

## EFEECTO DEL EJERCICIO SOBRE EL ELECTROCARDIOGRAMA EN EL CABALLO ANDALUZ

(EFFECT OF EXERCISE ON THE E.C.G. IN THE ANDALUSIAN HORSE).

por

F.M. Castejón, F. Herrera, R. Santisteban y C. Riber

### Summary

Electrocardiograms of four Andalusian harness horses, during the last period of training and during s Spanish harness championship have been studied.

It has been found a highly significant difference between rest and exercise for the R-P, P-Q and Q-T interval during the training period, and during the marathon day in the championship.

A bifid P was found in rest after a light exercise; a positive P was shown after the marathon day in 50 per cent of the electrocardiograms.

The ventricular complex were characterized by a rS and RS morphology. Significant diference (P 0,01) for R wave between the first and the last day of the championship, and highly significant difference (P 0,001) for S wave between rest and exercise in the marathon day were found.

### Resumen

Se han efectuado registros electrocardiográficos en cuatro caballos de raza andaluza con aptitud de tiro de carruajes, durante el mes último de su período de entrenamiento y durante el campeonato de España de enganches.

Para el período, espacio P-Q, y espacio Q-T, se ha encontrado un alto grado de significación entre los registros de reposo y ejercicio durante la etapa de entrenamiento. Durante el campeonato también hay

---

Presentado para publicación el 8-11-1982.

diferencias altamente significativas al comparar los registros de reposo y ejercicio en el día del maratón (2º día).

La onda P es doble en reposo y después de un ejercicio ligero, pero pasa a ser simple después del maratón en el 50 p.100 de los casos.

El complejo ventricular presenta una morfología rS y RS. Hay diferencias muy significativas para R entre los registros efectuados antes y después del campeonato, y altamente significativas para S entre los registros efectuados antes y después del maratón.

### Introducción

El electrocardiograma en los équidos puede usarse como técnica de evaluación de la capacidad de respuesta al ejercicio (Cardinet y col. (2)). Los cambios en el E.C.G. producidos por diferentes pruebas de esfuerzo han sido estudiadas por diversos autores (Aitken y col. (1); Castejón, F.M. (3); Castejón y col. (4); Skarda, R.T. y col. (8); Senta, T y col. (11)). Se ha observado que el ejercicio físico produce cambios en la onda P, pasando de onda P bífida en reposo (Castejón, F.M. (3); Castejón y col. (4); Hamlin y col. (7)) a onda P simple después del ejercicio (Castejón, F.M. (4) y Senta y col. (11)). Esta morfología de la onda P bífida puede variar en reposo, dependiendo de donde esté situado el origen del foco de activación, encontrándose ondas P bífidas con el primer componente menor que el segundo tanto en amplitud como en duración, cuando el foco de activación está en el nódulo S.A. o cerca de él, y ondas P bífidas con los dos componentes de la misma magnitud, cuando el foco de activación está en el borde craneal de la aurícula derecha (Hamlin y col. (8)).

El complejo ventricular se caracteriza por una onda r pequeña y una gran onda S, tanto en el electrocardiograma de esfuerzo (Castejón, F.M. (4) y Senta y col. (11)) y también por una morfología QS (Senta, T. (9)).

La onda T en reposo se caracteriza por ser difásica (negativa-positiva) o positiva (Castejón, F.M. (3) y Senta y col. (11)), cambiando de morfología considerablemente con el ejercicio (Castejón, F.M. (3) y Senta y col. (11)).

El segmento P-R suele presentar una pequeña desnivelación hacia la negatividad (Castejón, F.M. (3); Castejón y col. (6) y Hamlin, R.L. (7)) que podría estar asociada con el inicio de la onda T de repolariza-

ción auricular (Castejón y col. (6)).

El segmento S T en reposo presenta una morfología muy variada asociada a la morfología de la onda T (Castejón, F.M. (3)), evolucionando de distinta forma, después del ejercicio, según sea en reposo la onda T (positiva o difásica), (Castejón, F.M. (5)).

La variación de la duración de los intervalos P-R y R-T está asociada con la duración del período o intervalo P-P (Castejón, F.M. (3); Castejón y col. (4) y Senta y col. (9)).

Los valores del período cambian durante el ejercicio haciéndose menores a medida que el ejercicio es más violento (Castejón, F.M. (3) y Senta y col. (11)).

#### Material y métodos

Se han usado cuatro caballos sanos, de raza andaluza, pertenecientes al VII Depósito de Sementales de Córdoba, con aptitud de enganche y edades comprendidas entre los cinco y siete años.

Los registros electrocardiográficos fueron realizados con un Cardiotat T, utilizando la derivación X-C, de las derivaciones tetraédricas (Castejón, F.M. (3)).

El ejercicio realizado consistió en:

a) período de entrenamiento: Se hicieron registros semanales durante el mes que precedió al campeonato de España de enganches, antes y después de cada sesión de entrenamiento.

El ejercicio efectuado durante este período consistió en salidas al campo enganchados a la cuarta en una domadora y con recorridos que fueron incrementándose progresivamente, empezando con 9 km y terminando con 15 km a una velocidad media de 12 km por hora.

b) Campeonato de España: La competición se desarrolló en tres días; el primer día consistió en una reprís de doma, el segundo día en un maratón de 12 km por terreno variado y un cross de 2 km, y el tercer día en una prueba de habilidad de sorteo de obstáculos en una pista. Se hicieron controles antes y después del campeonato y antes y después de las pruebas de maratón y cross.

### Resultados

En las tablas I, II y III se dan los valores medios y desviación típica de los distintos parámetros electrocardiográficos en el período de entrenamiento y durante la fase del campeonato de España, respectivamente.

#### Período de entrenamiento:

Los valores del período durante el reposo no varían significativamente, entre los diferentes días que se realizaron los registros. Su valor medio es de 1,67 segundos, que corresponde con una frecuencia cardíaca de 36 latidos por minuto. Al terminar el período de ejercicio, los valores del período disminuyen con respecto a los valores encontrados en reposo.

La onda P es una onda P bifida con dos componentes P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>, siendo P<sub>1</sub> menor que P<sub>2</sub> tanto en duración como en amplitud, aunque de morfología muy variable de unas a otras.

El complejo ventricular es de morfología rS (90 p.100) o RS (10 p..100).

La onda T es en el 90 p. 100 de los casos difásica con T<sub>1</sub> negativa y T<sub>2</sub> positiva, tanto en los registros de reposo como en los de ejercicio.

Los valores de los espacios P-Q y Q-T son menores en los períodos de ejercicio que en los respectivos períodos de reposo, disminuyendo a medida que disminuye el período.

#### Campeonato:

Durante el campeonato no hemos encontrado diferencias significativas en los diferentes parámetros electrocardiográficos de los registros realizados el primer día al comienzo de las pruebas y el tercer día al finalizar las pruebas, sin embargo, sí hemos encontrado diferencias altamente significativas, para el período, espacio P-Q y espacio Q-T, en los registros efectuados el segundo día antes y después de las pruebas de maratón (tabla V).

### Discusión

Del análisis de los resultados se desprende que existen valores menores del período en los registros de ejercicio que en sus respectivos registros de reposo, y que estos valores son menores, a medida que el ejercicio es más violento (tablas I, II y III), lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Cardinet y col. (2); Castejón, F.M. (4); Skarda y col. (10) y Senta y col. (11). La comparación de los valores medios del período, entre los registros de reposo y ejercicio, nos indica un alto grado de significación los días 1 y 4 y muy significativos para el día 3 (tabla IV).

Durante el campeonato, hay diferencias altamente significativas para el período, al comparar los registros de reposo con los de ejercicio en el día del maratón (2º día), lo cual es lógico de acuerdo con el gran esfuerzo exigido a los animales, sin embargo, el que los valores al finalizar el campeonato (día 3º) no difieran de los registros al comienzo del primer día, nos indica que ha habido una buena adaptación al esfuerzo, durante los tres días en que se desarrollaron las pruebas (tabla V).

Para los valores de la sístole eléctrica auricular (Esp. PQ) y sístole eléctrica ventricular (Esp. QT), hay diferencias significativas, al comparar los registros de reposo con los respectivos registros de ejercicio, durante el período de entrenamiento, a excepción del tercer día para el espacio QT (tabla IV). Durante el campeonato, no hay diferencias significativas, al comparar los registros del primer día en reposo, con el último día después del ejercicio, y sí hay diferencias altamente significativas, el segundo día (maratón), entre los registros de reposo y ejercicio (tabla V). Esto concuerda con los resultados de Castejón, F.M. (3), cuando señala que durante la adaptación al esfuerzo, son los valores del período los que disminuyen primero, disminuyendo también los espacios PQ y QT, cuando se alcanzan valores del período inferiores a 1,29 segundos. Por otro lado, los valores de PQ y QT en reposo, no cambian significativamente entre los diferentes días que se realizaron los registros, tanto en el período de entrenamiento como durante el campeonato, lo que concuerda con los resultados de Skarda y col. (10).

La onda P es bífida en reposo en el 99.p.100 de los casos; esto concuerda con los trabajos de Castejón, F.M. (3); Castejón y col. (6) y Senta y col. (11). La onda P sigue siendo bífida después del ejercicio durante el período de entrenamiento, dado que el ejercicio no fue muy intenso. Durante el campeonato, en la prueba de maratón, la P bífida

en reposo se hace simple después del ejercicio en el 50 p.100 de los casos, posiblemente debido a que en el ejercicio de tiro de carruajes a la cuarta, los caballos del tronco hacen un ejercicio más intenso (fig. 2e), lo que provocaría el paso de onda P bifida en reposo a simple después del ejercicio. Esto concuerda con los resultados de Castejón, F.M. (4) y Castejón, F.M. y col. (6), que muestran un mayor número de ondas P simples en los períodos de ejercicios más violentos, lo cual podría provocar un cambio en las células marcapasos cuando el tono simpático es alto y el parasimpático bajo (hamlin y col. (7)).

La morfología del complejo ventricular, en reposo, concuerda en parte con los resultados de Castejón, F.M. (3) y Senta y col. (11), ya que éstos encuentran una morfología rS y en nuestro trabajo además hemos encontrado también una morfología RS.

Después del ejercicio, no hay variaciones en la morfología del complejo ventricular durante el período de entrenamiento, pero sí durante el campeonato, encontrándose diferencias muy significativas para R entre los registros efectuados antes y después del campeonato, y altamente significativas para S entre los registros efectuados antes y después del maratón (tabla V).

La morfología de la onda T difásica concuerda con los trabajos de Castejón, F.M. (3 y 5). Sólo hemos encontrado variaciones en la morfología de la onda T en los registros efectuados después del maratón, pasando de una onda T difásica en reposo a una onda T positiva después del ejercicio, lo que concuerda con los resultados de Castejón, F.M. (5).

#### Agradecimiento

Al Vii Depósito de Sementales por su inapreciable colaboración en la realización de este trabajo.

#### Bibliografía

1. Aitken, M.M., J. sanford and G. Mackenzie. Factors influencing deceleration of heart and respiratory rates after exercise in the horse. Eq. Vet. J. 56 (1): 8-14 (1973).

2. Cardinet, G.H., M.E. Fowler and W.S. Tyler. Heart rates and respiratory rates for evaluating performance in horses during endurance trail ride competition. J.A.V.M.A. 143 (12): 1303-1309 (1963).
3. Castejón, F.M. Modelos tele-electrocardiográficos tetraédricos en el caballo. Higya Pecoris. 1 (2): 69-101 (1978).
4. Castejón, F.M. Variaciones del E.C.G. equino durante una prueba de esfuerzo. Higya Pecoris 1 (5): 101-127 (1978).
5. Castejón, F.M. Evolución de la onda T del E.C.G. equino en animales sometidos a diferentes esfuerzos. Higya Pecoris 3 (3): 31-45 (1980).
6. Castejón, F.M., I. Avila y C. Riber. Estudio del auriculograma equino y sus variaciones en el esfuerzo. Higya Pecoris, 3(3): 31-45 (1980).
7. Hamlin, R.J., J.A. Himes, H. Guttridge y W. Kirkham. "P" wave in the electrocardiogram of the horse. Am. J. Vet. Res. 31 (6): 1027-1031 (1970).
8. Hamlin, R.L., D.L. Smetzer, T. Senta y C.R. Smith. Atrial activation paths and "P" waves in horses. Am. J. Phys. 219 (2): 306-313 (1970).
9. Holmes, J.R. y B.J. Alps. The effect of rhythm irregularities in the horse. Vet. Rec. 78 (20): 672-683 (1966).
10. Skarda, R.T., W.W. Muir, D.W. Milne y A.A. Gabel. Effects of training on resting and post-exercise E.C.G. in standardbred horses, using a standardized exercise test. Am. J. Vet. Res. 27 (12): 1485-1488 (1976).
11. Senta, T., D.L. Smetzer y C.R. Smith. Effects of exercise on certain electrocardiographic parameters and cardiac arrhythmias in the horse. A radiotelemetric study. Cornell Vet. 60 (4): 552-569 (1969).

Tabla I. Valores medios de duración en segundos de los diferentes parámetros del E.C.G. durante el período de entrenamiento.

Dia	Per.	P		R	S	T		Seg. PQ	Seg. ST	Esp. PQ	Esp. QRS	Esp. QT
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>			T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>					
Dia 1*	1,71±0,19	P <sub>1</sub> =0,05±0,01 P <sub>2</sub> =0,07±0,01	0,03±0,01	0,07±0,01	T <sub>1</sub> =0,05±0,02 T <sub>2</sub> =0,07±0,01	0,17±0,03	0,27±0,03	0,29±0,04	0,10±0,01	0,50±0,02		
Dia 2*	1,66±0,20	P <sub>1</sub> =0,06±0,01 P <sub>2</sub> =0,08±0,01	0,03±0,01	0,07±0,01	T <sub>1</sub> =0,06±0,02 T <sub>2</sub> =0,06±0,01	0,16±0,03	0,30±0,02	0,30±0,03	0,10±0,02	0,53±0,04		
Dia 3*	1,64±0,30	P <sub>1</sub> =0,06±0,02 P <sub>2</sub> =0,08±0,02	0,03±0,01	0,07±0,01	T <sub>1</sub> =0,07±0,02 T <sub>2</sub> =0,06±0,02	0,17±0,04	0,27±0,05	0,31±0,04	0,10±0,01	0,49±0,06		
Dia 4*	1,68±0,14	P <sub>1</sub> =0,06±0,01 P <sub>2</sub> =0,07±0,02	0,03±0,01	0,07±0,01	T <sub>1</sub> =0,07±0,02 T <sub>2</sub> =0,06±0,01	0,16±0,03	0,26±0,02	0,29±0,04	0,10±0,01	0,49±0,03		
REPOSO												
Dia 1*	1,29±0,16	P <sub>1</sub> =0,05±0,01 P <sub>2</sub> =0,07±0,02	0,03±0,01	0,05±0,01	T <sub>1</sub> =0,04±0,02 T <sub>2</sub> =0,06±0,01	0,14±0,03	0,25±0,03	0,24±0,04	0,08±0,01	0,42±0,03		
Dia 2*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Dia 3*	1,40±0,07	P <sub>1</sub> =0,06±0,01 P <sub>2</sub> =0,07±0,02	0,03±0,01	0,07±0,02	T <sub>1</sub> =0,05±0,01 T <sub>2</sub> =0,06±0,01	0,13±0,02	0,26±0,02	0,26±0,04	0,10±0,01	0,48±0,02		
Dia 4*	1,21±0,20	P <sub>1</sub> =0,06±0,02 P <sub>2</sub> =0,07±0,01	0,03±0,01	0,08±0,02	T <sub>1</sub> =0,07±0,01 T <sub>2</sub> =0,06±0,01	0,13±0,03	0,24±0,02	0,25±0,02	0,10±0,01	0,46±0,03		
EJERCICIO												

Tabla II.- Valores medios de voltaje en milivoltios de las diferentes ondas del E.C.G. durante el periodo de entrenamiento.

	P	R	S	T
Día 1º	P <sub>1</sub> =0,11 ± 0,05 P <sub>2</sub> =0,17 ± 0,06	0,44±0,18	0,60±0,22	T <sub>1</sub> =0,19 ± 0,09 T <sub>2</sub> =0,22 ± 0,10
Día 2º	P <sub>1</sub> =0,08 ± 0,03 P <sub>2</sub> =0,12 ± 0,04	0,54±0,19	0,62±0,40	T <sub>1</sub> =0,27 ± 0,20 T <sub>2</sub> =0,20 ± 0,06
Día 3º	P <sub>1</sub> =0,11 ± 0,05 P <sub>2</sub> =0,14 ± 0,05	0,48±0,16	0,60±0,30	T <sub>1</sub> =0,25 ± 0,20 T <sub>2</sub> =0,17 ± 0,06
Día 4º	P <sub>1</sub> =0,13 ± 0,07 P <sub>2</sub> =0,21 ± 0,06	0,65±0,20	1,09±0,40	T <sub>1</sub> =0,67 ± 0,30 T <sub>2</sub> =0,23 ± 0,10

REPOSO

Día 1º	P <sub>1</sub> =0,15 ± 0,10 P <sub>2</sub> =0,13 ± 0,05	0,33±0,10	0,48±0,30	T <sub>1</sub> =0,13 ± 0,07 T <sub>2</sub> =0,18 ± 0,07
Día 2º	—	—	—	—
Día 3º	P <sub>1</sub> =0,08 ± 0,02 P <sub>2</sub> =0,14 ± 0,05	0,40±0,15	0,70±0,40	T <sub>1</sub> =0,16 ± 0,06 T <sub>2</sub> =0,19 ± 0,07
Día 4º	P <sub>1</sub> =0,12 ± 0,08 P <sub>2</sub> =0,22 ± 0,06	0,65±0,18	1,42±0,55	T <sub>1</sub> =0,41 ± 0,20 T <sub>2</sub> =0,22 ± 0,06

EFUERCIO

CASTEJON ET AL.: ELECTROCARDIOGRAMA DE ESFUERZO EN EL CABALLO ANDALUZ.

Tabla III. Valores medios de los diferentes parámetros del E.C.G. durante el campeonato.

Per.	P		R	S	T		Seg. FQ	Seg. ST	Esp. FQ	Esp. QRS	Esp. QT
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>			T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>					
Dia 1ª REPOSO	1,35 <sup>±</sup> 0,20	P <sub>1</sub> =0,60 ± 0,01 P <sub>2</sub> =0,07 ± 0,01	0,02 <sup>±</sup> 0,002	0,07 <sup>±</sup> 0,02	T <sub>1</sub> =0,07 ± 0,02 T <sub>2</sub> =0,06 ± 0,02	0,14 <sup>±</sup> 0,02	0,24 <sup>±</sup> 0,02	0,27 <sup>±</sup> 0,04	0,09 <sup>±</sup> 0,02	0,46 <sup>±</sup> 0,05	
	Dia 2ª REPOSO	1,40 <sup>±</sup> 0,50	P <sub>1</sub> =0,05 ± 0,02 P <sub>2</sub> =0,07 ± 0,01	0,03 <sup>±</sup> 0,01	0,07 <sup>±</sup> 0,01	T <sub>1</sub> =0,07 ± 0,03 T <sub>2</sub> =0,06 ± 0,01	0,17 <sup>±</sup> 0,03	0,28 <sup>±</sup> 0,01	0,29 <sup>±</sup> 0,04	0,10 <sup>±</sup> 0,01	0,46 <sup>±</sup> 0,10
Dia 2ª EJERCICIO		0,78 <sup>±</sup> 0,20	P <sub>1</sub> =0,05 ± 0,01 P <sub>2</sub> =0,06 ± 0,01	0,02 <sup>±</sup> 0,01	0,08 <sup>±</sup> 0,01	T <sub>1</sub> =0,07 ± 0,01 T <sub>2</sub> =0,06 ± 0,01	0,09 <sup>±</sup> 0,02	0,11 <sup>±</sup> 0,05	0,19 <sup>±</sup> 0,03	0,11 <sup>±</sup> 0,02	0,34 <sup>±</sup> 0,05
	Dia 3ª EJERCICIO	1,23 <sup>±</sup> 0,10	P <sub>1</sub> =0,05 ± 0,01 P <sub>2</sub> =0,06 ± 0,01	0,03 <sup>±</sup> 0,009	0,07 <sup>±</sup> 0,02	T <sub>1</sub> =0,05 ± 0,02 T <sub>2</sub> =0,07 ± 0,01	0,13 <sup>±</sup> 0,02	0,25 <sup>±</sup> 0,01	0,25 <sup>±</sup> 0,03	0,10 <sup>±</sup> 0,01	0,47 <sup>±</sup> 0,03

P	R	S	T	
				P
Dia 1ª REPOSO	P <sub>1</sub> =0,10 ± 0,05 P <sub>2</sub> =0,26 ± 0,05	0,48 <sup>±</sup> 0,20	1,30 <sup>±</sup> 0,40	T <sub>1</sub> =0,49 ± 0,30 T <sub>2</sub> =0,23 ± 0,10
	Dia 2ª REPOSO	P <sub>1</sub> =0,08 ± 0,02 P <sub>2</sub> =0,19 ± 0,10	0,38 <sup>±</sup> 0,20	0,70 <sup>±</sup> 0,20
Dia 2ª EJERCICIO		P <sub>1</sub> =0,07 ± 0,02 P <sub>2</sub> =0,22 ± 0,06	0,54 <sup>±</sup> 0,20	1,61 <sup>±</sup> 0,60
	Dia 3ª EJERCICIO	P <sub>1</sub> =0,09 ± 0,04 P <sub>2</sub> =0,25 ± 0,09	0,74 <sup>±</sup> 0,20	1,22 <sup>±</sup> 0,60

SOITVOITIM

Tabla IV. Comparación simple de medias, para el período, espacios PQ y QT y voltajes de R y S, entre los valores de reposo y ejercicio durante el entrenamiento.

	Per.	Esp.PQ	Esp.QT	R	S
Día 1º	+++ 5,6149	++ 2,9411	+++ 7,4074	1,7741	1,0704
Día 2º	---	---	---	---	---
Día 3º	++ 2,5862	++ 2,9411	0,5263	1,2102	0,6635
Día 4º	+++ 6,3945	++ 2,9850	+ 2,3622	0	1,6097

Significativo +  $P \leq 0,05$   
 Muy significativo ++  $P \leq 0,01$   
 Altamente significativo +++  $P \leq 0,001$

Tabla V. Comparación simple de medias para el período, espacio PQ y QT y voltajes de R S entre los valores de antes y después del campeonato (1ª-3ª día) y los valores de reposo y ejercicio en el maratón (2º<sub>R</sub> - 2º<sub>E</sub> días).

	Per.	Esp.PQ	Esp. QT	R	S
1º y 2º día	1,7804	1,3333	0,5714	++ 3,0516	0,3681
2º <sub>R</sub> -2º <sub>E</sub> día	+++ 3,8200	+++ 6,6666	+++ 3,5608	1,8779	+++ 4,7743

Significativo +  $P \leq 0,05$   
 Muy significativo ++  $P \leq 0,01$   
 Altamente significativo +++  $P \leq 0,001$

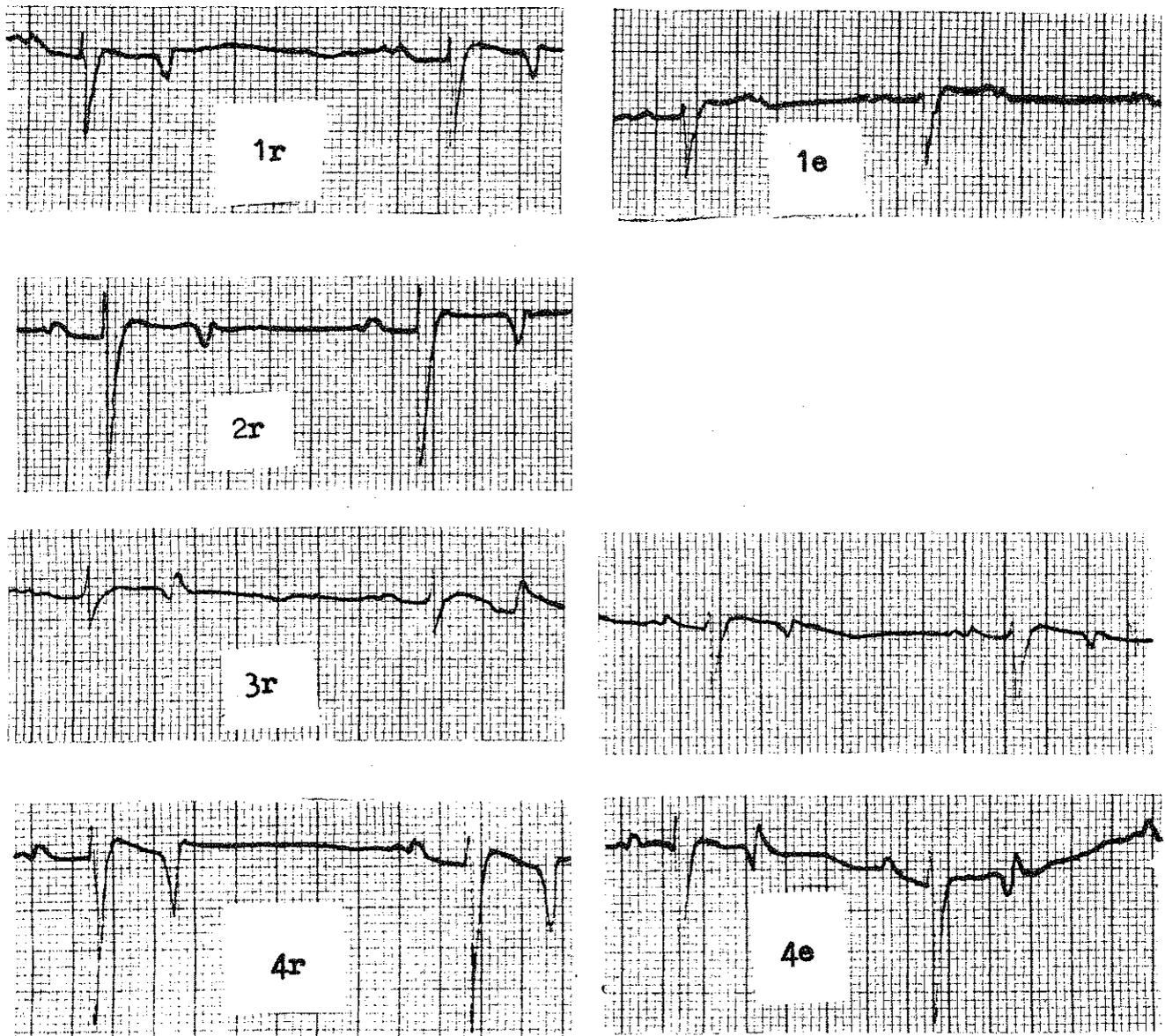


Figura 1. Electrocardiogramas obtenidos durante el período de entrenamiento. 1r: primer día en reposo; 1e: primer día después del ejercicio; 2r: segundo día en reposo; 3r: tercer día en reposo; 3e: tercer día después del ejercicio; 4r: cuarto día en reposo; 4e: cuarto día después del ejercicio.

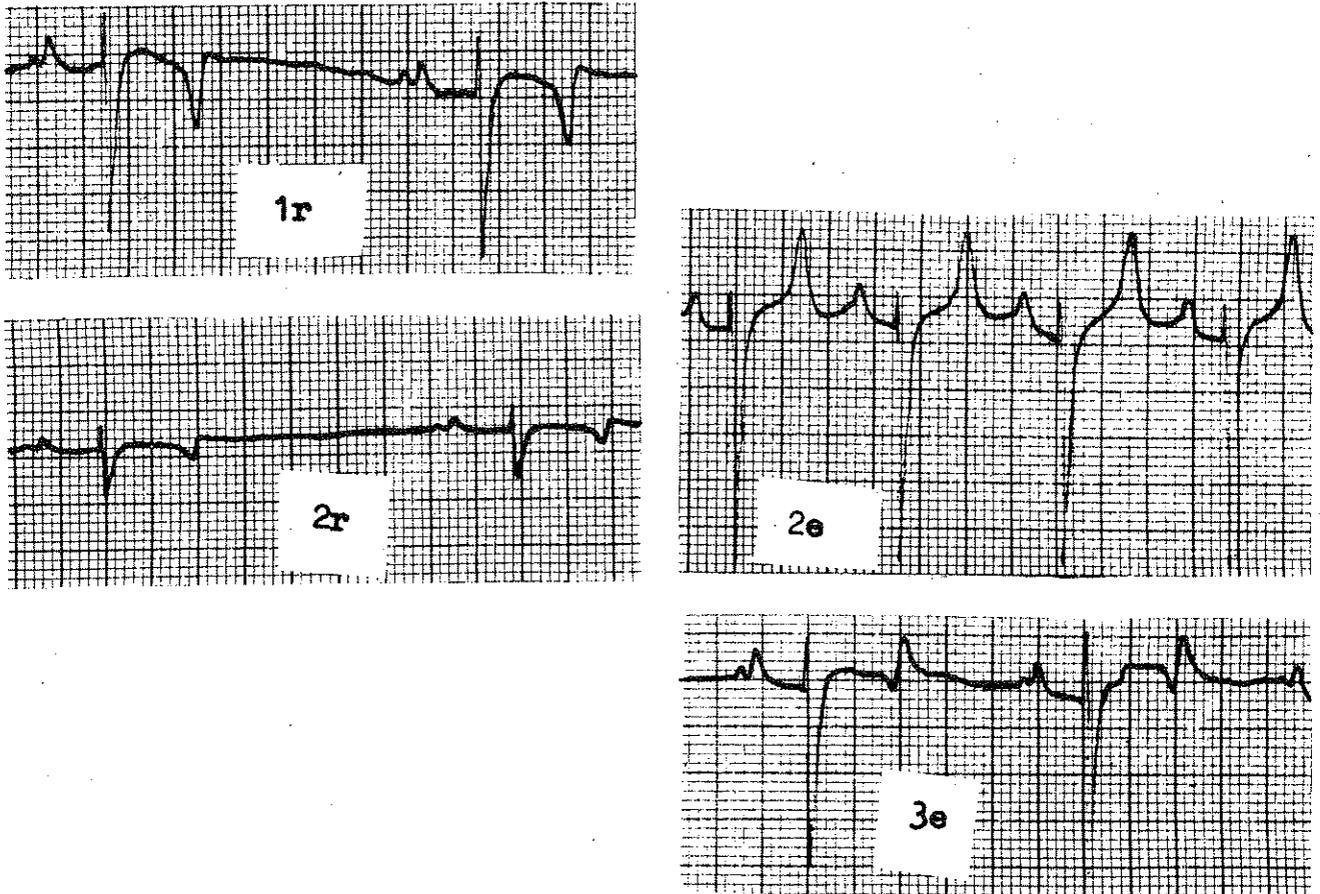


Figura 2. Electrocardiogramas obtenidos durante el Campeonato de España de Enganches. 1r: primer día en reposo; 2r: segundo día en reposo; 2e: segundo día después del ejercicio; 3e: tercer día después del ejercicio.