

## EFFECTOS DEL EJERCICIO DINÁMICO MÁXIMO SOBRE ELECTROCARDIOGRAMA

Ponce, J.; Álvarez, A.; Pascual, F. y Rodríguez, L.P.

Departamento de "Medicina Física y de Rehabilitación. Hidrología Médica".  
Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

---

### RESUMEN

Se han estudiado los efectos del ejercicio dinámico máximo (sprint) sobre el ECG en 100 galgos greyhound que participaban en carreras programadas de 350 m. Se realizaron dos ECG en cada animal: uno antes de la carrera y otro postesfuerzo. Después de la carrera hay un aumento significativo del voltaje de las ondas P, R y T en DII, DIII y aVF, y las ondas T son simétricas en el 96% de los sujetos. El mayor voltaje y duración de las ondas P representan la eficacia de la función auricular para el mantenimiento del volumen minuto. El incremento de la amplitud de las ondas R y T sería consecuencia del aumento del volumen sistólico y de la instauración de isquemia miocárdica relativa transitoria. La frecuencia cardíaca media se incrementa en 21,740"30,109 l.p.m., siendo significativa la diferencia. Al analizar el ECG postesfuerzo con respecto al de reposo en relación con el sexo, edad, peso, categoría y orden de llegada, se deduce que las diferencias no están relacionadas con dichos grupos, excepto la frecuencia cardíaca con la edad observándose como la capacidad para incrementarla disminuye con la misma.

PALABRAS CLAVE: Sprint; electrocardiografía; isquemia miocárdica; frecuencia cardíaca; greyhound.

### ABSTRACT

The effects of maximal dynamic exercise (sprint) has been studied on the ECG of 100 greyhound who run in programmed 350 m races. Two ECG were taken in each animal: one before the race and the other after the effort. After the race there is a significant increase of the voltage in the waves P, R and T in DII, DIII and aVF, and the T waves are symetrical in 96% of the subjets. The highest voltage and duration of the P wawes represent the efficacy of the atrial function on the maintenance of the cardiac output. The increase of the amplitude of the R and T waves would be a consequence of the systolic volumen increase and the establishment of transitory myocardial ischemia. The average heart rate increases in 21.740"30.109 b.p.m., being the difference significant. When we analyse the ECG after exercise with the resting ECG in relation with age, weight, sex, category and rank we deduce that the differences arent related with those groups, except to the heart rate and age, observing that the capacity in increasing it decreases with age.

KEY WORDS: Sprint; electrocardiography; myocardial ischemia; heart rate; greyhound.

---

## INTRODUCCIÓN

El hecho de que la función cardiovascular sea la máxima limitante de la capacidad para realizar ejercicio físico, junto con la existencia de casos de muerte súbita en deportistas, han sido las causas que han motivado las numerosas investigaciones llevadas a cabo sobre los cambios electrocardiográficos que muestran los atletas (Ellestad, 1988; Zehender y cols., 1990). La eficacia del sistema cardiovascular en el transporte de oxígeno a los músculos en actividad, o capacidad de reserva cardiovascular, depende fundamentalmente del incremento del gasto cardíaco a tenor de las necesidades metabólicas periféricas. En el individuo entrenado se logra a expensas de la taquicardia y del incremento del volumen sistólico como consecuencia de la sobrecarga volumétrica crónica creada por el entrenamiento (Åstrand y Rodahl, 1992).

Sin embargo, los estudios realizados presentan una limitación esencial: la gran mayoría se efectúan en deportistas en reposo, en pruebas de esfuerzo, o en carreras monitorizadas, pero no durante su participación en competiciones programadas. Se sabe que el estrés creado por la competición no es reproducible en otras situaciones tales como carreras monitorizadas e, incluso, en el entrenamiento o en pruebas de selección (Ellestad, 1988).

Por este motivo, a la hora de abordar el estudio de los efectos del ejercicio dinámico máximo (sprint) sobre el electrocardiograma (ECG) en el transcurso de competiciones oficiales, seleccionamos como sujetos de la experimentación a los galgos greyhound de carreras. El greyhound es capaz de aunar velocidad con resistencia, realizando el máximo esfuerzo a lo largo de toda la prueba. Sus especiales características morfofuncionales le convierten en el prototipo del atleta de velocidad para las investigaciones sobre los mecanismos fisiopatológicos cardiovasculares que el organismo pone en marcha frente al gran estrés que supone el esfuerzo durante la competición (Pape y cols., 1984).

Podemos destacar dos características morfofuncionales del greyhound que le hacen ser un biomodelo excepcional para estos estudios comparados: en primer lugar, se ha demostrado como la proporción de fibras de tipo II en el músculo glúteo medio de velocistas y del greyhound es más alta en comparación con los individuos no entrenados de su misma especie, siendo dicho incremento del 29 y 28% respectivamente (Newsholme y Leech, 1987); en segundo lugar, la activación cardíaca en el perro y los vectores de despolarización y repolarización que se producen

sincrónicamente son idénticos a los del hombre, y únicamente cabe destacar la gran variabilidad que presenta la polaridad de la onda T en esta especie (Tilley, 1985).

#### MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se ha llevado a cabo en 100 galgos greyhound que participaban en competiciones oficiales programadas en canódromo sobre una distancia de 350 metros. Una vez elaborado el programa oficial de las carreras, se seleccionó por aleatorización un galgo de cada carrera antes de su participación en la misma. Se excluyeron aquéllos que participaban por primera vez y a los que competían en la final del campeonato nacional, ya que pensamos podían estar expuestos a una situación más estresante.

De los 100 sujetos seleccionados 22 eran machos y 78 hembras, con edades comprendidas entre los 15 y 81 meses (37,90"0,625). El peso osciló entre 18,6 y 31,4 Kg (25,33"0,117). Estaban distribuidos en cinco categorías de acuerdo con los tiempos conseguidos en pruebas anteriores, de tal forma que los incluidos en la primera categoría son los más veloces y los de la quinta los menos. Las carreras están organizadas por categorías dentro de cada sesión. La distribución final de los animales según el sexo, edad, peso, categoría y posición (orden de llegada a la meta) se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de los sujetos.

CARACTERÍSTICA	GRUPOS	Nº INDIVIDUOS
SEXO	MACHOS	22
	HEMBRAS	78
EDAD (MESES)	15 - 36	28
	36 - 60	41
	60 - 81	31
PESO (Kg)	18 - 23	32
	23 - 28	41
	28 - 32	27
CATEGORÍA	1ª	8
	2ª	24
	3ª	39
	4ª	22
	5ª	7
POSICIÓN META	1ª y 2ª	33
	3ª y 4ª	42
	5ª y 6ª	25

Los galgos seleccionados participaron en las carreras de forma habitual. Antes de ser introducidos en los cajones de salida eran paseados para realizar el precalentamiento; a continuación, una vez dada la salida, perseguían la liebre mecánica durante 350 metros y se detenían en el "perdedero", situado a unos 120 metros de la línea de meta, donde eran recogidos por sus cuidadores.

Para la obtención del ECG se utilizó un electrocardiógrafo portátil y pinzas electrónicas tipo "cocodrilo" como electrodos multipuntuales secos (Ponce, 1983). Se registraron las seis derivaciones convencionales de las extremidades a una velocidad de 25 mm/s y una sensibilidad de 5 mm/mV, debido a la gran amplitud de los ventriculogramas del greyhound.

En cada uno de los animales seleccionados se realizaron dos registros electrocardiográficos: uno antes de su participación en la carrera (reposo) y otro después de la misma (postesfuerzo).

El ECG en reposo se obtuvo entre los 12 y 133 minutos anteriores al inicio de la competición, para no interferir en el desarrollo de la misma, con el fin de paliar, en la medida de lo posible, la posible excitación por motivación; antes de iniciar el registro se esperó un tiempo de 5 minutos para que cesara la taquicardia de origen emocional consecutiva a la manipulación exigida por la técnica. El ECG postesfuerzo se obtuvo entre los 90 y 150 segundos siguientes de cruzar la línea de meta (118,094"0,930 s).

Los ECG fueron ampliados un 40% para realizar unas medidas más exactas. La amplitud (voltaje) y/o la duración de los accidentes electrocardiográficos se han calculado obteniendo la media de los valores en tres ciclos consecutivos. La amplitud se ha determinado independientemente en cada una de las seis derivaciones registradas, mientras que la duración y la frecuencia cardíaca corresponden a la media aritmética de los seis valores. La frecuencia cardíaca se determinó multiplicando por 10 el número de complejos QRS existentes en 25 mm (6 s). Se ha estudiado la simetría de la onda T teniendo en cuenta la pendiente de sus dos ramas catalogándola como asimétrica, cuando la rama inicial es de menor pendiente que la terminal, o como simétrica cuando ambas presentan la misma pendiente (Corday y Swan, 1975).

Se comparó la misma población antes y después de la carrera ya que la comparación entre poblaciones diferentes es menos sensible (Ritzer y cols., 1980).

El estudio estadístico de los datos obtenidos se ha llevado a cabo con ayuda del programa informático SPSS/PC+ (Statistical Package for Social Sciences). Para evaluar las modificaciones que se producen en las variables cuantitativas del ECG

postesfuerzo en relación con el ECG de reposo, se han comparado las dos situaciones mediante una prueba de la t de Student para muestras apareadas. Después de calcular las diferencias, hemos utilizado estas variables para calcular sus estadísticos representativos y comprobar, mediante análisis de varianza, las sucesivas hipótesis de homogeneidad o heterogeneidad en los cambios del ECG entre los distintos grupos establecidos en función de sexo, edad, peso, categoría y posición en la meta (Tabla I). Respecto a la simetría de la onda T se ha construido una tabla de contingencia reseñando los porcentajes de permanencia y cambio.

## RESULTADOS

En la tablas 2 y 3 se muestran los valores medios de las variables estudiadas, voltaje y duración respectivamente, de los ECG en reposo y postesfuerzo. Las diferencias medias encontradas entre el ECG postesfuerzo y el ECG de reposo se presentan en la tabla 4.

Tabla 2. Valores medios del ECG antes y después de la carrera: voltaje (mV).

E C G	DI	DII	DIII	aVR	aVL	aVF	
<b>ONDA P</b>	AC	+0,127 "0,050	+0,303 "0,080	+0,196 "0,091	-0,216 "0,068	-0,028 "0,070	+0,244 "0,081
	DC	+0,136 "0,056	+0,405 "0,085	+0,274 "0,110	-0,260 "0,060	-0,060 "0,070	+0,333 "0,154
<b>ONDA Q</b>	AC	-0,182 "0,223	-0,631 "0,353	-0,567 "0,264			-0,632 "0,278
	DC	-0,133 "0,243	-0,590 "0,373	-0,544 "0,258			-0,600 "0,292
<b>ONDA R</b>	AC	+0,746 "0,445	+2,866 "0,743	+2,103 "0,679	+0,342 "0,269	+0,192 "0,128	+2,459 "0,693
	DC	+0,684 "0,458	+3,068 "0,851	+2,341 "0,766	+0,335 "0,264	+0,200 "0,145	+2,694 "0,768
<b>ONDA S</b>	AC	-0,060 "0,104			-1,849 "0,563	-0,769 "0,339	
	DC	-0,050 "0,171			-1,942 "0,611	-0,889 "0,413	
<b>ONDA T</b>	AC	-0,063 "0,310	-0,240 "0,405	-0,148 "0,353	+0,150 "0,237	+0,023 "0,164	-0,167 "0,368
	DC	-0,079 "0,210	-0,602 "0,620	-0,260 "0,535	+0,332 "0,355	+0,062 "0,234	-0,283 "0,579

Abreviaturas utilizadas: AC=antes de la carrera; DC=después de la carrera.

Tabla 3. Valores medios del ECG antes y después de la carrera: duración (s).

<b>ONDA P</b>	AC	0,039*0,006
	DC	0,040*0,005
<b>COMPLEJO QRS</b>	AC	0,059*0,013
	DC	0,060*0,008
<b>ONDA T</b>	AC	0,060*0,009
	DC	0,060*0,009
<b>INTERVALO PR</b>	AC	0,090*0,013
	DC	0,090*0,013
<b>INTERVALO QT</b>	AC	0,187*0,015
	DC	0,178*0,013
<b>FRECUENCIA CARDIACA l.p.m.</b>	AC	143,56*28,48
	DC	165,30*21,62

Abreviaturas utilizadas: AC=antes de la carrera; DC=después de la carrera.

Tabla 4. Diferencias entre los valores medios del ECG postesfuerzo y reposo.

E C G		DI	DII	DIII	aVR	aVL	aVF
ONDA P	mV	0,009 "0,048	0,102 "0,073	0,078 "0,110	0,044 "0,061	0,032 "0,080	0,089 "0,152
	s	0,0010		"0,004			
ONDA Q	mV	-0,049 "0,190	-0,041 "0,186	-0,023 "0,117			-0,032 "0,147
ONDA R	mV	-0,062 "0,257	0,202 "0,265	0,238 "0,286	-0,007 "0,145	0,008 "0,092	0,235 "0,238
ONDA S	mV	-0,010 "0,145			0,093 "0,229	0,120 "0,226	
COMPLEJO QRS	s	0,0003		"0,005			
ONDA T	mV	0,016 "0,184	0,362 "0,420	0,112 "0,370	0,182 "0,268	0,039 "0,152	0,116 "0,406
	s	0,0000		"0,006			
INTERVALO PR	s	0,0000		"0,008			
INTERVALO QT	s	-0,0084		"0,011			
FRECUEN CARDIACA	l.p.m	21,74		"30,11			

Del estudio comparativo de los voltajes y duraciones en reposo y después del esfuerzo se desprende (Tablas 4 y 5):

1. Onda P: En todas las derivaciones se aprecia un incremento del voltaje en los ECG postesfuerzo, siendo las diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) a excepción de DI ( $p < 0,301$ ). La duración es superior después del ejercicio y las diferencias son significativas.

Tabla 5. Diferencias significativas entre el ECG postesfuerzo y el de reposo: valores de p.

E C G	DII	DIII	aVR	aVL	aVF
<b>ONDA P (mV)</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>ONDA P (s)</b>	0,007				
<b>ONDA R</b>	0,000	0,000			0,000
<b>ONDA S</b>			0,000	0,000	
<b>ONDA T</b>	0,000	0,003	0,002	0,013	0,005
<b>INTERVALO QT</b>	0,000				
<b>FRECUENCIA CARDÍACA</b>	0,000				

## 2. Complejo QRS:

2.1. Onda Q: Se produce una disminución de su voltaje después del esfuerzo que se hace patente en todas las derivaciones en las que se inscribe, aunque las diferencias no son significativas ( $p=0,626$ ).

2.2. Onda R: Se constata un incremento de su amplitud en todas las derivaciones menos en DI, donde el voltaje fue superior en reposo. Las diferencias son significativas en DII, DIII y aVF.

2.3. Onda S: Hay un aumento de su profundidad (mayor voltaje) en aVR y aVL, siendo las diferencias significativas.

2.4. La duración del complejo QRS no varía prácticamente y la diferencia no es significativa ( $p=0,593$ ).

3. Onda T: En todos los casos hay un aumento de su voltaje, siendo las diferencias significativas en todas las derivaciones a excepción de DI. Su duración no presenta diferencias significativas ( $p<0,401$ ). En cuanto a su simetría se observa como de un 18% de ondas T simétricas en los ECG de reposo se pasa a un 96% en los ECG postesfuerzo; es decir, el ejercicio máximo provoca modificaciones en la repolarización ventricular que inducen cambios en la morfología de la onda T.

4. Intervalo PR: Las diferencias no son significativas al permanecer constante.



5. Intervalo QT: Hay un acortamiento (menor duración) siendo la diferencia significativa.

6. Frecuencia cardíaca: Se observa un incremento cuya diferencia es significativa.

En el análisis de varianza de las diferencias para comprobar la homogeneidad en los cambios del ECG postesfuerzo entre los diferentes grupos (Tabla 6) se aprecia:

- La diferencia de voltaje de la onda R es significativa con respecto a la categoría en DI si bien no existe una relación lineal entre los grupos establecidos ( $p=0,6094$ ).

- La diferencia de voltaje de la onda Q es significativa con respecto a la posición en la línea de meta en las derivaciones III y aVF, aunque la relación no es lineal ( $p=0,8191$  y  $p= 0,8894$  respectivamente).

- La diferencia de voltaje de la onda T es significativa con respecto a la categoría en DIII, no existiendo relación lineal entre los distintos grupos ( $p=0.8083$ ).

- En lo que respecta al incremento de la frecuencia cardíaca, la diferencia es significativa con respecto a la edad, siendo la relación lineal entre los diferentes grupos considerados ( $p=0,0652$ ), de tal forma que es mayor en el grupo de menor edad y progresivamente menor en los de más edad (Tabla 7).

Tabla 6. Diferencias significativas: análisis de varianza.

GRUPOS	ECG	DI	DIII	aVF
CATEGORÍA	ONDA R	0,0345		
	ONDA T		0,0226	
POSICIÓN	ONDA Q		0,0494	0,0213
EDAD	FRECUENCIA CARDIACA	0,0158		

Tabla 7. Incremento de la frecuencia cardíaca con relación a la edad: linealidad.

EDAD (meses)	INCREMENTO (l.p.m.)
15 - 36	34,8571 " 24,6632
36 - 60	20,1290 " 30,6830
60 - 81	14,0000 " 30,7107
MEDIA	21,7400 " 30,1088
<b>LINEALIDAD</b>	<b>0,0652</b>

## DISCUSIÓN

El incremento del voltaje de la onda P en las derivaciones II, III y aVF en los ECG postesfuerzo sugieren crecimiento auricular derecho, mientras que su mayor duración sugiere crecimiento auricular izquierdo (onda P mitrocuspidea) (Tilley, 1985). Este hecho podría ser debido al protagonismo de la función auricular antes de finalizar el ejercicio máximo; la ayuda auricular es uno de los mecanismos de reserva cardíaca para mantener un volumen minuto adecuado a las necesidades metabólicas de los músculos que trabajan. Cuando la frecuencia cardíaca sobrepasa un cierto límite se produce una restricción diastólica por acortamiento de los períodos diastólicos con disminución del volumen de llenado y, por tanto, del gasto cardíaco; en estas circunstancias aumenta la eficacia de la bomba auricular para incrementar el volumen diastólico (Åstrand y Rodahl, 1992). Se sabe que cuando se eleva la frecuencia cardíaca hasta alcanzar su máximo, aumentan la complianza y la contractilidad del miocardio auricular con el fin de incrementar el volumen diastólico ventricular durante la fase de llenado rápido activo. A medida que aumenta la frecuencia cardíaca durante el ejercicio se ha constatado que las ondas P se hacen más altas (Ellestad, 1988).

Los complejos QRS de los registros postesfuerzo presentan ondas R más altas, prácticamente 1 mm. superiores (0,2 mV), en las derivaciones II, III y aVF, que exploran ventrículo izquierdo en el perro (Tilley, 1985), y un aumento de la profundidad de la onda S en las derivaciones aVR y aVL, que exploran ventrículo derecho. En todos estos casos las diferencias han sido significativas y sugieren hipertrofia ventricular izquierda (Tilley, 1985). Se ha demostrado mediante ecocardiografía que estos cambios en el ventriculograma se asocian con dilatación ventricular izquierda y, casi siempre, con hipertrofia, comprobándose que guarda relación con el aumento de trabajo y no tiene implicaciones pronósticas desfavorables (Ellestad, 1988). El corazón del greyhound es un ejemplo de hipertrofia fisiológica por

trabajo. El diámetro de la cavidad ventricular de galgos entrenados es aproximadamente un 30% superior al de otras razas de peso corporal similar, y el espesor de la pared libre de dicho ventrículo es un 50% superior (Carew y Covell, 1978). Ello hace suponer que el gran incremento que experimenta el volumen sistólico durante el esfuerzo se consigue, en parte, aumentando tanto la complianza como la contractilidad del ventrículo izquierdo, lo que originaría el mayor voltaje registrado de la onda R.

Por otra parte, en caso de isquemia miocárdica aumenta el volumen durante la sístole y las ondas R ventriculares izquierdas se hacen más altas, de tal forma que los pacientes coronarios suelen mostrar un incremento de la amplitud de dicha onda durante el ejercicio (Ellestad, 1988). Asimismo se ha comprobado que los cambios de la amplitud de la onda R guardan frecuentemente relación directa con la frecuencia cardíaca; es decir, a mayor frecuencia cardíaca más elevado es el voltaje (Ellestad, 1988).

Algunos autores opinan que estas modificaciones en la amplitud de la onda R durante el ejercicio están más estrechamente relacionadas con cambios en la dirección del vector medio instantáneo que con la magnitud del mismo, y se deberían a variaciones en la situación del corazón dentro del tórax como consecuencia de la mayor amplitud y profundidad de los movimientos respiratorios y el incremento del volumen ventricular (Åstrand y Rodahl, 1992; Battler y cols., 1980; Rush y Hamlin, 1986).

De lo anteriormente expuesto podemos deducir que el aumento de la amplitud de la onda R después del esfuerzo, puede ser debido a los siguientes factores: incremento del volumen sistólico, isquemia miocárdica, elevación de la frecuencia cardíaca y variaciones del eje eléctrico.

La onda T (fase lábil del ECG) es la que presenta modificaciones más evidentes después de la carrera. En primer lugar, al estudiar su simetría apreciamos como en los registros postesfuerzo el 96% son simétricas, con la rama inicial de igual pendiente que la terminal, lo que supone un incremento del 433% con respecto a la situación de reposo (18%). Aunque las modificaciones de la onda T en el perro son de difícil interpretación, en condiciones normales suele ser asimétrica (Tilley, 1985). En el hombre, la onda T simétrica expresa cambios primarios por trastornos de la repolarización ventricular de índole metabólica y/o hemodinámica, como sucede en la cardiopatía isquémica (Corday y Swan, 1975). En segundo lugar, su voltaje se incrementa extraordinariamente llegando a ser superior al 100%, con respecto al reposo, en DII, aVR y aVL, al 70% en DIII y aVF y al 25% en DI (Tabla II). Se piensa

que este incremento de la amplitud de la onda T inmediatamente después del esfuerzo estaría originado por un volumen sistólico aumentado, por isquemia miocárdica, o por aumento del potasio sérico (Ellestad, 1988).

Se puede apreciar que existe concordancia entre factores capaces de incrementar simultáneamente el voltaje de las ondas R y T, tales como el aumento del volumen sistólico y la isquemia miocárdica.

A medida que progresa el ejercicio se incrementa notablemente el volumen sistólico, que se mantiene elevado al final del ejercicio y durante el período de recuperación precoz como consecuencia de la taquicardia y de la eficacia de la bomba auricular (Åstrand y Rodahl, 1992).

Durante el período de recuperación precoz el retorno venoso disminuye como consecuencia de la reducción súbita de la actividad muscular y la vasodilatación periférica inducida por el ejercicio. En estas circunstancias el volumen minuto y el flujo coronario se reducen en un momento en el que la demanda miocárdica de oxígeno permanece todavía elevada como consecuencia de la taquicardia (aumento del doble producto) (Ellestad, 1988). Por otra parte, durante el ejercicio aumentan las resistencias coronarias como consecuencia de : incremento de la viscosidad de la sangre, constricción de los músculos de fibra lisa de los capilares y la compresión sistólica que impide, prácticamente, el flujo coronario durante la sístole. Todo ello da lugar a la instauración de isquemia miocárdica relativa de carácter transitorio (Ellestad, 1988). A este respecto, Serra-Grima y cols. (1986) mencionan que el corazón del deportista pudiera tener una pseudoisquemia, basándose en las alteraciones de la repolarización ventricular que algunos atletas presentan.

Apoyan esta teoría los siguientes hechos:

a) En un trabajo anterior sobre la presentación de arritmias ventriculares en el período de recuperación en el greyhound (Ponce, Alvarez y cols, 1998), se indica que éstas se atribuyen a actividad gatillo originada al alcanzarse una determinada concentración de catecolaminas liberadas por la conjunción de isquemia miocárdica y ejercicio.

b) La isquemia miocárdica origina en el perro un aumento importante del voltaje de las ondas T en DII, DIII y aVF (Tilley, 1985).

c) Las ondas T altas registradas durante o después del ejercicio indican isquemia miocárdica (Ellestad, 1988).

d) En la isquemia se produce un aumento de la amplitud de la onda T con el ejercicio superior en un 50% respecto al reposo (Ellestad, 1988).

e) La inscripción de ondas T simétricas se relaciona con la cardiopatía isquémica (Corday y Swan, 1975).

f) Si la amplitud de la onda Q aumenta con el ejercicio rara vez existe isquemia (Ellestad, 1988). Los resultados de este estudio ponen de manifiesto una disminución del voltaje de dicha onda después del esfuerzo (Tabla II).

La variación de la frecuencia cardíaca es significativa, siendo más elevada después de la carrera con un incremento medio de 21,74"30,11 l.p.m. Aparentemente, esta elevación resulta muy discreta; ello podría obedecer a que la frecuencia cardíaca obtenida en reposo es elevada y a que durante el tiempo que transcurría desde la finalización de la carrera hasta que se obtuvo el registro postesfuerzo (90 s. como mínimo), se produce una recuperación de la misma (Ponce, Pascual y cols., 1998).

La frecuencia cardíaca máxima disminuye progresivamente con la edad, con lo que va declinando la capacidad para incrementarla (incompetencia cronotrópica). Hemos comprobado como la elevación de la frecuencia cardíaca después del ejercicio guarda relación con la edad, siendo mayor en los individuos jóvenes y, gradualmente, menor en los de más edad (Tabla VII).

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones:

1°. El mayor voltaje de la onda P indica un mayor protagonismo de la función auricular en el mantenimiento del volumen minuto.

2°. El aumento de la amplitud de las ondas R y T sería debido al incremento del volumen sistólico y a la instauración de isquemia miocárdica relativa de carácter transitorio (pseudoisquemia).

3°. La edad influye en la respuesta de la frecuencia cardíaca al ejercicio, de tal forma que a mayor edad menor capacidad para incrementarla.

4°. Las diferencias entre las deflexiones del ECG postesfuerzo y el de reposo no están influenciadas por la categoría, sexo, edad, peso y orden de llegada a la meta, por lo que podemos presumir que son debidas al esfuerzo.

REFERENCIAS

- ÅSTRAND, P-O., & RODAHL, K. (1992). *Fisiología del trabajo físico: Bases fisiológicas del ejercicio*. 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- BATTLER, A., FROELICHER, V.F., GALLAGHER, K.P., KUMADA, T., McKOWN, D., et al. (1980). Effects of changes in ventricular size on regional and surface QRS amplitudes in the conscious dog. *Circulation*, 62: 174-180.
- BAREW, T.E., & COVELL, J.W. (1978). Left ventricular function in exercise-induced hypertrophy in dogs. *American Journal of Cardiology*, 42: 82-88.
- CORDAY, E., & SWAN, H.J.C. (1975). *Infarto de miocardio*. Barcelona: Ediciones Toray.
- ELLESTAD, M.H. (1988). *Pruebas de esfuerzo: Bases y aplicación clínica*. Barcelona: Ediciones Consulta.
- NEWSHOLME, E.A., & LEECH, A.R. (1987). *Bioquímica médica*. Madrid: Interamericana.
- PAPE, L.A., RIPPE, J.M., WALKER, W.S., WEINER, B.H., OCKENE, I.S. et al. (1984). Effects of cessation of training on left ventricular function in the racing greyhound. Serial studies in a model of cardiac hypertrophy. *Basic Researchs in Cardiology*, 75: 98-103.
- PONCE, J. (1983). Técnicas de registro electrocardiográfico en animales. *Zootecnia*, 1: 37-40.
- PONCE, J., ALVAREZ, A., PASCUAL, F., & RODRIGUEZ, L.P. (1998) Incidencia de arritmias ventriculares durante el período de recuperación en pruebas de velocidad: Relevancia pronóstica. *Selección*, 1: 9-16.
- PONCE, J., PASCUAL, F., ALVAREZ, A., DOLZ, J.F., & RODRIGUEZ, L.P. (1998). Arritmias cardíacas inducidas por el ejercicio dinámico máximo de corta duración (sprint): Estudio en el greyhound. *Revista Española de Cardiología* (en prensa).
- RITZER, T.F., BOVE, A.A., & CAREY, R.A. (1980). Left ventricular performance characteristics in trained and sedentary dogs. *Journal of Applied Physiology*, 48: 130-138.

- RUSH, J.E., & HAMLIN, R.L. (1986). Changes in QRS complex in dogs with normal and exaggerated tidal volumes. *American Journal of Veterinary Researches*, 47: 577-580.
- SERRA-GRIMA, J.S., CARRIO, I., & ESTORCH, M. (1986) ECG alterations in the athlete type "pseudoischemia". *International Journal of Sports Medicine*, 3: 9-16.
- TILLEY, L.P. (1985). *Essentials of canine and feline electrocardiography*. St. Louis: Mosby.
- ZEHENDER, M., MEINERTZ, T., & KEUL, J. (1990). ECG variants and cardiac arrhythmias in athletes: clinical relevance and prognostic importance. *American Heart Journal*, 119: 1378-1391.