca en aquests grups al llarg de tota la cursa esglaonada de la prova d'esforç. (vegeu Taula II i Figura III).

**Figura III**

Diferències de freqüència cardíaca (FC) entre les dues fases experimentals en totes les etapes de la prova màxima d'esforç, per als quatre grups. Valors positius signifiquen una disminució de la freqüència cardíaca en la fase posttest (POS) respecte a la fase pretest (PRE), i valors negatius un augment de la freqüència cardíaca en la fase posttest respecte a la pretest. (Nota: w = vats).



En la Figura III es pot comprovar com els dos grups entrenats en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca (BIO i BIR), mostren una disminució de la freqüència cardíaca en quasi totes les càrregues de treball (valors positius de diferència de freqüència cardíaca pretest menys posttest). En canvi, el grup entrenat en control de la respiració (RES) no mostra canvis importants de freqüència cardíaca entre les dues fases experimentals atès que els valors de diferència de freqüència cardíaca pretest menys posttest fluctuen al voltant de 0. Pel que fa al grup control, (CON), aquest presenta una evolució irregular, tant amb augments com amb disminucions de la freqüència cardíaca, és a dir, valors positius i negatius de diferència de freqüència cardíaca pretest menys posttest.

Un tercer resultat trobat amb l'anàlisi de la variància, és que les diferències de freqüència cardíaca entre les proves d'esforç de la fase pretest i posttest són inferiors a mesura que augmenta la càrrega de treball (vegeu Figura III). És a dir, sembla ser que a major intensitat de treball, menor és el con-

trol i disminució de la freqüència cardíaca a partir de la bioretroalimentació per part dels subjectes entrenats en aquesta estratègia psicològica.

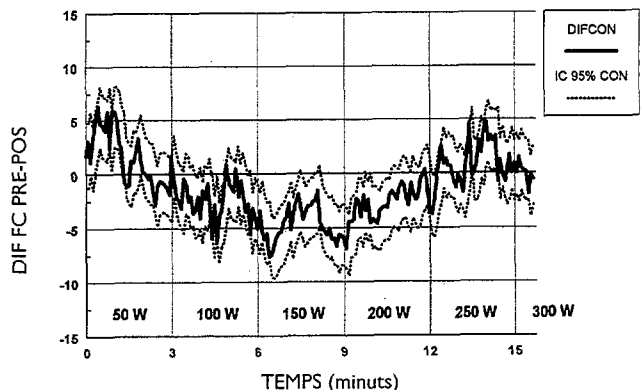
**Anàlisi de sèries temporals de l'eficiència cardíaca**

En estudis anteriors com els realitzats per Capdevila,<sup>6,9</sup> s'ha constatat que el tractament estadístic basat en l'anàlisi de sèries temporals és una eina que pot permetre d'analitzar els efectes de l'entrenament psicològic sobre l'evolució temporal de la freqüència cardíaca. Aquesta aplicació estadística permet la comparació de les corbes de freqüència cardíaca contínua intrasubjecte, entre subjectes i entre grups, en aquest últim cas a partir de les corbes mitjanes de freqüència cardíaca dels diferents subjectes d'un grup. D'aquesta manera, l'anàlisi de sèries temporals resulta una tècnica adequada per avaluar els efectes d'una intervenció psicològica sobre variables psicofisiques mesurades a intervals constants de temps, tant en dissenys de cas únic com en dissenys de grup.

En aquest treball s'ha utilitzat l'anàlisi de sèries temporals aplicada a models ARIMA (autoregressius, integrats i de mesures mòbils), seguint la tècnica de superposició de corbes.<sup>6</sup> Tenint en compte aquesta metodologia, s'ha realitzat una comparació de grups a partir de la superposició de les corbes mitjanes de la diferència de freqüència cardíaca de la prova d'esforç de la fase pretest menys la fase posttest dels grups experimentals (BIO, RES i BIR), a l'interval de confiança del 95% estimat del grup control (CON) segons un model ARIMA (1,1,1).

**Figura IV**

Interval de confiança del 95% (IC95%) estimat per al grup CON a partir de la corba de diferència de freqüència cardíaca (FC) contínua entre les fases pretest (PRE) i posttest (POS), segons un model ARIMA (1,1,1). (Nota: w = vats).

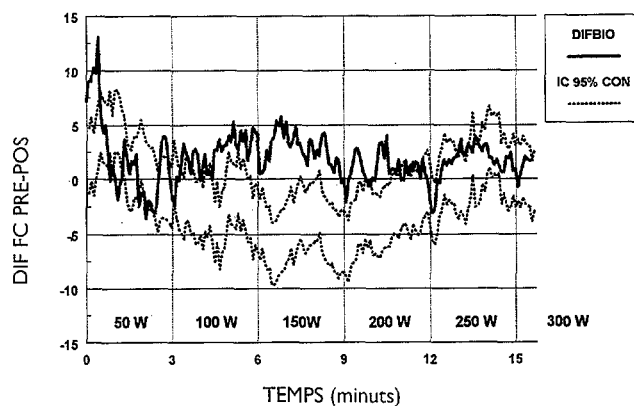


En la Figura IV es representa la corba real de diferència de freqüència cardíaca pretest menys posttest del grup CON superposada a l'interval de confiança del 95% que resultat d'ajustar al grup CON un model ARIMA (1,1,1). Aquest interval de confiança representa estadísticament el grup CON –seguint els passos especificats per Capdevila, Cruz i Viladrich (1992)–, com a referència per comprar les corbes reals de diferència de freqüència cardíaca entre fases dels grups experimentals (BIO, RES i BIR). D'aquesta manera es podran extreure les interpretacions següents:

- Si la corba de diferència de freqüència cardíaca de l'etapa de cursa esglaonada de la prova d'esforç entre la fase pretest menys la fase posttest dels grups experimentals es troba fora de l'interval de confiança del 95% del grup CON, aleshores es pot concloure que existeixen diferències estadísticament significatives entre grups ( $p < 0.05$ ). En el cas que la corba de freqüència cardíaca dels grups experimentals estigui per sota de l'interval de confiança del 95% del grup CON es podrà considerar que els grups experimentals presenten valors de freqüència cardíaca més elevats en la fase posttest respecte a la pretest que el grup CON. I a l'inrevés, si la corba de freqüència cardíaca dels grups experimentals està per sobre de l'interval de confiança del 95% del grup CON es podrà considerar que els grups experimentals presenten valors de freqüència cardíaca inferiors que el grup CON.
- Si la corba de diferència de freqüència cardíaca entre fases dels grups experimentals es troba dins de l'interval de confiança del grup CON, aleshores s'interpretarà que no hi ha diferències de freqüència cardíaca entre els grups experimentals i el control.
- I si la corba de diferència de freqüència cardíaca entre fases dels grups experimentals es troba molt ajustada als límits de l'interval de confiança del 95% del grup CON, aleshores es considerarà que hi ha diferències entre grups que tendeixen a la significació estadística. En el cas que la corba de freqüència cardíaca dels grups experimentals estigui ajustada al límit inferior de l'interval de confiança del 95% del grup CON es podrà considerar que els grups experimentals presenten valors de freqüència cardíaca més elevats en la fase posttest respecte a la pretest que no pas el grup CON. I a l'inrevés, si la corba de freqüència cardíaca dels grups experimentals està ajustada al límit superior de l'interval de confiança del 95% del grup CON es podrà considerar que els grups experimentals presenten valors de freqüència cardíaca inferiors que el grup CON, però sense significació estadística.

Figura V

Diferència de freqüència cardíaca contínua entre les fases pretest (PRE) i posttest (POS) del grup BIO, superposada a l'interval de confiança del 95% (IC95%) estimat en el grup CON. (Nota: w = vats).



A la Figura V s'observa la superposició de la diferència de freqüència cardíaca contínua entre fases per al grup BIO, sobre l'interval de confiança del 95%, corresponent a la corba del grup CON segons l'ajustament del model ARIMA (1,1,1). La corba de freqüència cardíaca del grup BIO es troba per sobre de l'interval de confiança del 95% del grup CON en diferents trams de la prova d'esforç: en els minuts 1-2 (50 vats) i des del minut 5 (100 vats) fins al minut 12 (200 vats), per la qual cosa es pot interpretar que en aquests trams la diferència de freqüència cardíaca entre fases pretest i posttest del grup BIO és superior que la diferència del grup CON, essent la diferència entre grups estadísticament significativa ( $p < 0.05$ ). És a dir, el grup entrenat en bioretroalimentació mostra valors de freqüència cardíaca més baixos en la fase posttest respecte a la fase pretest que el grup control.

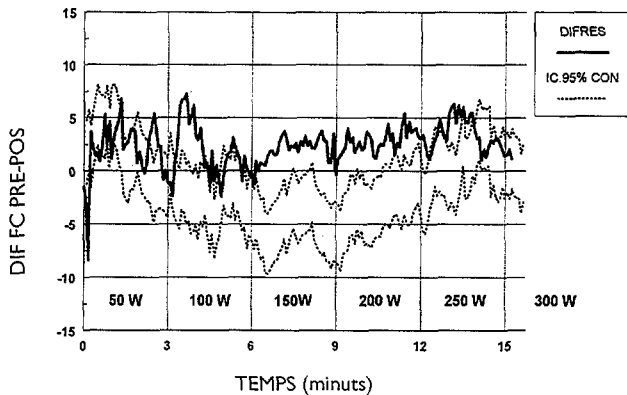
També a la Figura V es pot observar que en el minut 3-4 (100 vats) i el minut 13-14 (250 vats) els valors de freqüència cardíaca del grup BIO estan més a prop del límit superior, tot i que aquestes diferències no són estadísticament significatives, els resultats indiquen que el grup BIO mostra una freqüència cardíaca lleugerament inferior en la fase posttest respecte a la pretest, que no pas el grup CON.

A la Figura VI s'observa la superposició de la diferència de freqüència cardíaca contínua entre fases per al grup RES (entrenat en control de la respiració), sobre l'interval de confiança del 95% corresponent al grup control (CON). Analitzant la superposició de corbes de freqüència cardíaca per al grup RES, en la Figura VI s'observa que aquest grup presenta valors més alts que el grup CON en el minut 3-4 (100 vats) i des del minut 6 fins al minut 13 aproximadament (150-200 i



Figura VI

Diferència de freqüència cardíaca contínua entre les fases pretest (PRE) i posttest (POS) del grup RES, superposada a l'interval de confiança del 95% (IC95%) estimat en el grup CON. (Nota: w = vats).



250 vats). És a dir, el grup RES en aquests minuts va mostrar uns valors de freqüència cardíaca inferiors en la fase posttest que en la fase pretest respecte al grup CON, essent les diferències entre grups estadísticament significatives ( $p < 0.05$ ).

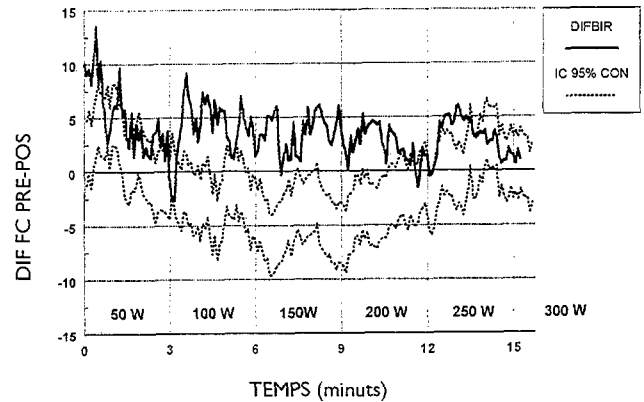
També a la Figura VI s'observa que la corba del grup RES està per sota de l'interval de confiança del 95% ajustat al grup CON en els 30 primers segons (50 vats). És a dir, en aquest tram de la prova d'esforç el grup RES va mostrar una freqüència cardíaca superior en la fase posttest respecte a la fase pretest que el grup CON, essent les diferències entre grups estadísticament significatives ( $p < 0.05$ ).

A la Figura VII s'observa la superposició de la freqüència cardíaca contínua entre fases per al grup BIR (entrenat tant en bioretroalimentació com en control de la respiració), sobre l'interval de confiança del 95% corresponent al grup CON. Analitzant la superposició de corbes per al grup BIR, en la Figura VII s'observa que aquest grup presenta valors de freqüència cardíaca per sobre de l'interval de confiança del 95% ajustat al grup CON, des del minut 3 fins al minut 11 (100 a 200 vats). Això significa que en aquest tram de la corba de freqüència cardíaca, el grup BIR mostra valors inferiors de freqüència cardíaca en la fase posttest respecte a la fase pretest, essent les diferències entre grups (BIR i CON) estadísticament significatives ( $p < 0.05$ ).

En els 50 i en els 250 vats, de la Figura VII, també es pot observar que la corba de freqüència cardíaca del grup BIR se situa prop del límit superior; i aquest és el motiu pel que es considera que la freqüència cardíaca del grup BIR és inferior en la fase posttest que en la fase pretest, que no pas la freqüència cardíaca del grup CON.

Figura VII

Diferència de freqüència cardíaca contínua entre les fase pretest (PRE) i posttest (POS) del grup BIR, superposada a l'interval de confiança del 95% (IC95%) estimat en el grup CON. (Nota: w=vats).



En aquest mateixa figura es pot comprovar que la corba del grup BIR no mostra valors de freqüència cardíaca per sota de l'interval de confiança del 95% ajustat al grup CON, en cap segment de la prova d'esforç màxim.

De manera general, en aquesta investigació es poden destacar dos resultats:

A) Segons l'anàlisi de la variància, els resultats d'eficiència cardíaca indiquen que els subjectes entrenats en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca (grups BIO i BIR) aconsegueixen disminuir els valors de freqüència cardíaca en la fase posttest (després de l'entrenament psicològic) respecte a la fase pretest (abans de l'entrenament psicològic), amb diferències significatives en el repòs i amb tendència a la significació en la càrrega de treball de 150 vats. I a partir de l'anàlisi de sèries temporals, s'ha pogut comprovar que són els tres grups experimentals (BIO, RES i BIR) els que obtenen un descens de la freqüència cardíaca en la fase posttest respecte a la fase pretest, en comparació amb els subjectes del grup control (CON). És a dir, hi ha una millora de l'eficiència cardíaca després de l'entrenament psicològic, essent el grup BIR el que obté una millora més gran.

B) Malgrat que els subjectes entrenats en bioretroalimentació (BIO i BIR) són els subjectes de la investigació que mostren un control més gran de la freqüència cardíaca en tota la prova d'esforç màxim, s'ha observat que a mesura que augmenta la càrrega de treball aquest control és menor. És a dir, com més esforç físic, menor eficiència cardíaca.

## DISCUSSIÓ

Cal tenir en compte prèviament, que els estudis precedents realitzats en situació d'exercici estàtic,<sup>12,31</sup> exercici dinàmic en tapis rodant<sup>18, 29, 30</sup> i exercici dinàmic amb cicloergòmetre,<sup>1, 5, 19, 32, 33, 40</sup> ens aporten poques dades sobre el mecanisme implicats en el control de la freqüència cardíaca a partir de la bioretroalimentació. Aquest fet pot ser degut a que l'objectiu principal d'aquests treballs era demostrar la possibilitat de control cardíac amb la tècnica de bioretroalimentació durant la realització d'exercici<sup>32,33,40</sup> i, en alguns casos, els seus efectes i beneficis en l'eficiència cardíaca de malalts coronaris.<sup>18, 29, 30</sup> Malgrat això, alguns d'aquests autors han realitzat estudis i revisions en els que ens aporten la seva visió sobre els models implicats en les variacions de freqüència cardíaca: el condicionament operant,<sup>37,15</sup> el model mediacional i el model perceptiu.<sup>3,4</sup> Segons el *condicionament operant*, l'explicació de perquè els subjectes són capaços de modificar la seva freqüència cardíaca a partir d'unes instruccions donades prèviament, seria que ve donat pels dos elements bàsics del paradigma de condicionament operant: la resposta i el reforç. el subjecte, a partir de la informació que rep (retroalimentació), aprèn a controlar les respostes fisiològiques. En el nostre estudi, la resposta seria la freqüència cardíaca que manifesta el subjecte, i el reforç seria la informació que en rep a través de l'aparell de bioretroalimentació (la pantalla de l'ordinador o el pulsímetre telemètric). És a dir, el reforç seria la informació que dona la retroalimentació sobre la resposta de freqüència cardíaca del ciclista. En el cas que la bioretroalimentació de la freqüència cardíaca mostrés al subjecte que disminueix la seva freqüència cardíaca, i aquesta fos la resposta que ll espera obtenir, aquest informació estaria actuant com a reforç de la resposta de disminuir la freqüència cardíaca. Així, els dos elements bàsics del paradigma del condicionament operant són presents a la bioretroalimentació (resposta i informació), i la seva efectivitat en l'atenuació cardíaca és clara, perquè els resultats d'aquest estudi demostren que el grup BIO —al que només s'administrava informació de la seva resposta cardíaca— n'aconseguia el control en la prova d'esforç de la fase posttest (després de l'entrenament en bioretroalimentació) respecte a la prova de la fase pretest (abans de l'entrenament psicològic en bioretroalimentació).

Amb tot, malgrat aquests resultats, estem d'acord amb De la Puente (1990)<sup>14</sup> que és poc consistent considerar que el senyal de bioretroalimentació o retroalimentació és l'únic ingredient actiu en el canvi fisiològic. Concretament, en aquest investigació hi ha dos aspectes que indiquen que en l'atenuació cardíaca poden actuar altres elements a més de la informació o retroalimentació que reben els ciclistes:

- a) Per una banda, els subjectes del grup BIR (entrenats en la tècnica de bioretroalimentació de la freqüència cardíaca i en control de la respiració) aconseguien disminuir més els valors de freqüència cardíaca en totes les etapes i càrregues de treball de la prova d'esforç, que no pas els subjectes del grup BIO. Això demostra que la combinació de les dues tècniques (bioretroalimentació de la freqüència cardíaca i el control de la respiració) és més efectiva que la tècnica de bioretroalimentació per si sola. Aquest fet fa pensar que si el control de la freqüència cardíaca depengués únicament de la informació que rep el ciclista, —a través de l'aparell de bioretroalimentació— sobre la variable a controlar, aleshores els dos grups entrenats en bioretroalimentació (BIO i BIR) haurien obtingut els mateixos resultats quant a disminució de la freqüència cardíaca, perquè aquests informació la rebien els dos grups per igual. Sembla ser que l'estratègia de control de la respiració que rebien els subjectes del grup BIR ha mostrat un efecte sumatori en permetre disminuir la seva freqüència cardíaca una mitjana de 12,2 pulsacions/minut.
- b) Per altra banda, els ciclistes que només rebien bioretroalimentació de la freqüència cardíaca (grup BIO) manifestaven que utilitzaven estratègies diverses per intentar fer disminuir els batecs del cor com ara "estar atent a un clau del cicloergòmetre", "concentrar-se en pedalar rodó", "parlar amb el cor perquè vagi més a poc a poc", "relaxar la musculatura", "canviar els patrons respiratoris", etc. totes aquestes estratègies són vies cognitives (pensaments, atenció, concentració) i/o somàtiques (relaxació muscular, control de la respiració), les quals poden mediatitzar el control cardíac.

Aquest dos aspectes trobats en els nostres resultats fan pensar en la possibilitat que la bioretroalimentació no actua directament sobre el sistema nerviós autònom, sinó que mediatitza aquest controla través d'altres sistemes com ara el somàtic i cognitiu. en aquest línia va l'explicació que ofereix el *model mediacional*, el qual explica que el control de la freqüència cardíaca es fa a través d'aquests dos sistemes, és a dir, el subjecte que vol disminuir la seva freqüència cardíaca utilitza recursos o estratègies que coneix amb efectes sobre la freqüència cardíaca, com ara canvis respiratoris<sup>16</sup> o estratègies somàtiques o cognitives.

Els mecanismes implicats en la disminució de la freqüència cardíaca a partir de la tècnica de control de la respiració poden explicar-se, per una banda, a partir del model cognitiu de la respiració<sup>17</sup> i per altra banda a partir dels efectes específics que la respiració diafragmàtica té sobre la freqüència

cardíaca. Everly (1989)<sup>17</sup> explica que la concentració en la respiració podria servir d'ajut per impedir el desenvolupament i manteniment de pensaments obsessius i de conductes impulsives, o simplement per facilitar que la persona desconnecti de preocupacions i pensaments que li generen tensió. Aquesta teoria coincideix amb la que plantejà Capdevila (1989)<sup>7</sup> respecte al fet que l'atenció en alguna cosa diferent als pensaments negatius per proporciona la fatiga fisiològica no només pot permetre de millorar el rendiment esportiu sinó també disminuir els valors de freqüència cardíaca. També Sime (1979, 1985)<sup>35, 36</sup> està d'acord amb aquesta teoria de proposar l'estratègia de control de la respiració a partir de sincronitzar la freqüència respiratòria amb el ritme de treball (en aquest treball era el ritme de pedalada). Aquest autor considera que el fet d'estar atent a aquesta sincronització evadeix el subjecte de pensar en la fatiga i l'esgotament. D'aquesta manera, el control de l'atenció en la respiració provoca que es realitzi una respiració més natural, lenta i profunda, que segons Escolá (1989)<sup>16</sup> provoca efectes relaxants i, com a conseqüència, pot fer disminuir els valors de freqüència cardíaca.

Una altra explicació possible de la disminució de la freqüència cardíaca mitjançant el control de la respiració és a partir dels efectes de la respiració diafragmàtica sobre el sistema simpàtic i parasimpàtic. La respiració diafragmàtica es basa en una sèrie d'exercicis que impliquen l'ús del diafragma i dels músculs de l'abdomen en la fase d'inspiració de l'aire. Quan es respira abdominalment, el moviment del diafragma fa que els continguts de l'abdomen estimulin el nervi vague provocant una activació parasimpàtica (Harvey, 1978; Hirai, 1975; Lichstein, 1988 —citats per Labrador, de la Puente y Crespo, 1993—.<sup>24</sup> La regulació nerviosa simpàtica i parasimpàtica és capaç de produir canvis importants en la funció cardiovascular. Concretament, l'estimulació "parasimpàtica produeix un major alliberament d'acetilcolina, donant com a resultat una bradicàrdia.<sup>20, 28</sup>

Així, la disminució de la freqüència cardíaca en la prova d'esforç de la fase posttest respecte a la pretest en els grups entrenats en control de la respiració pot explicar-se tant per la teoria cognitiva com pel tipus de respiració que realitzaven (diafragmàtica, lenta, profunda i rítmica).

L'altre resultat interessant per a la discussió és el fet que a mesura que augmenta la càrrega de treball disminueix el control de la freqüència cardíaca, especialment en els grups entrenats en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca (BIO i BIR). Per poder entendre aquest resultat cal tenir en compte que l'acceleració del cor comença, en general, abans de l'esforç mateix; després continua d'una manera lineal i

proporcional a la intensitat de l'esforç fins a un límit superior que aproximadament correspon a la freqüència màxima teòrica (FTM), que es calcula a partir d'una resta aritmètica de 220 menys l'edat del subjecte —expressada en anys—.<sup>13</sup> Després de l'esforç físic, la freqüència cardíaca disminueix progressivament fins arribar a valors semblants als de l'inici de l'esforç: és la recuperació. Així, sembla lògic pensar que en estadis elevats d'esforç com són els 300 vats de càrrega d'esforç, després de pedalar durant uns 20 minuts, i quan el ciclista es troba entre 170 i 190 pulsacions/minut, hi hagi una certa dificultat per fer disminuir la freqüència cardíaca a partir de la bioretroalimentació i per controlar la respiració, per molt elevat que sigui el nivell d'entrenament psicològic i físic de l'esportista. Segons això, una explicació de perquè és menor el control de la freqüència cardíaca a càrregues de treball més gran podria atribuir-se als efectes de la fatiga fisiològica que comporta la realització d'un esforç físic extenuant, que podrien impossibilitar el subjecte a posar atenció tant en la informació que proporciona la bioretroalimentació de la freqüència cardíaca (subjectes dels grups BIO i BIR), com en el control de la respiració (subjectes dels grups RES i BIR). Malgrat que aquests resultats referents a la dificultat de controlar la freqüència cardíaca i la respiració en estadis alts d'exercici físic, en aquest estudi s'ha constatat que els subjectes entrenats en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca foren capaços d'aguantar més temps realitzant la prova d'esforç en la fase posterior a l'entrenament psicològic. És a dir, els subjectes dels grups que van rebre bioretroalimentació van millorar considerablement el seu rendiment en la realització de la prova d'esforç màxim.<sup>41</sup>

Aquest resultat, referent a la dificultat de controlar la freqüència cardíaca en càrregues d'intensitat elevada, és difícil de contrastar amb estudis precedents perquè els treballs on s'avaluen els efectes de l'entrenament en bioretroalimentació de l'atenuació cardíaca durant la realització de proves d'esforç estàtic,<sup>12, 31</sup> dinàmic en cicloergòmetre,<sup>18, 29, 30, 32, 33, 40</sup> i dinàmic en tapís rodant,<sup>1, 5, 19</sup> s'han realitzat amb esforç físic d'intensitat baixa i moderada. En la major part d'estudis, l'esforç exigít als subjectes era del 10%, 30% i 50% de la freqüència cardíaca màxima, excepte el de Perski i cols. (1985)<sup>33</sup> que era del 65%, i el de Valiente i Capdevila (1994)<sup>40</sup> del 75% i 100%.

Com a conclusió d'aquest treball es pot considerar que l'entrenament psicològic més efectiu per a la millora de l'eficiència cardíaca en proves d'esforç amb cicloergòmetre sembla ser la combinació de l'entrenament en bioretroalimentació de la freqüència cardíaca i en control de la respiració. Aquest aspecte sembla confirmar-se amb els resultats

observats en la disminució de la freqüència cardíaca en la fase posttest respecte a la pretest per al grup BIR, el qual obté una disminució més gran de la freqüència cardíaca que els grups BIO i RES. Això pot ser degut a què al ciclista entrenat en les dues tècniques se li facilitaven dues informacions: per una banda, una estratègia eficaç per aconseguir atenuar la freqüència cardíaca com és el control de la respiració i, per una altra banda, una informació real de les variacions de freqüència cardíaca així com també dels progressos que va obtenint quant a la seva disminució, a través de la tècnica de biofeedback. En canvi, els subjectes del grup BIO,

pel fet de no tenir cap estratègia que, de manera directa, els permetés de disminuir els valors de freqüència cardíaca, estaven obligats a buscar estratègies cognitives (concentrar-se en un punt, pensar frases positives i motivadores, etc.) o somàtiques (relaxació muscular, control de la respiració, etc.) per assaig-error, que poguessin facilitar-los el control de la freqüència cardíaca. I als subjectes del grup RES els faltaria informació contínua de la seva freqüència cardíaca ja que en cap moment de la prova d'esforç van tenir informació dels canvis de freqüència cardíaca que els va produir el fet de controlar la seva respiració.

## Bibliografia

1. ÁLVAREZ, M. *Biorretroalimentación durante el esfuerzo ergométrico: un estudio sobre la posibilidad de autocontrol de la frecuencia cardíaca*. Trabajo de investigación de doctorado inédito. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. 1994.
2. ÁLVAREZ, M.; Villamarín, F. y Cruz, J. La biorretroalimentación como técnica para autorregular la frecuencia cardíaca durante el ejercicio dinámico: un análisis experimental. *Análisis y Modificación de la Conducta*, 1995; 21 (80), 823-844.
3. BRENER, J.M. A general model of voluntary control applied to the phenomena of learned cardiovascular change. En P.A. Obrist, A.H. Black, J. Brener y L.V. Dicara (Eds.). *Cardiovascular psychophysiology*, 1974; (pp. 365-391). Chicago: Aldine.
4. BRENER, J.M. Psychobiological mechanisms in biofeedback. En L. White y B. Tursky (eds.). *Clinical biofeedback: efficacy and mechanisms*, 1982; (pp. 24-48). London: Guilford Press.
5. BURRILL, K.C. *The effect of heart rate biofeedback training of heart rate lowering during progressive cyclic exercise and biathlon performance with junior athletes*. Tesis doctoral inédita. Boston: Boston University. 1990.
6. CAPDEVILA, L. Anàlisi de sèries temporals aplicada a la freqüència cardíaca en una prova d'esforç. *Apunts de Medicina de l'Esport*, 1989a; 26, 79-83.
7. CAPDEVILA, L. *Efectes de l'entrenament psicològic sobre l'estrès de competició i sobre l'eficiència cardiorespiratòria, en atletes mig-fondistes*. Tesis doctoral microfilmada. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 1989b.

8. CAPDEVILA, L. y CRUZ, J. Análisis de series temporales aplicado al estudio de la emoción y de la conducta en un atleta. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 1992; 45, 103-111.
9. CAPDEVILA, L., CRUZ, J. y VILADRICH, C. Conducta deportiva en diseños de grupo: análisis de series temporales. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 1992; 45, 453-460.
10. CAPDEVILA, L., PINTANEL, M., VALIENTE, L. y CRUZ, J. La biorretroalimentación como técnica de entrenamiento psicológico deportivo. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 1995; 48, 111-123.
11. CARROBLES, J.A. y GODOY, J. *Biofeedback: principios y aplicaciones*. Barcelona: Martínez Roca. 1987.
12. CLEMENS, W.J. y SHATTOCK, R.J. Voluntary heart rate control during static muscular effort. *Psychophysiology*, 1979; 4, 327-332.
13. COUSTEAU, J.P. *Cardiología del deporte*. Barcelona: Masson. 1989.
14. DE LA PUENTE, M.L. *Efectos diferenciales del entrenamiento en biofeedback EMG frontal y de la inoculación del estrés en el tratamiento de cefáleas funcionales*. Tesis doctoral inédita. Madrid: Universidad Computense. 1990.
15. ENGEL, B.T. y TALAN, M.I. Autonomic blockade does not prevent learned heart rate attenuation during exercise. *Physiology and Behavior*, 1991; 49, 373-382.
16. ESCOLA, F. *Educación de la respiración. Pedagogía para el rendimiento físico y la fonación*. Barcelona: INDE. 1989.
17. EVERLY, G.S. *A clinical guide to the treatment of the human stress response*. New York: Plenum Press. 1989.
18. FREDICKSON, M. y ENGEL, B.T. Learned control of heart rate during exercise in patients with borderline hypertension. *European Journal Applied Physiology*, 1985; 54, 315-320.
19. GOLDSTEIN, D.S., ROSS R.S. y BRADY, J.V. Biofeedback heart rate training during exercise. *Biofeedback and Self-Regulation*, 1977; 2, 107-125.
20. GUYTON, A.C. *Tratado de fisiología médica*. Madrid: Interamericana - McGraw-Hill. 1993.
21. HARVEY, J. Diaphragmatic breathing: a practical technique for breath control. *The Behavior Therapist*, 1978; 1, 13-14.
22. HIRAI, T. *Zen meditation therapy*. Tokyo: Yapan Publications, 1975.
23. LABRADOR, F.J., CRUZADO, J.A. y MUÑOZ, M. *Manual de técnicas de modificación y terapia de conducta*. Madrid: Pirámide, 1993.
24. LABRADOR, F.J., DE LA PUENTE, M.L. y CRESPO, M. Técnicas de control de la activación: relajación y respiración. En J. Mayor y F.J. Labrador (Eds.). *Manual de modificación de conducta*, 1993; (pp. 367-397). Madrid: Alhambra.
25. LANDERS, D.M. Psychophysiological assessment and biofeedback. Applications for athletes in closed-skill sports. En J.H. Sandweiss y S.L. Wolf (Eds.). *Biofeedback and sport science*, 1985; (pp. 63-105). New York: Plenum Press.
26. LANDERS, D.M., PETRUZZELLO, S.J., SALAZAR, W., CREWS, D.J., KUBITZ, K.A., GANNON, T.L., y HAN, M. The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1991; 23, 123-129.
27. LICHSTEIN. *Clinical relaxation strategies*. New York: Wiley, 1988.
28. LIPPOLD, O.C.J. y WINTON, F.R. *Fisiología humana*. Barcelona: JIMS, 1970.
29. LO, C.R. y JONHSTON, D.W. Cardiovascular feedback during dynamic exercise. *Psychophysiology*, 1984a; 21, 199-206.
30. LO, C.R. y JONHSTON, D.W. The self-control of the cardiovascular response to exercise using feedback of the product of interbeat interval and pulse transit time. *Psychosomatic Medicine*, 1984b; 46, 115-125.
31. MOSES, J., CLEMENS, W.J. y BRENER, J. Bidirectional voluntary heart rate control during static muscular exercise: metabolic and respiratory correlates. *Psychophysiology*, 1986; 5, 510-520.
32. PERSKI, A. y ENGEL, B.T. The role of behavior conditioning in the cardiovascular adjustment to exercise. *Biofeedback and Self-Regulation*, 1980; 5, 91-104.
33. PERSKI, A., TZANKOFF, S.P. y ENGEL, B.T. Central control of cardiovascular adjustment to exercise. *Journal Applied Physiology*, 1985; 2, 431-435.
34. PETRUZZELLO, S.J., LANDERS, D.M. y SALAZAR, W. Biofeedback and sport/exercise performance: applications and limitations. *Behavior Therapy*, 1991; 22, 379-392.
35. SIME, W.E. Association/dissociation and motivation in marathon runners. Comunicación presentada en el *Northland Regional Meeting of the American College of Sports Medicine*. Omaha, 1979.
36. SIME, W.E. Physiological perception. The key of peak performance in athletic competition. En J.H. Sandweiss y S.L. Wolf (Eds.) *Biofeedback and Sports Science*, 1985; (pp.33-62). New York: Plenum Publishing Corporation.
37. TALAN, M.I. y ENGEL, B.T. Learned control of heart rate during dynamic exercise in nonhuman primates. *Journal Applied Physiology*, 1986; 61, 545-553.
38. VALIENTE, L. *Biorretroalimentació de la freqüència cardíaca durant proves d'esforç amb cicloergòmetre*. Trabajo de investigación de doctorado no publicado. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 1993.

39. VALIENTE, L., ACSENSI, C. y CAPDEVILA, L.. Programa informàtic de bioretroalimentació amb cicloergòmetre. En *X Jornades de l'Associació Catalana de Psicologia de l'Esport*, 1994; (pp. 207-210). Lleida: ACPE.
40. VALIENTE, L. Y CAPDEVILA, L. La biorretroalimentación de la frecuencia cardíaca como técnica psicológica para mejorar el rendimiento fisiológico: un estudio piloto. *Revista de Psicología del Deporte*, 1994; 5, 15-30.
41. VALIENTE, L. *Efectes de la bioretroalimentació de la freqüència cardíaca sobre el rendiment esportiu i l'eficiència cardíaca en ciclistes durant proves d'esforç màxim*. Tesis doctoral inédita. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 1996.