REVISTA ESPAÑOLA DE FISIOLOGIA, 34, 371-378. 1978

Estudio de las variaciones en el QRS-T del electrocardiograma de rata

C. Cuesta, G. Martín-Serrano y J. Lucas-Gallego (†)

Departamentos de Fisiología y de Bioquímica
Facultad de Farmacia. Ciudad Universitaria
Madrid-3

(Recibido el 31 de mayo de 1977)

C. CUESTA, G. MARTIN-SERRANO and J. LUCAS-GALLEGO. *Variations in Electrocardiogram QRS-T in Rat.* Rev. esp. Fisiol., 34, 371-378. 1978.

The variations in QRS-T configurations in both standard and precordial leads from control rat electrocardiograms are analysed in this study.

The durations of the above mentioned QRS complex, T and Q waves and the QT interval are also described.

Many of the observed differences in rat electrocardiograms are due to a series of factors that may include recording equipment, anaesthesia used, dorsal or ventral position of the animal, age weight, sex and litter.

The influence of all these parameters has been taken into account in the course of this research work.

The electrocardiograms shown in this work were carried out as part of a project in which these patterns would later be compared with those obtained from rats in which ischemia has been induced by means of isoproterenol.

El E.C.G. de rata, estudiado por numerosos investigadores (1-5, 8), varía según la técnica de registro empleada, la cual incluye una serie de factores como la anestesia (7), la posición del animal durante el registro (1, 12), la frecuencia de respuesta del amplificador, la frecuencia de respuesta y rapidez de respuesta del registrador (8), las derivaciones seleccionadas (1), edad, peso, sexo y camada (1).

Este estudio, que analiza las peculiaridades del QRS-T del E.C.G. de rata, se ha realizado tanto a nivel de derivaciones estándar como de precordiales, y se ha efectuado como parte de un proyecto en el cual, posteriormente, se compararon las variaciones de estos trazados normales con respecto a aquellos procedentes de ratas en las que se había inducido isquemias y necrosis miocárdicas experimentales por medio de aminas simpaticomiméticas β estimulantes. En este trabajo se han tenido en cuenta para la realización de estos electrocardiogramas contro-

les todos los factores que se han reseñado más arriba y que pueden afectar sus trazados.

Material y métodos

Se han empleado dos lotes, cada uno de 25 ratas Wistar, hembras, vírgenes, de peso comprendido entre 200-250 g. Estos lotes controles correspondían, respectivamente, a dos estudios realizados, uno sobre el efecto de las catecolaminas en el E.C.G. y otro en el que eran tratadas con propranolol antes de la administración de isoproterenol.

Se empleó pentobarbital sódico (3 mg/100 g) para inducir una sedación más que un estado anestésico.

Los electrodos eran de aguja implantados subcutáneamente en las cuatro extremidades y una en el pecho. Con este tipo de electrodos se obtenían trazados de menos amplitud pero de mejor resolución. El animal era colocado en una tablilla aislante en posición dorsal para poder registrar las derivaciones precordiales.

Los E.C.G. se registraron en un electrocardiógrafo Siemens a velocidad de 50 mm/s, el voltaje se calibró de manera que 2 cm fuesen igual a 1 mV. Simultáneamente chequeamos estos trazados con un Biomedical Standard Type R Dynograph Beckman, comprobando que eran superponibles. Se realizaron registros repetidos de algunos animales para comprobar la reproductibilidad de los trazados.

La medida de los espacios y voltajes se realizó ampliando los E.C.G. mediante un Epidiáscopo.

Se registraron las seis derivaciones estándar, así como tres precordiales, VA, VB y VC.

La VA era registrada en el lado derecho del esternón a la distancia de 1 cm de la VB; comprendía, por tanto, el área aproximada de la V_1. La VB se correspondía con el área de la V_2. Por último, la VC era registrada al lado izquierdo del esternón a 1 cm de distancia de la VB, y comprendía aproximadamente el área de la V_4 y V_5.

El cálculo estadístico se realizó en un ordenador programado Olivetti P602.

Resultados y discusión

Las diferencias que se observan en el E.C.G de rata en los distintos trabajos publicados pueden ser debidas, en primer lugar, al equipo de registro. No obstante, son numerosos los factores que hay que tener en cuenta.

La anestesia varía la morfología del E.C.G. de tal manera que, algunas veces, pueden presentarse alteraciones no debidas a la electrogénesis de un corazón normal, sino a efectos de la anestesia sobre el mismo.

KISCH (7) señala que el éter produce bradicardia, bloqueo aurículo-ventricular, e incluso parada cardíaca en algunas especies. La rata es, precisamente, una de las especies animales que más irritación presenta en la tráquea por inhalación del éter y, además, muestra parada sinusal y escape nodal.

La anestesia con éter produce reflejos cardíacos debidos a la irritación de las mucosas del tracto respiratorio superior.

En el presente trabajo, empleando éter, se encontró que dosis sin efecto anestésico, lo suficientemente prolongado para permitir la realización de E.C.G., ya inducían alteraciones en la morfología de los trazados como iniciación de ondas Q y aumento del voltaje de T. Además, como no se alcanzó un efecto anestésico regulable según dosis, los trazados estaban vibrados en muchas ocasiones, con lo que no se podía apreciar la morfología de los mismos. Posteriormente se empleó etiluretano, desechado por observar que inducía bradicardia, elevación de ST por encima de lo normal en rata, e inversión de P.

Finalmente, se utilizó pentobarbital só-

Tabla I. *Espacios y voltajes medidos en D.II del electrocardiograma de ratas controles, anestesiadas con pentobarbital sódico (3 mg/100 g) hembras, vírgenes y de 200-250 g de peso.*

Cada lote consta de 25 ratas. Media ± Desviación estándar. Entre paréntesis se dan los valores máximos y mínimos obtenidos.

	Lote 1.º	Lote 2.º
Frecuencia	411,16±41,35	391,56±38,03
1/min	(500-375)	(500-333)
QT	0,0258±0,0036	0,0254±0,0033
mm/s	(0,033-0,02)	(0,035-0,021)
QRS	0,025±0,005	0,024±0,007
mm/s	(0,04-0,02)	(0,04-0,02)
T	0,069±0,010	0,072±0,014
mm/s	(0,10-0,06)	(0,10-0,05)
R	0,38±0,15	0,41±0,17
mV	(0,65-0,15)	(0,85-0,05)
S	0,12±0,11	0,20±0,12
mV	(0,35-0)	(0,45-0)
T	0,108±0,027	0,110±0,048
mV	(0,15-0,05)	(0,20-0,05)
J	0,084±0,058	0,082±0,037
mV	(0,20-0)	(0,15-0)

dico que, aunque según KISCH (7) aumenta algo la frecuencia, se han logrado trazados sin variaciones morfológicas y, además, con una frecuencia entre límites normales, de acuerdo con HILL *et al.* (6). Por otra parte, con la dosis de anestesia empleada, se inducía solamente sedación y se recuperaban rápidamente.

Respecto a la posición del animal durante el registro también está descrito que ésta puede variar la morfología del E.C.G. VALORA y MEI (12) prefieren la posición dorsal porque permite el uso de electrodos precordiales y, además, porque obtienen registros más estables. Señalan también que, cuando se utiliza la posición ventral, se producen más variaciones y desviaciones del eje eléctrico a la izquierda debidas a la respiración. Otros, utilizan la posición ventral precisamente por considerarla más fisiológica al ser ésta la postura adoptada por la rata normalmente (1) y admitir menor grado de anestesia.

Se optó por la posición dorsal por permitirnos registrar las derivaciones precordiales sin tener que usar excesivas dosis de anestesia.

En lo que se refiere a la frecuencia de respuesta del amplificador y rapidez de respuesta del registrador, se obtuvieron, con el electrocardiógrafo empleado, unos E.C.G. con buena morfología, sin distorsiones ni artefactos. A la calibración de 2 cm=1 mV, utilizada también por BEINFIELD y LEHR (3), se obtiene un voltaje suficiente de las ondas. Sin embargo, la velocidad de registro 50 mm/s es, quizás, insuficiente para medir posteriormente la amplitud de las ondas; no obstante, se han obtenido unos parámetros electrocardiográficos con respecto a los voltajes, espacios, ejes y frecuencias que están de acuerdo con los de otros investigadores (2, 10, 14). Por otra parte, los trazados no difieren de los de BEINFIELD (3), que

Tabla II. *Ejes eléctricos del plano frontal y horizontal del electrocardiograma de ratas controles anestesiadas con pentobarbital sódico (3 mg/100), hembras, vírgenes y de 200-500 g de peso.*

Cada lote consta de 25 animales. Media ± Desviación estándar. Entre paréntesis se dan los valores máximos y mínimos obtenidos.

	Lote n.º 1		Lote n.º 2	
	R	T	R	T
Frontal	74,8±20,7	85,24±12,7	79,16±24,4	85,52±22,6
	(132-45)	(130-60)	(130-38)	(135-48)
Horizontal	48,0±13,1	68,8±20,91	62,80±23,2	77,24±19,06
	(80-28)	(90-50)	(106-28)	(145-55)

Tabla III. *Configuraciones QRS-T observadas en 5*

Tipos de complejo	N	%	N	%	N	%
Derivación:	I		II		III	
R	6	12	2	4	4	8
RS	9	18	7	14	5	10
Rs	17	34	19	38	17	34
rS	2	4	—	—	1	2
QR	1	2	—	—	—	—
Rsr′	3	6	14	28	11	22
Qr	2	4	—	—	—	—
Qrs	1	2	—	—	—	—
RSr′	1	2	4	8	3	6
Qs	1	2	—	—	—	—
QS	3	6	—	—	—	—
RSr′r″	—	—	2	4	2	4
Rsr′r″	—	—	2	4	2	4
Rr′	—	—	—	—	1	2
RsR′	—	—	—	—	1	2
RSR′	—	—	—	—	3	6
Otros complejos	4	8	—	—	—	—

Tipos de complejo	N	%	N	%	N	%
Derivación:	aVR		aVL		aVF	
QR	5	10	2	4	—	—
Qr	23	46	4	8	—	—
qR	1	2	4	8	—	—
Qrs	11	22	6	12	—	—
QRs	3	6	—	—	—	—
Rs	1	2	4	8	20	40
qRS	1	2	—	—	—	—
RS	3	6	2	4	6	12
Qrsr′	1	2	—	—	—	—
qrSR′	1	2	—	—	—	—
QS	—	—	19	38	—	—
qRs	—	—	3	6	—	—
rS	—	—	1	2	1	2
QRS	—	—	2	4	—	—
R	—	—	1	2	—	—
Rsr′	—	—	—	—	16	32
Rsr′r″	—	—	—	—	2	4
RSr′	—	—	—	—	3	6
RSr′r″	—	—	—	—	1	2
RSR′	—	—	—	—	1	2
Otros complejos	—	—	2	4	—	—

calibra la velocidad de registro a 75 mm/segundo.

Las derivaciones seleccionadas pueden influir sobre las variaciones de la morfología y voltajes (3). Efectivamente, se comprobó esto, ya que se obtenía variaciones en los parámetros según la derivación registrada.

El peso y la edad son otros factores que se tuvieron en cuenta; los animales de más edad son más susceptibles al fallo cardíaco congestivo.

Con referencia al sexo parece existir una cierta protección de las hembras frente al infarto por la influencia de las hormonas sexuales (13), motivo por el que se han elegido hembras vírgenes ya que, según WEXLER *et al.* (13) hay una cierta predisposición al desarrollo de lesiones arterioescleróticas en hembras que hayan criado sucesivas veces.

Complejo QRS. La morfología de este complejo es muy variable (tabla III). NORMAN *et al.* (10) obtienen un componente QRS bueno en D.III, V anterior y V lateral. HEISE y KIMBEL (5) encuentran una R′ en el complejo QRS y señalan que puede ser debido a la anestesia. No obstante, otros investigadores (14), observan la configuración R-R′ muy frecuentemente. Esta anomalía parece ser normal en el E.C.G. de rata, ya que en este estudio se encontró R-R′ con mucha frecuencia (fig. 1 B).

El QRS puede adoptar múltiples configuraciones (3), por ejemplo, en la D.III se pueden observar: qR, qRs, qRS, rS, RS, Rs. Los más numerosos son los complejos RS.

Se comprobó, efectivamente, que el mayor porcentaje de variación del complejo QRS en D.III correspondía a la configu-

electrocardiogramas de ratas controles.

Tipos de complejo	N	%	N	%	N	%
Derivación:	VA		VB		VC	
QS	2	4	—	—	—	—
rS	1	2	1	2	3	6
Rs	7	14	8	16	10	20
R	19	38	12	24	4	8
RS	4	8	—	—	3	6
qR	2	4	2	4	1	2
RR′	3	6	1	2	—	—
rSR′	3	6	—	—	—	—
Rsr′	2	4	7	14	10	20
RsR′	2	4	3	6	—	—
Or	2	4	—	—	—	—
QR	2	4	—	—	—	—
Rr′	1	2	—	—	—	—
RsR′r″	—	—	8	16	2	4
Rsr′r″	—	—	2	4	7	14
Rsr′s′r″	—	—	1	2	2	4
RSr′r″	—	—	2	4	2	4
RSr′	—	—	1	2	2	4
RSR′	—	—	2	4	—	—
qRS	—	—	—	—	1	2
Otros complejos	—	—	—	—	3	6

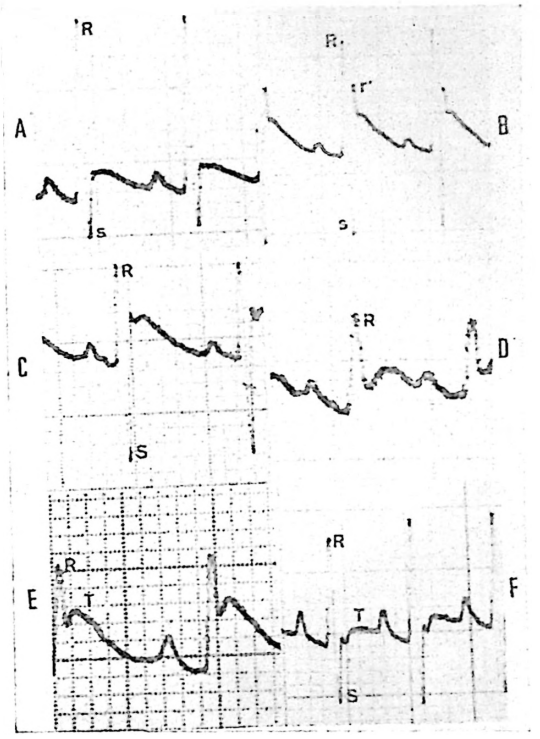

Fig. 1. *Configuraciones más frecuentes del complejo QRS-T en la derivación III del electrocardiograma de rata.*
En A configuración Rs, en B se aprecia un complejo Rsr′, en C se observa un RS y finalmente en D un complejo R. En E se comprueba como la onda T sale de R. En F, esta onda se inicia en S. Esto demuestra que el punto de origen de la onda T no es igual en todas las derivaciones debido a que el segmento ST no existe en el E.C.G. de rata.

ración Rs (fig. 1 A). También se obtuvieron configuraciones Rsr′ (fig. 1 B), RS (fig. 1 C) y R (fig. 1 D).

La ley que expresa que la suma del voltaje de la D.I más la suma del voltaje de la D.III es igual al voltaje de la D.II según BEINFIELD y LEHR (3) sólo se cumple a veces. En los resultados que se describen siempre se cumple esta ley.

Voltaje de QRS. En un lote de 25 animales se han encontrado valores de 0,419 ± 0,17 mV con un rango comprendido entre 0,85 y 0,05. En otro lote, los voltajes fueron de 0,384 ± 0,15 con un rango entre 0,65 y 0,15. Estos resultados están comprendidos entre los obtenidos por varios investigadores, medidos en la D.III (3, 4, 10, 14) (tabla I).

Espacio QRS. Respecto a este parámetro las variaciones encontradas entre diferentes investigadores no difieren mucho.

En el presente trabajo, en un lote se obtuvieron valores de 0,025±0,005 mm/s y, en otro, 0,024±0,007 mm/s, de acuerdo con resultados obtenidos por diferentes investigadores (3, 6) y sobre todo con FRASER *et al.* (4) y LOMBARD (9) (tabla I).

Onda Q. Generalmente en el E.C.G. de rata no se encuentra onda Q (6, 10, 13).

En los trazados obtenidos se observó onda Q normalmente en las derivaciones

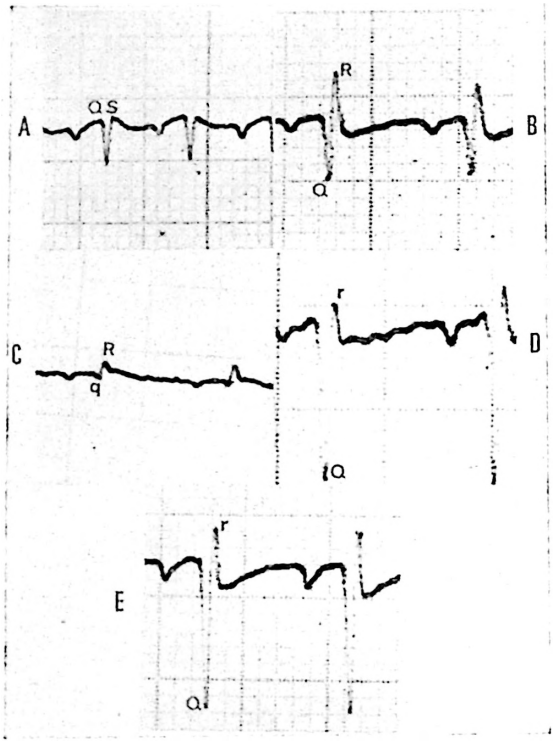

Fig. 2. *Configuraciones más usuales de QRS en la derivación aVL del electrocardiograma de rata.*
En A configuración QS, en B se observa un complejo QR, en C se aprecia un qR y finalmente en D un complejo Qr. En E se muestra una configuración Qr, que fue la que se observó con más frecuencia en la derivación aVR.

aVL y aVR, como WEXLER *et al.* (14) y BEINFIELD y LEHR (3). En aVL se encontró preferentemente configuraciones QS (fig. 2 A) y ocasionalmente QR (figura 2 B), qR (fig. 2 C), Qr (fig. 2 D). Coincidiendo con BEINFIELD y LEHR (3) el mayor porcentaje de Q aparecía en aVR presentándose preferentemente complejos Qr (fig. 2 E).

Onda S. Según HILL *et al.* (6) no es frecuente, si bien este investigador la encuentra en V_1. No obstante, otros autores (3, 4, 10) la encuentran habitualmente y dan sus valores con respecto a sus voltajes y espacios (tabla I).

Los resultados que se presentan correspondían a un voltaje de 0,12 ± 0,11 mV, en otro el valor medio era de 0,20 ± 0,12.

Onda T. WEXLER *et al.* (14) encuentran que la onda T se origina en la bajada de R o bien, cuando hay S, parte de la base de esta onda o punto J. El punto J se encuentra en la base de S, cuando existe ésta en el E.C.G. Si no existe S el punto J se origina en la línea isoeléctrica o en la bajada de R. NORMAN *et al.* (10) describen una onda T superpuesta sobre el QRS. No existe un ST definido.

Se coincide, como se puede comprobar en las morfologías de los E.C.G. que se muestran, con esta configuración descrita para T, ya que a veces se encontró que la onda T se originaba de la bajada de R (fig. 1 E) o bien, cuando existía S, partía de la terminación de esta onda o punto J (fig. 1 F). Esta onda presenta una configuración asimétrica.

WEXLER *et al.* (14) y BEINFIELD y LEHR (3) encuentran que está formada por un componente ascendente, originado en el punto J y otro descendente prolongado que comienza en el ápex de la onda T y baja gradualmente a la línea base. Este componente descendente constituye el 80 % de dicha onda.

En cualquiera de los trazados expuestos se observa esta configuración (fig. 1 A, fig. 1 E).

En aVF es donde encuentran BEINFIELD y LEHR (3) una onda T más grande y es porque el vector de T es paralelo al vector de aVF. En este trabajo asimismo el vector de T es paralelo al vector de aVF.

Voltaje de la onda T. Los voltajes que se obtuvieron fueron respectivamente de 0,108 ± 0,27 en un lote y en el otro de 0,110 ± 0,048. Por tanto, estos valores están comprendidos entre los descritos por varios investigadores (3, 4, 14) (tabla I).

Espacio de la onda T. BEINFIELD y LEHR (3) dan un valor de 0,067 ± 0,013,

que coincide con los que aquí se describen, para un lote de una media de 0,069 ± 0,010 y para otro 0,072 ± 0,014 (tabla I).

Configuración del segmento ST y punto J. No hay un segmento ST definido (3, 14). Está elevado, según algunos autores (6, 9, 10), en todos los pequeños mamíferos, excepto en el cobaya.

BEINFIELD y LEHR (3) encuentran que no existe un segmento ST definido mientras el punto J (punto de unión entre QRS y T) está elevado, debido a que la repolarización se produce a partir de las zonas que se despolarizan primero, al contrario de lo que sucede en el corazón humano.

Coincidiendo con lo anteriormente expuesto no se obtuvo un ST definido y se encontró un punto J elevado.

Voltaje del punto J. El voltaje del punto J que según BEINFIELD y LEHR (3) es de 0,05-0,1 mV por encima o por debajo de la línea isoeléctrica, WEXLER *et al.* (14) lo estiman en 0,11 ± 0,02 mV. Los resultados obtenidos son de 0,084 ± 0,058 mV en uno de los lotes y de 0,082 ± 0,037 en el otro, es decir, similares a los de estos investigadores (tabla I).

Espacio QT. Varios investigadores han encontrado diferentes valores para este espacio que van desde 0,053 a 0,1 (3, 4, 6, 10, 14) y dan un QT corregido para la frecuencia de 0,0153 ± 0,02.

En este estudio se encontró un QT corregido para la frecuencia de 0,025 ± 0,0036 en uno de los lotes y de 0,0254 ± 0,0033 en el otro. Estos valores de QT corregidos para la frecuencia se corresponderían con los de HILL *et al.* (6) y BEINFIELD y LEHR (3), si éstos corrigieses sus valores de QT para la frecuencia. No obstante, los valores que se muestran aquí están algo más elevados con respecto a los QT corregidos que los encontrados por FRASER *et al.* (4) (tabla I).

Frecuencia. La frecuencia (l/min) en la rata es muy alta. HILL *et al.* (6) encuentran una frecuencia de 380 a 480 l/min y otros autores citan cifras que oscilan entre 334 y 366 (3, 4, 14).

Según KISCH (7), este parámetro está influenciado por la anestesia inyectada al animal para inmovilizarlo durante la realización del E.C.G. Empleando pentobarbital sódico se midió una frecuencia de 411,16 ± 41,35 en un lote y 391,56 ± 38,03 en el otro. Estos valores son análogos a los encontrados por HILL *et al.* (6) y más elevados que los de BEINFIELD y LEHR (3) debido, probablemente, a que estos últimos utilizan éter como anestésico.

Posición eléctrica del corazón. Los ejes eléctricos en el plano frontal de QRS varían entre unos límites muy amplios, según la bibliografía estudiada (3, 4, 10, 11, 14). Los resultados aquí expuestos (tabla II) coinciden más con los de WEXLER *et al.* (14) y respecto al eje eléctrico de T con BEINFIELD y LEHR (3), quienes dan cifras de 73,2.

Los valores de los ejes eléctricos de QRS y T en el plano horizontal no van a ser discutidos, puesto que en toda la bibliografía consultada sobre estudios de electrocardiografía en rata no se encontró ningún autor que halle precordiales, excepto WEXLER *et al.* (14) quienes citan ejes eléctricos en el plano frontal únicamente.

Resumen

Se describe la configuración y la duración normal del complejo QRS, de las ondas Q y T y del intervalo QT, tanto en las derivaciones estándar como en las precordiales de electrocardiogramas de ratas normales, teniendo en cuenta diferentes factores que pueden afectar su E.C.G.: tipo de anestésico empleado, posición del animal durante el registro, tipo de registrador empleado, edad, peso, sexo, camada y las derivaciones seleccionadas.

Bibliografía

1. BEINFIELD, W. H. y LEHR, D.: *J. Appl. Physiol.*, **9**, 153-156, 1956.
2. BEINFIELD, W. H. y LEHR, D.: *Am. J. Physiol.*, **214**, 205-211, 1968.
3. BEINFIELD, W. H. y LEHR, D.: *Am. J. Physiol.*, **214**, 197-204, 1968.
4. FRASER, R. S., HARLEN, C. y WILEY, T.: *J. Appl. Physiol.*, **23**, 401-402, 1967.
5. HEISE, E. y KIMBEL, K. H.: *Z. Kreislauf-forsch.*, **44**, 212-221, 1955.
6. HILL, R., HOWARD, A. N. y GRESHAM, G. A.: *Brit. J. Exp. Path.*, **141**, 633-637, 1960.
7. KISCH, B.: *Exptl. Mel Surg.*, **11**, 117-130, 1953.
8. LEPESCHKIN, E.: «*Modern Electrocardiography*». Williams and Wilkins. Baltimore, 1951, pp. 227-228.
9. LOMBARD, E. A.: *Am. J. Physiol.*, **171**, 189-193, 1952.
10. NORMAN, S. J., PRIEST, R. E. y BENDITT, E. P.: *Circulation Res.*, **9**, 282-287, 1961.
11. SAMBHI, M. P. y WHITE, F. N.: *Circulation*, **8**, 129-134, 1960.
12. VALORA, N. y MEI, W.: *Bol. Soc. ital. Biol. Sper.*, **39**, 1527-1529, 1963.
13. WEXLER, B. C.: *Atherosclerosis*, **18**, 11-42, 1973.
14. WEXLER, B. C., WILLEN, D. y GREENBERG, B. P.: *Atherosclerosis*, **18**, 129-140, 1973.