



Revisión electrocardiográfica en suidos: Sístole eléctrica auricular, despolarización y repolarización eléctrica ventricular

Electrocardiographic review in swine: Electrical auricular systole, electrical ventricular depolarization and repolarization

Purificación Fernández Portero*
Francisco M. Castejón Montijano*
Estrella I. Agüera Buendía*
Begoña Escribano Durán*
Pura Tovar Bustos*
M^a Dolores Rubio Luque*

Abstract

This study aims to compile the greatest number of data concerning electrical auricular systole as well as electrical ventricular depolarization and repolarization in swine using a non-invasive technique such as electrocardiography. This review proves the peculiarity of cardiac activation and recovery, due to the distribution of Purkinje fibres throughout the ventricular myocardium of swine, where small areas are free from these conduction fibres, thus producing varied readings during electrocardiography. Firstly, electrical auricular systole is described, including ventricular depolarization and repolarization, as well as any factor that may influence these processes. Secondly, the study aims to classify the mean values for duration and voltage, as well as values obtained by other authors, so as to clarify both concepts for all veterinarians working with electrocardiography in swine. The views of different authors who have carried out electrocardiography studies on the duration, voltage and morphology of every component of the electrical auricular systole, as well as both electrical ventricular depolarization and repolarization are compiled in this study. There is a great variability between the results reported mainly due to differences between swine breeds, ages, weights, use of different derivation systems as well as great variability between experimental conditions.

Key words: ECG, P WAVE, PQ SEGMENT, QRS INTERVAL, T WAVE, ST SEGMENT, SWINE.

Resumen

El presente trabajo trata de recopilar el mayor número posible de datos acerca de la sístole eléctrica auricular y la despolarización y repolarización ventricular en porcinos mediante una técnica no invasiva como la electrocardiografía. El estudio de revisión prueba la peculiaridad de la activación y recuperación cardiaca,

Recibido el 10 de enero de 2003 y aceptado el 8 de julio de 2003.

* Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología, Edificio Darwin, 2^a planta. Campus Universitario de Rabanales. Ctra. N-IV, Km 396, 14071, Córdoba, España.



debido a la distribución de las fibras de Purkinje por el miocardio ventricular que dejan pequeñas zonas libres de dichas fibras de conducción, originando morfologías diversas en el registro electrocardiográfico del cerdo. Se describe, en primer lugar, la sístole eléctrica auricular, la despolarización y repolarización ventricular y los factores que la influyen en tales procesos; posteriormente, se intenta agrupar en lo posible los valores medios de duración y voltaje, así como las distintas morfologías obtenidas por la mayoría de los autores consultados, con objeto de esclarecer tales conceptos a todos aquellos profesionales interesados en la electrocardiografía del cerdo. En esta revisión se consideran los trabajos de todos aquellos autores que han realizado estudios electrocardiográficos sobre duración, voltaje y morfología de los componentes de la sístole eléctrica auricular, y despolarización y repolarización ventricular, apreciándose una gran diversidad en los resultados debido, principalmente, a las diferentes razas, edades y pesos de los cerdos objeto de estudio, a la utilización de distintos sistemas de derivación y a la gran variabilidad de las condiciones experimentales.

Palabras clave: ECG, ONDA P, SEGMENTO PQ, INTERVALO QRS, ONDA T, SEGMENTO ST, PORCINOS.

Introduction

The differences observed in the electrocardiographic outline of different animal species originate from the variability of cardiac activation and from the different positions of the heart inside the thorax. Swine, which belong to category II, as do ruminants and equines, show differences with respect to the position of the heart; in this species, the heart is more inclined so that its base points in a more cranial than dorsal direction, which may signify that this slight variation, with regard to other species, determines certain characteristics in its electrocardiogram. Also, within this same species, the waves and intervals also exhibit certain variability which is subject to physiological factors such as age, morphological type, sex, heart rate, among others.¹⁻⁴

Electrical auricular systole is represented in the ECG by the PQ interval and is the time transpired between the moment when the stimulus is originated in the sinoatrial node until it reaches the ventricles and the His-Purkinje system activates the first ventricular muscle fibers at the level of the middle section of the septal surface.^{5,6} This interval includes the P wave corresponding to auricular depolarization, or likewise, to the invasion of the auricles by the excitation wave coming from the sinoatrial node,⁷ and to the PQ segment. This segment is the isoelectrical period between the end of auricular depolarization and the beginning of ventricular depolarization (ventricular complex) and indicates the time employed by the excitation wave in its passage through the atrioventricular node and the His-Purkinje system.^{6,8}

Ventricular depolarization is manifested in the electrocardiographic outline by the so-called QRS complex, resulting from the diffusion of the depolar-

Introducción

Las diferencias observadas en los trazados electrocardiográficos de distintas especies animales tienen su origen en la variabilidad del proceso de activación cardíaca y en la distinta posición del corazón en el interior del tórax. El cerdo, que pertenece a la categoría II como los rumiantes y équidos, presenta diferencias con respecto a la posición del corazón; en esta especie, el corazón está más inclinado, de forma que la base apunta más craneal que dorsal, por lo que es de suponer que esta ligera variación con respecto a otras especies, pueda determinar ciertas características en el electrocardiograma del cerdo. Además, dentro de una misma especie, las ondas e intervalos también presentan cierta variabilidad, que está sujeta a factores fisiológicos tales como edad, tipo morfológico, sexo, frecuencia cardíaca, etcétera.¹⁻⁴

La sístole eléctrica auricular viene representada en el ECG por el intervalo PQ y es el tiempo que transcurre desde que el estímulo se origina en el nódulo senoauricular hasta que llega a los ventrículos y por el sistema His-Purkinje activa las primeras fibras musculares ventriculares a nivel del tercio medio de la superficie septal.^{5,6} Este intervalo incluye a la onda P que corresponde a la despolarización auricular, o lo que es lo mismo, a la invasión de las aurículas por la onda de excitación proveniente del nódulo senoauricular⁷ y al segmento PQ que es el periodo isoelectrico que abarca desde el final de la despolarización auricular hasta el principio de la despolarización ventricular (complejo ventricular) y nos indica el tiempo empleado por el frente de excitación a su paso por el nódulo auriculoventricular y del sistema His-Purkinje.^{6,8}

La despolarización ventricular se manifiesta en el trazado electrocardiográfico con el denominado complejo QRS, que resulta de la difusión de la onda de despolarización a través de los ventrículos y precede a la contracción ventricular.⁷ La onda Q es toda onda

ization wave through the ventricles and preceding ventricular contraction.⁷ The Q-wave is any negative wave in the ventricular complex that is not preceded by a positive wave, the R-wave is any positive wave in the ventricular complex and, finally, the S-wave is any negative wave in the ventricular complex preceded by a positive wave.⁹

The variability in the ventricular activation process originates from the different capacity of adaptation to the medium presented by different breeds of swine, from the cardio-circulatory changes produced with physical maturation and, mainly, from the different degree of penetration of the Purkinje fibers in the ventricular myocardium. It should be noted that the pig, which belongs to the same category IIB as equines, pinnipeds and cetaceans, has an unusual distribution of Purkinje fibers throughout the ventricular wall, so that small areas remain free from these conduction fibers. Since these areas are not constant in shape and size, ECG with different morphologies are recorded.¹⁰

Ventricular repolarization is represented by the ST interval and includes the ST segment that corresponds to the delay in the initiation of repolarization of the ventricles, and the T-wave that represents the ventricular repolarization.^{9,11,12}

The ventricular repolarization process is highly variable and numerous factors influence it, such as hypoxia, hypocalcemia, metabolic and electrolytic alterations, muscle work, physical maturation, stress, and the electrocardiographic leads used for their recording, among others

Electrical auricular systole (PQ Interval)

The PQ interval is measured from the beginning of the P-wave to the initiation of the QRS complex, which can also begin with a Q-wave or an R-wave,¹³ so that some authors call it the PR space⁵ or PR interval.^{1,8,11,14,15}

As occurs in ruminants,¹⁶⁻¹⁸ a species with the same electrocardiographic category as the pig,¹⁹⁻²¹ age has an important influence on the duration of the PQ interval, since an increase proportional to physical maturation is observed. In dogs, which belong to another electrocardiographic category, a gradual increase is also seen in the duration of the PQ interval with age.^{22,23}

The variations in the duration of the PQ interval observed by the different authors are shown in Tables 1 and 2.

P-Wave

The P-wave can be analyzed with regard to its duration, voltage and morphology.¹¹ The values consulted

negativa del complejo ventricular que no va precedida de una onda positiva, la onda R cualquier onda positiva del complejo ventricular y, por último, la onda S es toda onda negativa del complejo ventricular que sí va precedida de onda positiva.⁹

La variabilidad del proceso de activación ventricular tiene su origen en la distinta capacidad de adaptación al medio que presentan las diversas razas de suidos; en los cambios cardiocirculatorios que se producen con la maduración física y principalmente en el distinto grado de penetración de las fibras de Purkinje en el miocardio ventricular. Hay que destacar que el cerdo, que pertenece a la categoría IIB como los équidos, pinnípedos y cetáceos, presenta una distribución peculiar de las fibras de Purkinje a través de la pared ventricular, por lo que quedan pequeñas zonas libres de esas fibras de conducción; debido a que estas zonas no son constantes en forma y tamaño, se registran ECG con distinta morfología.¹⁰

La repolarización ventricular está representada por el intervalo ST, e incluye al segmento ST que corresponde al retardo en el inicio de la repolarización de los ventrículos y la onda T que representa la repolarización de los ventrículos.^{9,11,12}

El proceso de repolarización ventricular es muy variable y en él influyen numerosos factores, tales como hipoxia, hipocalcemia, alteraciones metabólicas y electrolíticas, trabajo muscular, maduración física, estrés, derivaciones electrocardiográficas empleadas para su registro, etcétera.

Sístole eléctrica auricular (Intervalo PQ)

El intervalo PQ se mide desde el comienzo de la onda P al inicio del complejo QRS, comienzo que puede ser una onda Q o una onda R,¹³ por lo que algunos autores lo denominan espacio PR⁵ o intervalo PR.^{1,8,11,14,15}

Al igual que ocurre en rumiantes,¹⁶⁻¹⁸ especies de la misma categoría electrocardiográfica que el cerdo,¹⁹⁻²¹ la edad ejerce una influencia importante sobre la duración del intervalo PQ, ya que se observa un incremento proporcional a la maduración física. En el perro, que pertenece a otra categoría electrocardiográfica, también se muestra un incremento paulatino de la duración del intervalo PQ con la edad.^{22,23}

Las variaciones en la duración del intervalo PQ, observadas por los distintos autores, se muestran en los Cuadros 1 y 2.

Onda P

La onda P puede ser analizada en cuanto a su duración, voltaje y morfología.¹¹ Los valores consultados en la bibliografía para la onda P en cerdos son muy variables, según la raza estudiada.



Cuadro 1

VALORESDEVOLTAJE(MV)DELAONDAPYDURACIÓN(SEG)DELINTERVALOPQYONDAP, REGISTRADOS EN CERDOS POR LOS DISTINTOS AUTORES Y DIVERSAS CONDICIONES (X= VALOR MEDIO DE LAS DERIVACIONES ANALIZADAS)
 P WAVE VOLTAGE (MV) AND DURATION (S) VALUES FOR PQ INTERVAL AND P WAVE AS REGISTERED IN PIGS BY DIFFERENT AUTHORS AND UNDER DIVERSE CONDITIONS (X= MEAN VALUE OF LEADS ANALYSED)

| Author | Animals | Age & Weight | Leads | PQ Int. (s) | P Wave (s) | P Wave (mV) |
|--|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|--------------|
| Platner et al. ⁵¹ | Fattening pigs | 2-4 months | | | 0.047 | |
| Neuman-Klein Paul and Sander ⁵² | Growing pigs | Neonate | LII | | 0.050 | |
| | | Young | | | 0.060 | |
| | | Adult | | | 0.080 | |
| Kromberger ⁵³ | German Landrace | 3 years (95-125 kg) | LI, LII and LIII | | 0.055 | |
| Grauwiler ⁵⁴ | | 20-80 kg | | 0.089 | | |
| Thielscher ¹⁴ | Pietrains | 40 kg | LI, LII and LIII | 0.088 | 0.051 | |
| | | 80 kg | | 0.102 | 0.056 | |
| | | 110 kg | | 0.103 | 0.057 | |
| Mickwitz ⁵⁵ | Fattening pigs | 11-300 kg | Inferior lead | | 0.061-0.094 | 0.050 |
| Dukes y Szabuniewicz ⁴⁰ | Yorkshire × Hampshire × Duroc | 2-4 meses (23 kg) | LI | | x = 0.04 | 0.128 |
| | Laboratory pigs | 1 week (1.5 kg) | aVF | | (0.03-0.060) | 0.148 |
| | | | V ₁₀ | | | - 0.011 |
| | | | LI | | | 0.137 |
| | | | aVF | | x = 0.035 | 0.125 |
| | | | V ₁₀ | | (0.03-0.04) | - 0.087 |
| | Laboratory pigs | 7 months (18 kg) | LI | | | 0.102 |
| | | | aVF | | x = 0.042 | 0.121 |
| | | | V ₁₀ | | (0.05-0.06) | 0.01 |
| Stütze ⁵⁶ | | | Dorsal lead | | | 0.166 |
| Kobbe ⁵⁷ | German Landrace | 70-130 kg | | 0.123 | 0.072 | |
| Larks et al. ⁵⁸ | Laboratory pigs | 1 year | | 0.113 | | |
| Bartels ² | Growing pigs | 21-90 kg | | 0.100-0.119 | | |
| Belinger y Becker ⁵⁹ | Reproducer pigs | 152-240 kg | | 0.138 | | |
| | Landschweines (anaesthetized) | 5 months (93 kg) | Anterior lead | | | 0.252± 0.004 |
| | | | Inferior lead | x = 0.134± 0.021 | x = 0.066± 0.011 | 0.143± 0.006 |
| | | | Dorsal lead | | | 0.180± 0.005 |
| Ohi et al. ⁴² | Berkshire × Landrace × Yorkshire | 7 months (73 kg) | A-B | | 0.163± 0.035 | |
| | | | L3 (LI) | | 0.030± 0.015 | |
| | | | L7 (LII) | x = 0.050± 0.01 | 0.161± 0.039 | |
| | | | L8 (LIII) | | 0.122± 0.053 | |
| Ohi et al. ⁴⁴ | Berkshire × Landrace × Yorkshire | 3 years (161 kg) | A-B | | | |
| | | | LI | | | |
| Nakano ⁴¹ | Berkshire × Landrace | 7 months (73 kg) | LI, LII, LIII, aVR, aVL, aVF | 0.120± 0.02 | 0.050 | 0.06-0.11 |
| | | | A-B | | | |
| Mostafawi ⁶⁰ | German Landrace | 47-82 kg | Anterior lead | 0.126 | 0.064 | 0.210 |
| | | | Dorsal lead | | | 0.029 |
| Hamlin et al. ⁴⁵ | Pitman-Moore | 1.5-3 years (37-40 kg) | X(LI), Y(aVF), Z(V ₁₀) | 0.099± 0.019 | 0.012-0.060 | 0.024-0.156 |
| Zannetti y Corbella ¹⁵ | Landrace × Large × White | 3-12 days | LII | 0.070-0.108 | 0.040-0.070 | 0.094-0.152 |
| Scharner et al. ⁶¹ | Slaughter pigs | 105-120 kg | | 0.138± 0.025 | 0.095± 0.015 | |
| Hertrampf et al. ⁶² | | | | | | 0.130-0.160 |
| Ranucci y Ranucci ⁴⁶ | Large-White (anaesthetized) | 28-116 days (4-46 kg) | LI, LII, LIII, aVR, aVL, aVF | 0.070-0.140 | 0.030-0.070 | 0.015-0.023 |
| Tkachucky Shomanskii ⁶³ | Big White boar | 7 months | LI | | | 0.074± 0.025 |
| | | | LII | 0.100± 0.005 | 0.050± 0.003 | 0.171± 0.028 |
| | | | LIII | | | 0.136± 0.024 |



Cuadro 2
VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS (X) OBTENIDOS EN NUESTROS REGISTROS ELECTROCARDIOGRÁFICOS PARA LOS PARÁMETROS QUE INTEGRAN LA SÍSTOLE ELÉCTRICA AURICULAR EN CERDOS DE DISTINTAS RAZAS Y DIVERSAS CONDICIONES
MINIMUM AND MAXIMUM VALUES (X) OBTAINED FOR ELECTRICAL AURICULAR SYSTOLE PARAMETERS IN PIGS FROM DIFFERENT BREEDS AND UNDER DIVERSE CONDITIONS

| Author | Breed | Age | Lead | Pq int. (s) | P wave (s) | P wave (mV) | Pqseg. (s) |
|----------------------------|---|------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|
| Rubio et al. ¹⁹ | Landrace × Belgian White | 1 day - 6 months | LI | 0.054-0.094 | 0.029-0.051 | 0.084-0.137 | 0.029-0.044 |
| | | | aVF | 0.056-0.106 | 0.025-0.057 | 0.045-0.017 | 0.030-0.045 |
| | | | V ₁₀ | 0.056-0.108 | 0.028-0.069 | 0.084-0.124 | 0.028-0.035 |
| Ibañez ²⁹ | Landrace × Belgian White (exercised) | months 2 - 5.5 | LI | 0.087-0.105 | 0.054-0.057 | 0.190-0.157 | 0.038-0.047 |
| | | | aVF | 0.092-0.108 | 0.051-0.080 | 0.191- (-0.125) | 0.042-0.053 |
| | | | V ₁₀ | 0.092-0.110 | 0.047-0.068 | (-0.120) - (-0.087) | 0.037-0.051 |
| | Landrace × Belgian White (not exercised) | months 2 - 5.5 | LI | 0.075-0.102 | 0.049-0.054 | 0.157-0.10 | 0.032-0.047 |
| | | | aVF | 0.077-0.095 | 0.020-0.030 | 0.075- -0.1 | 0.035-0.055 |
| | | | V ₁₀ | 0.083-0.105 | 0.052-0.058 | (-0.073)-0.089 | 0.032-0.047 |
| Rubio et al. ³³ | Landrace × Belgian White (tranquilized) (without tranquilizer) | 3, 4.5 and 6 months | V ₁₀ | 0.083 | | | |
| | | | | 0.086 | | | |
| Fernandez ²¹ | Iberian | 5 - 205 days | LI | 0.052-0.104 | 0.028-0.043 | 0.103-0.16 | 0.022-0.062 |
| | | | aVF | 0.054-0.109 | 0.026-0.04 | 0.033-0.064 | 0.027-0.073 |
| | | | V ₁₀ | 0.054-0.108 | 0.03-0.044 | 0.067-0.11 | 0.023-0.068 |
| | Duroc | 5 - 205 days | LI | 0.051-0.102 | 0.029-0.039 | 0.115-0.139 | 0.022-0.102 |
| | | | aVF | 0.052-0.106 | 0.027-0.038 | 0.031-0.046 | 0.025-0.067 |
| | | | V ₁₀ | 0.051-0.107 | 0.028-0.041 | 0.065-0.114 | 0.022-0.066 |
| Rubio et al. ⁴⁷ | Landrace × Belgian White | 2 years | LI | 0.123 | 0.043 | 0.099 | 0.081 |
| | | | aVF | 0.134 | 0.04 | 0.036 | 0.094 |
| | | | V ₁₀ | 0.123 | 0.043 | 0.075 | 0.080 |

in the bibliography for the P-wave in swine are highly variable, according to the breed studied.

P-wave duration

The duration of the P-wave depends on the time required for the excitation wave to cover the distance from the sinoatrial node to the remotest parts of the auricles.²⁴

For many researchers, the duration of the P-wave in different animal species increases in direct relation to an increase in body weight^{11,25,26} and to the physical maturation of the animal.^{3,11,21,23,27-30} In bovines³¹ and ovines¹⁸ at different growth stages, P wave duration is hardly affected, much as occurs in dogs of different breeds.^{23,30}

A study of the bibliography suggests that, independent of body weight and physical maturation

Duración onda P

La duración de la onda P depende del tiempo requerido por la onda de excitación para recorrer la distancia desde el nódulo sinusal hasta las partes más remotas de las aurículas.²⁴

Para diversos investigadores, los valores de duración de la onda P en distintas especies animales se incrementan en relación directa con el aumento del peso corporal^{11,25,26} y con la maduración física del animal.^{3,11,21,23,27-30} En bovinos³¹ y en ovinos¹⁸ en distintas etapas de crecimiento, la duración de la onda P apenas se ve afectada, al igual que en perros de diferentes razas.^{23,30}

El estudio de la bibliografía sugiere que, independientemente del peso corporal y maduración física, hay otros factores que intervienen, como son el tipo de derivación,³² el uso de tranquilizantes,³³ anestesia, raza, etc., que influyen en el valor de la duración de la onda

other factors intervene, such as the type of lead,³² the use of tranquilizers,³³ anesthesia, breed, etc., which have an influence on the duration of the P-wave. These other factors could be the cause of the discordant values supplied by the different authors (Tables 1 and 2).

Voltage of the P-wave

The voltage of each electrocardiographic wave is mainly determined by the size of the muscle mass that is depolarized and by the cosine of the angle formed by the exploration axis and the auricular activation axis. The latter is the spatial relation between the wave-front existing at any given moment between the active and resting myocardium, and the axis of the lead. Likewise, physical maturation seems to be another factor contributing to the determination of the P-wave voltage. Rubio³⁴ observed an increase in the voltage as their age increased in Landrace × Belgian White pigs. This is in disagreement with the results obtained in ruminants,^{16,17} whose youngest individuals present a higher value in relation to that recorded by Fernández,²¹ who in the Duroc breed, did not observe any influence of age on the P-wave voltage, while in the Iberian breed he found a decrease, as a consequence of physical maturation, only in the aVF lead (Tables 1 and 2).

Another factor which seems to affect P-wave voltage is the species of the animal since bovines, ovines, caprines and porcines have, in general, a lower voltage than do dogs and horses.¹¹

Moreover, heart rate also seems to influence the voltage of this wave since in goats, which belong to the same electrocardiographic category as the pig, a direct relation has been detected between heart rate and P-wave voltage.³⁵

P-wavemorphology

The morphology of the P-wave depends on the direction of the auricular activation front and on the position of the recording electrode. This parameter is highly variable and depends on the species, breed, sex, age³⁶ and lead studied; thus in LI it is null or positive, in aVF it is positive, and in V_{10} ³⁷ it is negative. In some species, changes in the morphology of the P-wave have been found which can be associated with vagal discharge in the sinoatrial node and with the special distribution of the excitation wave through the auricle. However, none of them appear to be related to changes in cardiac anatomical position.¹¹

Exercise in horses is an important factor when making considerations on the morphology of the P-

P. Estos otros factores podrían ser los causantes de los valores discordantes proporcionados por los distintos autores (Cuadros 1 y 2).

Voltaje de la onda P

El voltaje de cualquier onda electrocardiográfica tiene como causa principal el tamaño de la masa muscular que se despolariza, y el coseno del ángulo formado por el eje de exploración y el eje de activación auricular, relación espacial entre el frente que existe en un momento dado entre el miocardio activo y en reposo, y el eje de la derivación. Del mismo modo, la maduración física parece ser otro factor que contribuye a la determinación del voltaje de la onda P. Rubio,³⁴ observó un incremento del voltaje a medida que aumenta la edad, en cerdos Landrace × B. Belga, lo cual discrepa de los resultados obtenidos en rumiantes,^{16,17} cuyos individuos más jóvenes presentan un valor más elevado en relación con lo registrado por Fernández,²¹ quien en la raza de cerdos Duroc no observa influencia de la edad en el voltaje de la onda P, mientras que en la raza de cerdos Ibéricos, sólo en la derivación aVF es donde aprecia una disminución como consecuencia de la maduración física (Cuadros 1 y 2).

Otro factor que parece afectar al voltaje de P es la especie animal, ya que los bovinos, ovinos, caprinos y porcinos presentan, en general, un voltaje más bajo que el perro y el caballo.¹¹

Por otra parte, la frecuencia cardiaca también parece influir sobre el voltaje de esta onda, ya que en cabras, que pertenecen a la misma categoría electrocardiográfica que el cerdo, se ha detectado una relación directa entre la frecuencia cardiaca y el voltaje de P.³⁵

Morfología de la onda P

La morfología de la onda P dependerá de la dirección del frente de activación auricular y de la posición del electrodo de registro. Este parámetro es muy variable en función de la especie, raza, sexo, edad³⁶ y la derivación estudiada; así en DI es nula o positiva; en aVF es positiva y negativa en V_{10} .³⁷ En algunas especies se han encontrado cambios en la morfología de la onda P que pueden asociarse con una descarga vagal en el nódulo sinoauricular y a una especial distribución de la onda de excitación a través de la aurícula. Igualmente no parecen estar relacionados, en ninguna de ellas, con los cambios en la posición anatómica cardiaca.¹¹

El ejercicio en el caballo es un factor importante a la hora de hacer consideraciones sobre la morfología de la onda P, de modo que se ha observado en la DI el cambio desde una onda bífida en reposo a una simple positiva tras el trabajo físico.³⁸ En cambio, en cerdos ejercitados no se encuentran diferencias destacables en las morfologías obtenidas con cada una de las derivaciones empleadas por Ibañez et al.²⁰

wave, such that a change from a bifid wave when resting to a simple positive wave after physical exercise³⁸ has been observed in LI. Conversely, in exercised pigs no outstanding differences are found in morphologies obtained with each of the leads used by Ibañez et al.²⁰

In horses, it has been noted that with low heart rates the configuration of the P-wave is predominantly double and that when an increase in the heart rate is produced, the P-wave presents a simple configuration.³⁹ Given that the pig belongs to the same electrocardiographic category as the horse, the same behavior could be expected in the evolution of the P-wave. However, in pigs a clear predominance of the simple P-wave over the double configuration is observed, and heart rate values have no influence on it.^{19,21} Tovar et al.,¹⁶ in sheep of over one year of age, showed a higher proportion of double P-waves than in young individuals. Conversely, Santisteban et al.,³¹ in bovines, observed that in the LI and aVF derivations the P-wave tended to be simple and positive as age increased.

Dukes and Szabuniewicz,⁴⁰ in Yorkshire × Hampshire × Duroc pigs of 2 to 4 months of age, found different morphologies for the P-wave, all simple and positive in LI, positive or biphasic (+/-) in LII, LIII and aVR, negative or biphasic (+/-) in aVF; positive, negative and biphasic in aVL, and all negative in V₁₀. In Berkshire × Landrace pigs with an approximate age of 7 months, Nakano⁴¹ found only positive waves in LI, LII, aVF and the A-B lead (Apex-Base); negative in aVR, 75% positive and 15% positive in LIII, 67% positive and 18% negative in aVL. This author also studied the whole anatomy of the animal with bipolar leads and established that in the transitional area, which extends diagonally from both axillae to both sides of the thorax, the morphology of the P-wave was biphasic (+/-), positive in the ventral regions and negative in the dorsal ones.

In Yorkshire × Landrace × Berkshire 7 month-old pigs, Ohi et al.⁴² recorded for LI only negative P-waves, positive ones in leads 2, 6, 7 and 8, and both positive and negative in leads 4 and 5. In lead A-B the previous authors obtained positive P-waves, which coincides with the results reported by Nakano⁴¹ and by Sawazaki et al.⁴³ in Landrace pigs. Ohi et al.,⁴⁴ in lead A-B, only noted positive P-waves; for LI 87.5% of the P-waves were positive, and 12.5% were biphasic of the (+/-) type; in LII 97.7% were positive and 2.3% were biphasic and, finally, in LIII, 90.9% were positive and 6.8% were biphasic.

In Pitman-Moore laboratory piglets of 1.5 to 3 years of age, Hamlin et al.⁴⁵ recorded an almost always positive bifid morphology that occasionally began with a small negative deflection in the X and Y axis, while in the Z axis the P-wave was bifid and negative.

En el caballo se ha observado que con frecuencias cardiacas bajas la configuración de la onda P es predominantemente doble y que al producirse un incremento de la frecuencia cardiaca, la onda P presenta una configuración simple.³⁹ Dado que el cerdo pertenece a la misma categoría electrocardiográfica que el caballo, podría esperarse igual comportamiento en la evolución de la onda P. Sin embargo, en el cerdo se observa un claro predominio de la onda P simple sobre la configuración doble, y los valores de frecuencia cardiaca no influyen en ella.^{19,21} Tovar et al.¹⁶ muestran en ovejas de 1 año de edad una mayor proporción de ondas P dobles que en individuos jóvenes. En cambio, Santisteban et al.³¹ observaron que en DI y aVF la onda P tiende a ser simple y positiva a medida que aumenta la edad, en bovinos.

Dukes y Szabuniewicz,⁴⁰ en cerdos de dos a cuatro meses de edad Yorkshire × Hampshire × Duroc, encontraron distintas morfologías para la onda P, todas positivas en DI, positivas o difásicas (+/-) en DII, DIII y aVR, negativas o difásicas (+/-) en aVF; positivas, negativas y difásicas en aVL y todas fueron negativas en V₁₀.

En cerdos Berkshire × Landrace con una edad aproximada de siete meses, Nakano⁴¹ encontró únicamente ondas positivas en DI, DII, aVF y derivación A-B (Ápex-Base); negativas en aVR, el 75% positivas y el 15% negativas en DIII, el 67% positivas y el 18% negativas en aVL. Este autor también estudia toda la anatomía del animal mediante las derivaciones bipolares y establece que en la zona transicional, que se extiende diagonalmente desde ambas axilas hasta ambos lados del tórax, la morfología de la onda P es de tipo difásico (+/-), positivas en las regiones ventrales y negativas en las dorsales.

En cerdos Yorsksire × Landrace × Berkshire de siete meses de edad, Ohi et al.⁴² registraron para DI sólo ondas P negativas, en las derivaciones 2, 6, 7 y 8 positivas, y aparecen tanto positivas como negativas en las derivaciones 4 y 5. En la derivación A-B, los autores anteriores obtienen ondas P positivas, lo que coincide con los resultados registrados por Nakano⁴¹ y por Sawazaki et al.⁴³ en cerdos Landrace. Ohi et al.,⁴⁴ en la derivación A-B sólo apreciaron ondas P positivas, para la derivación DI un 87.5% de las ondas P eran positivas y el 12.5% eran difásicas del tipo (+/-); en DII el 97.7% son positivas y el 2.3% difásicas, y por último en DIII, el 90.9% son positivas y el 6.8% difásicas.

En cerditos de laboratorio Pitman-Moore de 1.5 a 3 años de edad, Hamlin et al.⁴⁵ en el eje X y Y registran una morfología de onda P casi siempre positiva, bifida y ocasionalmente comienza con una pequeña deflexión negativa; en el eje Z la onda P es bifida y negativa.

Ranucci y Ranucci⁴⁶ obtuvieron una gran variabilidad en la morfología de la onda P. En la derivación I, señalan una predominancia de ondas positivas, puede no aparecer la onda P o bien ser de tipo difásico (+/-). En las derivaciones II, III y aVF predominan las ondas P positivas, también ondas difásicas de tipo (+/-) y

Ranucci and Ranucci⁴⁶ obtained great variability in the morphology of the P-wave. In lead I, they report a predominance of positive P-waves, though the wave may also be absent, or be biphasic (+/-). In leads II, III and aVF, positive P-waves predominate, though there are also biphasic (+/-) and triphasic ones, but in a lesser amount. In aVR and aVL they found predominantly negative, positive, biphasic (+/-) and triphasic morphology.

Rubio et al.,¹⁹ in Landrace × Belgian White pigs (Figure 1) with ages ranging from 1 day to 6 months, found that the predominant morphology in LI is the simple positive P-wave with an incidence of 100% in individuals of 5 and 20 days, followed by the biphasic P-wave (+/-), that reaches its maximum representation in individuals at 4.5 months of age (9.99%). In the aVF lead, they show a greater number of configurations whose order according to the percentage of incidence is: simple positive, biphasic (+/-), simple negative, biphasic (+/-), and double P-waves with both components being positive. Conversely, in the V₁₀ lead there is total uniformity, since in all age groups analyzed the configuration of the P-wave is simple and negative. In pigs of the same breed as those above but at two years of age, Rubio et al.⁴⁷ show a predominance of positive P-waves in LI and aVF, and negative P-waves in V₁₀.

In two groups of Landrace × Belgian White 2 to 5.5 month-old pigs (Figure 2), one exercised and the other not, Ibañez²⁹ observed a clear predominance of the simple P-wave in LI, although in the exercised group it was found in a lower proportion. For aVF in both groups, they recorded a higher proportion of biphasic waves either of the (+/-) or (+/-) type. In the V₁₀ lead, the non-exercised individuals, in all the controls, presented simple and negative P-waves, while in the exercised group 85.7% were simple and negative and 14.3% were biphasic (+/-) type waves.

In black-coated (Figure 3) Iberian and Duroc pigs, Fernández²¹ observed a clear predominance of simple positive P-waves in the six controls carried out (5, 20, 45, 90, 135 and 205 days old) for LI, with a small proportion of double waves in a few age groups. In the aVF lead, for both breeds, the simple and positive configuration predominated, though a small proportion of simple negative and biphasic waves were also noted. From V₁₀, in the Iberian breed, an absolute predominance of the simple, negative configuration was obtained in all the age groups, as in the Duroc breed.

In accordance with the above, there exists, therefore, a clear predominance of the simple negative P-wave in V₁₀, a similar proportion of simple positive and biphasic (+/-) or (+/-) configuration in aVF, and simple positive P-wave in the LI lead.⁴⁵

trifásico pero en menor cantidad. En aVR y aVL encontraron morfología predominantemente negativa, positiva, difásica de tipo (+/-) y trifásica.

Rubio et al.¹⁹ encontraron que en cerdos Landrace × B. Belga (Figura 1) con una edad que oscila entre 1 día a 6 meses, la morfología que predomina en LI es la onda P simple positiva con una incidencia del 100% en individuos de 5 y 20 días, seguida de la onda P difásica de tipo (+/-) que alcanza su máxima representación en individuos de 4.5 meses (9.99%). En la derivación aVF, muestran un mayor número de configuraciones cuyo orden según el porcentaje de incidencia es: onda P simple positiva, onda difásica de tipo (+/-), onda simple negativa, onda difásica de tipo (+/-) y ondas P dobles con ambos componentes positivos. En cambio, en la derivación V₁₀ encuentra total uniformidad, ya que en todos los grupos de edad que analizan la configuración de la citada onda es simple y negativa. En cerdos de igual raza a los anteriores, pero con dos años de edad, Rubio et al.,⁴⁷ muestran un predominio de ondas P positiva en LI y aVF y negativas en V₁₀.

En dos grupos de cerdos, Landrace × B. Belga (Figura 2), uno ejercitado y otro no ejercitado de 2 meses a 5.5 meses de edad, Ibañez²⁹ observa en LI un claro predominio de la onda P simple; en tanto que en el grupo de individuos ejercitados se localizó en menor proporción. En aVF, de ambos grupos, registra una mayor proporción de ondas difásicas del tipo (+/-) y (+/-). En la derivación V₁₀, los individuos no ejercitados presentan en todos los controles ondas P simples y negativas, mientras que en el grupo ejercitados un 85.7% son simples y negativas y el 14.3 % son ondas difásicas de tipo (+/-).

En cerdos de capa oscura (Figura 3), raza Ibérica y Duroc, Fernández²¹ observó en LI, un claro predominio de ondas P simples positivas en los seis controles llevados a cabo (5, 20, 45, 90, 135 y 205 días), apareciendo ondas dobles en pequeña proporción y escasos grupos de edad. En la derivación aVF, de ambas razas, predomina también la configuración simple y positiva; se aprecian además, ondas simples negativas y difásicas en muy pequeña proporción. En V₁₀, de la raza Ibérica, se obtuvo un predominio absoluto de la configuración simple y negativa, en todos los grupos de edad, al igual que en la raza Duroc.

Según lo anterior, existe por tanto, un claro predominio de la onda P(-) en V₁₀, indistintamente P(+) y difásicas (+/-) o (+/-) en aVF y P simples positivas en la LI.⁴⁵

Segmento PQ

El segmento PQ es la línea isoelectrica que va desde el final de la onda P hasta el comienzo del complejo ventricular, por tanto, es un periodo que separa la activación auricular de la ventricular, en la que no hay diferencias de voltaje, pero hay una propagación de un evento eléctrico.^{6,49,50}

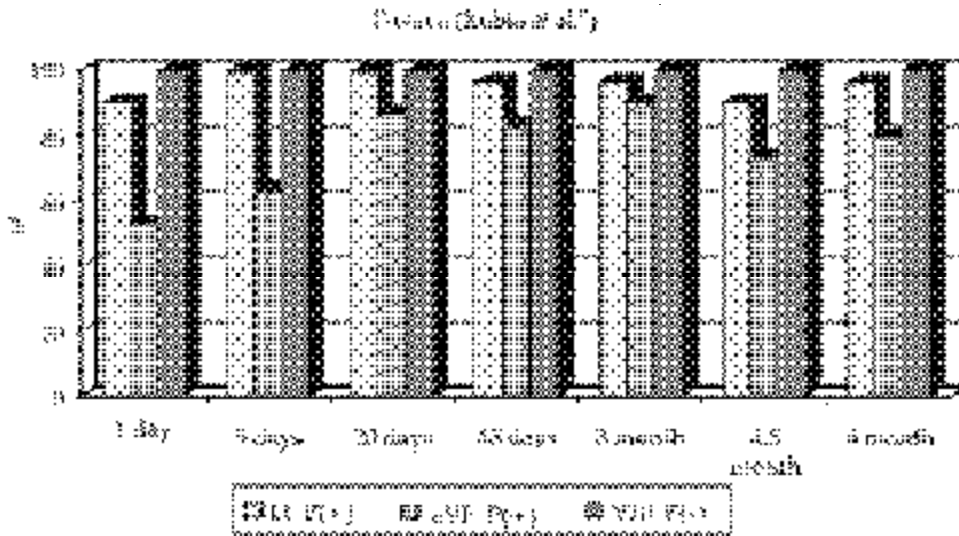


Figura 1. Morfología predominante para la onda de activación auricular (onda P) en cerdos Landrace x B. Belga a distintas edades en las tres derivaciones analizadas. Predominant morphology for auricular activation wave (P-wave) in Landrace x White Belgian pigs at different ages and for three leads analyzed.

PQ Segment

The PQ segment is the isoelectrical line which goes from the end of the P-wave to the beginning of the ventricular complex and separates auricular activation from ventricular activation; in this segment there are no differences in voltage yet it does represent the propagation of a electrical event.^{6,49,50}

The duration of the PQ segment (Table 2) has an inverse relation to the animal's heart rate at the moment of recording, such that the greater the number of beats per minute the shorter the duration of this segment. In addition, it has been verified that in Landrace x White Belgian pigs,^{19,29} Duroc pigs²¹ and in ruminants,^{16,17} the duration increases with physical maturation. On the other hand, in Iberian pigs²¹ an increase in the duration with age has only been noted in the V_{10} lead.

Electrical Ventricular Depolarization (QRS Interval)

Duration of the QRS interval

The duration of the QRS interval represents the time necessary for the activation front to cover the distance separating the ends of the Purkinje fibers from the furthest reaches of the ventricular myocardium.¹¹

Data found in the bibliography (Tables 3 and 4) are highly variable, probably due to the fact that the authors used animals of different ages and to the different techniques employed when carrying out the electrocardiographic measurements. In studying the bibliography concerning the pig, it has been found that an increase is produced in the QRS interval as the animal's age increases.^{2,14,20,40,54,64-66} This increase sug-

La duración del segmento PQ (Cuadro 2) está en relación inversa a la frecuencia cardíaca que presenta el animal en el momento del registro, de modo que cuanto mayor sea el número de latidos por minuto, menor será la duración de este segmento. Además, se ha comprobado que en cerdos Landrace x B. Belga,^{19,29} cerdos de raza Duroc²¹ y en rumiantes,^{16,17} la duración aumenta con la maduración física. En cambio, en cerdos de raza Ibérica²¹ sólo se ha apreciado un aumento de la duración con la edad en la derivación V_{10} .

Despolarización eléctrica ventricular (Intervalo QRS)

Duración del intervalo QRS

La duración del intervalo QRS representa el tiempo necesario para que el frente de activación recorra la distancia que separa las terminaciones de las fibras de Purkinje de las regiones más alejadas del miocardio ventricular.¹¹

Los datos recogidos en la bibliografía (Cuadros 3 y 4) son muy variables, debido probablemente a que los autores utilizan animales de distintas edades y a las diferentes técnicas empleadas a la hora de realizar los registros electrocardiográficos.

Del estudio de la bibliografía sobre el cerdo, se ha encontrado que se produce un incremento en la duración del intervalo QRS a medida que aumenta la edad.^{2,14,20,40,54,64-66} Dicho incremento sugiere un crecimiento de la masa muscular cardíaca¹² que también se ha detectado en otras especies como el perro,^{22,28} la oveja^{67,68} y los caballos.⁶⁹ Por el contrario, en vacas,³¹ la duración apenas se ve afectada por la edad del animal.

En la bibliografía consultada son escasos los datos existentes acerca de la duración de cada una de las

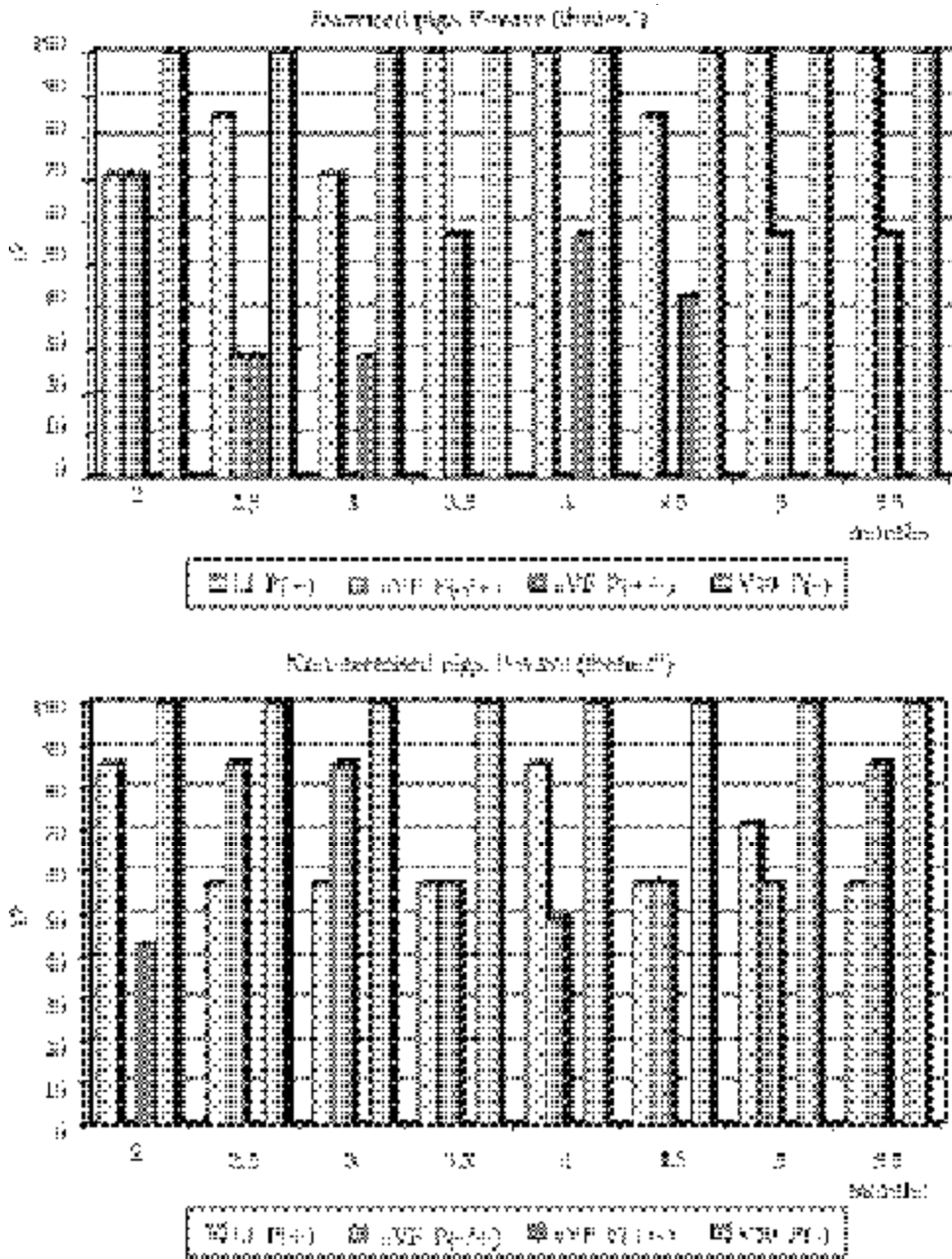


Figura 2. Morfología predominante para la onda de activación auricular (onda P) en cerdos Landrace × B. Belga a distintas edades y en las tres derivaciones analizadas. Predominant morphology for auricular activation wave (P-wave) in Landrace × White Belgian pigs at different ages and for three leads analyzed.

gests a growth of cardiac muscle mass¹² which has also been detected in other species such as in the dog,^{22,28} sheep^{67,68} and in horses.⁶⁹ On the contrary, in cows,³¹ duration is hardly affected by the age of the animal.

In the literature consulted there are few data on the duration of each of the waves integrating the ventricular complex. Hamlin et al.,⁴⁵ for the Q-wave, give values of 0.031 ± 0.008 s, 0.008 ± 0.003 s and 0.016 ± 0.003 s in leads I, aVF and V_{10} , respectively. For the R-wave, the values recorded are 0.025 ± 0.009 s in LI, 0.014 ± 0.003 s in aVF, and 0.049 ± 0.006 s in V_{10} . The S-wave, which does not appear in lead V_{10} , reaches values of 0.015 ± 0.007 and 0.036 ± 0.008 s in LI and

ondas que componen el complejo ventricular. Hamlin et al.⁴⁵ dan, para la onda Q, valores de 0.031 ± 0.008 seg, 0.008 ± 0.003 seg y 0.016 ± 0.003 seg en las derivaciones I, aVF y V_{10} , respectivamente. Para la onda R los valores registrados son de 0.025 ± 0.009 seg en DI, 0.014 ± 0.003 seg en aVF y de 0.049 ± 0.006 seg en V_{10} . La onda S, que no aparece en la derivación V_{10} , alcanza unos valores de 0.015 ± 0.007 y 0.036 ± 0.008 seg en DI y aVF, respectivamente. Los valores de duración que obtuvieron Rubio et al.⁷⁰ para cada una de las ondas del complejo ventricular en cerdos Landrace × B. Belga de 1 a 6 meses de edad, se muestran en el Cuadro 4.

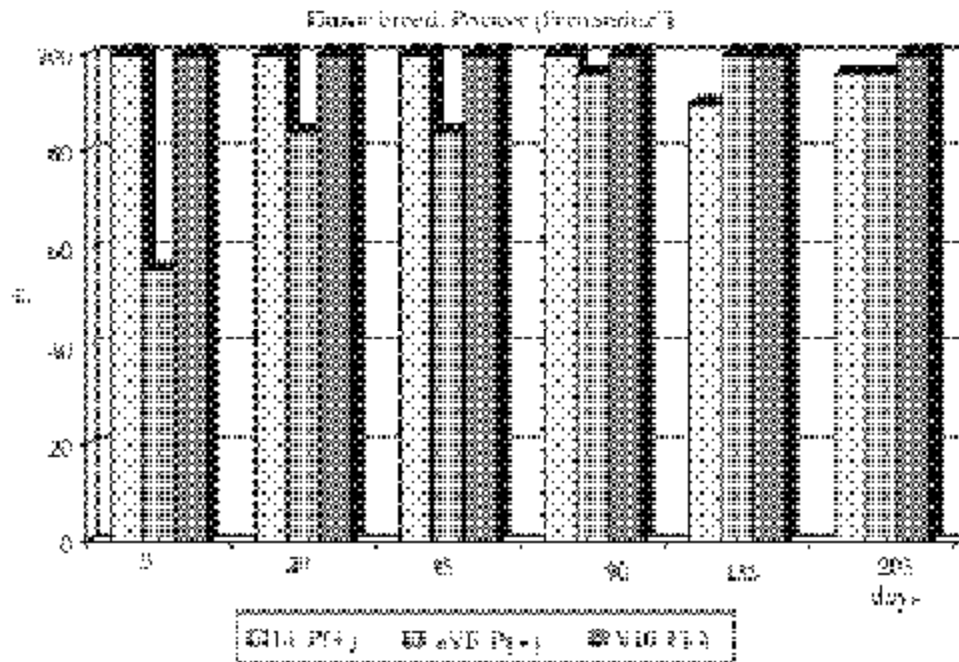
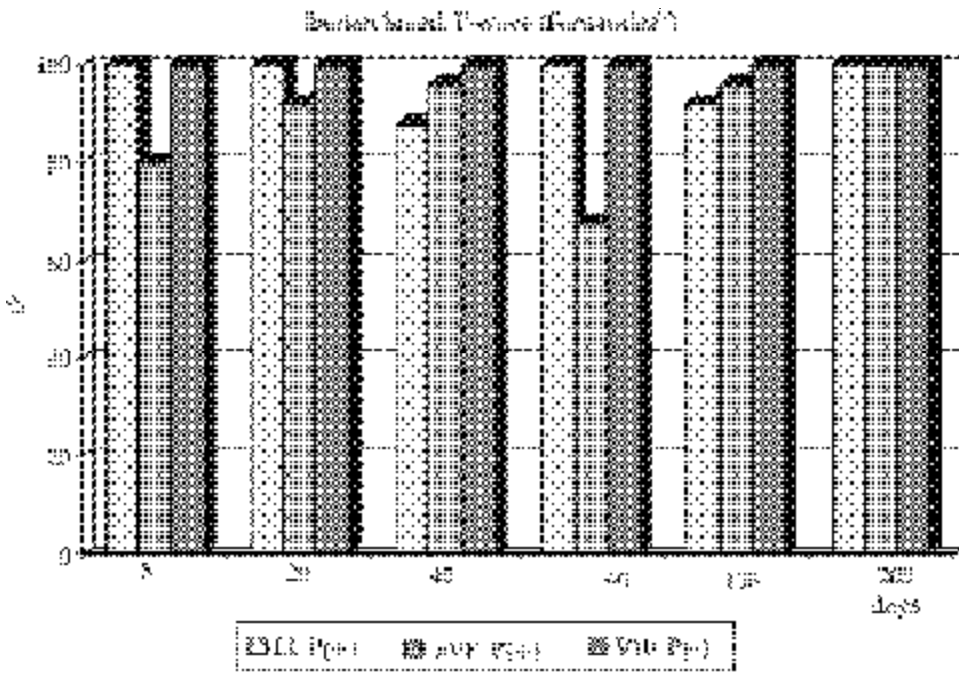


Figura 3. Morfología predominante para la onda de activación auricular (onda P) en cerdos de capa oscura a distintas edades y en las tres derivaciones analizadas. Predominant morphology for the auricular activation wave (P-wave) in dark coated pigs at different ages and for three leads analyzed.

aVF, respectively. The duration values obtained by Rubio et al.,⁷⁰ for each of the waves of the ventricular complex in Landrace × White Belgian pigs from 1 to 6 months of age, are shown in Table 4.

Voltage of the QRS complex

In the species belonging to category II, as is the case of the pig, ventricular activation is characterized by the presentation of two depolarization fronts. In the

Voltaje del complejo QRS

En las especies que pertenecen a la categoría II, como es el caso del cerdo, la activación ventricular se caracteriza por presentar dos frentes de despolarización. En el primer frente se lleva a cabo la excitación del séptum interventricular desde el endocardio ventricular izquierdo hacia el derecho y la activación de una pequeña zona ápex del ventrículo izquierdo. El segundo frente muestra la despolarización terminal de los ter-



Cuadro 3
VALORES DE LA DESPOLARIZACIÓN ELÉCTRICA VENTRICULAR REGISTRADOS EN CERDOS POR DISTINTOS AUTORES Y EN
DIVERSAS CONDICIONES (X = VALOR MEDIO DE LAS DERIVACIONES ANALIZADAS)
ELECTRICAL VENTRICULAR DEPOLARIZATION VALUES REGISTERED IN PIGS BY DIFFERENT AUTHORS AND DIVERSE CONDITIONS
(X = MEAN VALUE OF LEADS ANALYZED)

| Author | Animals | Age & Weight | Leads | Qrs int. (s) | Qrs int. (mV) | Q wave (mV) | R wave (mV) | S wave (mV) |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
| Platner et al. ⁵¹ | Fattening pigs | 2 a 4 months | | 0.044 | | | | |
| Neuman-klein | | | | | | | | |
| Paul y Sander ⁵² | Growing pigs | Neonate | DII | 0.06 | | | | |
| | | Young | DII | 0.06 | | | | |
| | | Adult | DII | 0.06 | | | | |
| Kromberger ⁵³ | German Landrace | 3 years (95-125 kg) | DI, DII y DIII | 0.06 | | | | |
| Thielscher ⁵⁴ | Pietrains | 40 kg | DI, DII y DIII | 0.042 | | | | |
| | | 80 kg | | 0.043 | | | | |
| | | 110 kg | | 0.045 | | | | |
| Mickwitz ⁵⁵ | Fattening pigs | 11-300 kg | Inferior lead | | | 0.020-0.040 | 0.150 | 0.143 |
| Dukes y Szabuniewicz ⁵⁰ | Yorkshire × Hampshire × Duroc | 2-4 months (23 kg) | DI } aVF } V ₁₀ } | 0.03-0.05 | | 0.148 | 0.537 | 0.000 |
| | | | | | 0.110 | 0.873 | 0.575 | |
| | | | | | 0.105 | 0.472 | 0.000 | |
| | Minipigs | 1 week (1.5 kg) | DI } aVF } V ₁₀ } | 0.20-0.30 | | 0.093 | 0.575 | 0.000 |
| | | | | | 0.056 | 0.431 | 0.500 | |
| | | | | | 0.119 | 0.119 | 0.000 | |
| | Minipigs | 7 months (18 kg) | DI } aVF } V ₁₀ } | 0.030-0.040 | | 0.039 | 0.390 | 0.036 |
| | | | | | 0.078 | 0.764 | 0.279 | |
| | | | | | 0.128 | 0.421 | 0.000 | |
| Kobbe ⁵⁷ | German Landrace | 70-130 kg | | 0.098 | | | | |
| Larks et al. ⁵⁸ | Minipigs | 1 año | aVF } V ₁₀ } | | | 0.075 | 0.254 | |
| | | | | | | 0.084 | 0.363 | |
| Bartels ² | Growing pigs | 21-90 kg | | 0.054-0.065 | | | | |
| | Reproductive pigs | 152-240 kg | | 0.079 | | | | |
| Beglinger et al. ⁵⁹ | Landschweines (anaesthetized) | 5 months (93 kg) | Anterior lead | | | | 0.746 | 0.827 |
| | | | Inferior lead | x= 0.066 | | | 0.322 | 0.409 |
| | | | Dorsal lead | | | | 0.556 | 0.494 |
| Ohi et al. ⁴² | Berkshire × Landrace × Yorkshire | 7 months (73 kg) | A-B | | 0.139±0.035 | 0.015±0.021 | 0.411±0.193 | 0.535±0.243 |
| | | | D3 (DI) | | 0.099±0.194 | 0.025±0.036 | 0.146±0.167 | 0.023±0.060 |
| | | | D7 (DII) | | | 0.072±0.039 | 0.659±0.269 | 0.212±0.093 |
| | | | D8 (DIII) | | | 0.105±0.177 | 0.559±0.259 | 0.211±0.238 |
| Ohi et al. ⁴⁴ | Berkshire × Landrace × Yorkshire | 3 years (161 kg) | A-B | | -0.576±0.483 | 0.009±0.020 | 0.306±0.267 | 0.874±0.329 |
| | | | DI | 0.074±0.015 | 0.017±0.311 | 0.075±0.094 | 0.274±0.190 | 0.025±0.079 |
| Nakano ⁴¹ | Berkshire × Landrace | 7 months (73 kg) | DI, DII, DIII, aVR, aVL, aVF | 0.04-0.05 | | 0.05-0.18 | 0.24-0.37 | 0.22-0.32 |
| | | | A-B | 0.06±0.01 | -0.580 | 0.06±0.04 | 0.26±0.04 | 0.78±0.09 |
| Mostafawi ⁶⁰ | German Landrace | 47-82 kg | Anterior lead | 0.06 | | 0.804 | | |
| Hamlin et al. ⁴⁵ | Pitman-Moore | 1.5-3 years (37-40 kg) | Dorsal lead | | | | | |
| | | | X(DI) | | | 0.137±0.110 | 0.574±0.026 | 0.077±0.042 |
| | | | Y(aVF) | x=0.065±0.07 | | 0.071±0.031 | 0.511±0.255 | 0.733±0.228 |
| | | | Z(V ₁₀) | | | 0.394±0.270 | 1.20435410.255 | |
| Zannetti y Corbella ¹⁵ | Landrace × Large × White | 3-12 days | DII | 0.018-0.032 | | 0.000-0.344 | 0.415-0.956 | 0.254-1.222 |
| Scharner et al. ⁶¹ | Slaughter pigs | 105-120 kg | | 0.10±0.012 | | | | |
| Ranucci y Ranucci ⁴⁶ | Large-White (anaesthetized) | 28-116 days (4-46 kg) | DI, DII, DIII, aVR, aVL, aVF | 0.030-0.050 | | 0.020-0.114 | 0.097-0.343 | 0.005-0.574 |
| Tkachucky Shomanskii ⁶³ | Big White board | 7 months | DI | | | -0.071±0.025 | 0.242±0.020 | |
| | | | DII | | | -0.050±0.033 | 0.536±0.076 | -0.450±0.107 |
| | | | DIII | | | -0.014±0.018 | 0.471±0.068 | -0.593±0.023 |



Cuadro 4

VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS (X) OBTENIDOS EN NUESTRO REGISTRO ELECTROCARDIOGRÁFICO PARA LOS PARÁMETROS DE INTEGRAL DE SPOLARIZACIÓN ELÉCTRICA VENTRICULAR EN CERDOS DE DISTINTAS RAZAS Y DIVERSAS CONDICIONES

MINIMUM AND MAXIMUM VALUES (X) OBTAINED IN OUR STUDY OF ELECTRICAL VENTRICULAR DEPOLARIZATION PARAMETERS IN PIGS OF DIFFERENT BREEDS UNDER DIFFERENT CONDITIONS

| Author | Breed | Age | Lead | Qrsint. (s) | Q wave (s) | R wave (s) | S wave (s) | Qrsint. (mV) | Q wave (mV) | R wave (mV) | S wave (mV) |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Rubio et al. ⁷⁰ | Landrace × Belgian W. | 1 day - 6 months | LI | 0.036-0.058 | 0.014-0.029 | 0.020-0.030 | 0.010-0.024 | 0.12-0.187 | 0.173-0.283 | 0.167-0.333 | 0.050-0.155 |
| | | | aVF | 0.039-0.059 | 0.011-0.022 | 0.020-0.025 | 0.015-0.024 | 0.009-0.089 | 0.067-0.105 | 0.103-0.255 | 0.079-0.238 |
| | | | V ₁₀ | 0.037-0.070 | 0.009-0.016 | 0.028-0.054 | | 0.266-0.538 | 0.061-0.112 | 0.358-0.631 | |
| Ibañez ⁷⁰ | Landrace × Belgian W. (Exercised) | 2- 5.5 months | LI | 0.055-0.060 | | | | | 0.267-0.503 | 0.360-0.783 | 0.087-0.106 |
| | | | aVF | 0.042-0.063 | | | | | 0.140-0.345 | 0.025-0.595 | 0.141-0.592 |
| | | | V ₁₀ | 0.048-0.065 | | | | | 0.1-0.216 | 0.725-0.871 | |
| Rubio et al. ⁸¹ | Landrace × Belgian W. | 2- 5.5 months | LI | 0.055-0.057 | | | | 0.232-0.348 | 0.067-0.152 | 0.241-0.650 | 0.250-0.100 |
| | | | aVF | 0.043-0.062 | | | | | 0.067-0.152 | 0.350-0.800 | 0.120-0.358 |
| | | | V ₁₀ | 0.049-0.065 | | | | | 0.085-0.183 | 0.771-0.102 | |
| Fernandez ²¹ | Landrace × Duroc Iberian | 5 days-205 days | V ₁₀ | 0.038-0.042 | | | | | | | |
| | | | V ₁₀ | 0.046-0.039 | | | | | | | |
| | | | LI | 0.026-0.053 | | | | | 0.139-0.467 | 0.062-0.480 | 0.180-0.414 |
| Rubio et al. ⁴⁷ | Landrace × Belgian W. (White) | 2 years | aVF | 0.03-0.054 | | | | 0.071-0.407 | 0.042-0.104 | 0.104-0.469 | 0.032-0.219 |
| | | | V ₁₀ | 0.029-0.059 | | | | 0.202-0.575 | 0.052-0.189 | 0.382-0.636 | |
| | | | LI | 0.029-0.047 | | | | 0.142-0.358 | 0.103-0.357 | 0.087-0.281 | 0.025-0.1 |
| Rubio et al. ⁴⁷ | Landrace × Belgian W. (White) | 2 years | aVF | 0.035-0.052 | | | | 0.20-0.328 | 0.030-0.372 | 0.025-0.097 | |
| | | | V ₁₀ | 0.034-0.055 | | | | 0.207-0.418 | 0.024-0.13 | 0.295-0.525 | |
| | | | LI | 0.053±0.006 | | | | 0.297±0.173 | 0.027±0.011 | 0.312±0.195 | |
| Rubio et al. ⁴⁷ | Landrace × Belgian W. (White) | 2 years | aVF | 0.053±0.006 | | | | 0.153±0.134 | 0.028±0.009 | 0.189±0.129 | 0.025±0.000 |
| | | | V ₁₀ | 0.061±0.002 | | | | 0.439±0.122 | 0.046±0.030 | 0.486±0.107 | |



Cuadro 5

VALORES DE LOS PARÁMETROS QUE INTEGRAN LA REPOLARIZACIÓN ELÉCTRICA VENTRICULAR, REGISTRADOS EN CERDOS POR DISTINTOS AUTORES Y EN DIVERSAS CONDICIONES (X = VALOR MEDIO DE LAS DERIVACIONES ANALIZADAS)
 VALUES OF ELECTRICAL VENTRICULAR REPOLARIZATION PARAMETERS REGISTERED IN PIGS BY DIFFERENT AUTHORS AND UNDER DIVERSE CONDITIONS (X = MEAN VALUE OF LEADS ANALYZED)

| Author | Animals | Age & Weight | Leads | T Wave (s) | T wave (mV) | St seg. (s) |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Kromberger ³³ | German Landrace | 3 years (95-125 kg) | LI, | | 0.210 | |
| | | | LII | | 0.420 | |
| | | | LIII | | 0.220 | |
| Dukes y Szabuniewicz ⁴⁰ | Yorkshire × Hampshire × Duroc | 2-4 months (23 kg) | LI | | -0.130 | |
| | | | aVF | | 0.258 | |
| | | | V ₁₀ | | -0.176 | |
| | Laboratory pigs | 1 week (1.5 kg) | LI | | 0.043 | |
| | | | aVF | | 0.030 | |
| | | | V ₁₀ | | -0.106 | |
| | Laboratory pigs | 7 months (18 kg) | LI | | -0.057 | |
| | | | aVF | | 0.036 | |
| | | | V ₁₀ | | -0.171 | |
| Beglinger et al. ³⁹ | Landschweines (anesthetized) | 5 months (93 kg) | Anterior lead | x= 0.070± 0.009 | 0.022± 0.012 | |
| | | | Inferior lead | | 0.030± 0.016 | |
| | | | Dorsal lead | | 0.015± 0.011 | |
| Ohi et al. ⁴² | Berkshire × Landrace × Yorkshire | 7 months (73 kg) | A-B | | 0.397± 0.067 | |
| | | | L3 (LI) | | 0.014± 0.011 | |
| | | | L7 (LII) | | 0.135± 0.079 | |
| | | | L8 (LIII) | | 0.154± 0.060 | |
| Ohi et al. ⁴⁴ | Berkshire × Landrace × Yorkshire | 3 years (161 kg) | A-B | 0.040-0.140 | 0.512± 0.234 | |
| | | | LI | | 0.100-0.170 | |
| Nakano ⁴¹ | Berkshire × Landrace | 7 months (73 kg) | LI, LII, LIII, aVR, | | | |
| | | | aVL, aVF | 0.050± 0.020 | 0.11-0.19 | |
| | | | A-B | 0.08 | 0.10-0.45 | |
| Hamlin et al. ⁴⁵ | Pitman-Moore | 1.5-3 years (37-40 kg) | X(LI) | | -0.156± 0.172 | |
| | | | Y(aVF) | | -0.204± 0.166 | |
| | | | Z(V ₁₀) | | -0.404± 0.166 | |
| Zannetti y Corbella ¹⁵ | Landrace × Large × White | 3-12 days | LII | | 0.10-0.202 | |
| Schiefer et al. ⁸⁷ | Slaughter pigs | 120 kg | | | | 0.173-0.222 |
| Scharner et al. ⁶¹ | Slaughter pigs | 105-120 kg | | | | 0.173-0.222 |
| Ranucci y Ranucci ⁴⁶ | Large-White (anesthetized) | 28-116 days (4-46 kg) | LI, LII, LIII, aVR, aVL, aVF | 0.050-0.070 | -0.023- -0.229 | |
| Tkachucky y Shomanskii ⁶³ | Big White boar | 7 months | LI | 0.060± 0.006 | | |

first front the excitation of the interventricular septum is carried out from the left to the right ventricular endocardium, as well as the activation of a small apex area of the left ventricle. The second front

cios medio y basilar del séptum interventricular en dirección ápico-basilar. Entre estos dos frentes de despolarización se genera la activación de la mayor parte de la masa de ambos ventrículos en un único estallido



Cuadro 6

VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS (X) OBTENIDOS EN NUESTROS REGISTROS ELECTROCARDIOGRÁFICOS PARA LOS PARÁMETROS QUE INTEGRAN LA REPOLARIZACIÓN ELÉCTRICA VENTRICULAR EN DISTINTAS RAZAS DE CERDOS Y DIVERSAS CONDICIONES
 MINIMUM AND MAXIMUM VALUES (X) OBTAINED IN OUR STUDIES OF ELECTRICAL VENTRICULAR REPOLARIZATION PARAMETERS IN PIGS OF DIFFERENT BREEDS AND UNDER DIVERSE CONDITIONS.

| Author | Breed | Age | Lead | Stint. (s) | T wave (s) | T wave (mV) | Stseg. (s) |
|-----------------------------|---|------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|
| Rubio et al. ¹⁰⁰ | Landrace × Belgian White | 1 day - 6 months | LI | | 0.047-0.068 | 0.115-0.238 | 0.043-0.118 |
| | | | aVF | | 0.047-0.066 | 0.071-0.209 | 0.043-0.112 |
| | | | V ₁₀ | | 0.046-0.077 | 0.11-0.398 | 0.042-0.092 |
| Ibañez ⁸² | Landrace × Belgian White (Exercised) | 2 - 5.5 months | LI | | 0.107-0.156 | (-0.550) - (-0.183) | 0.156-0.200 |
| | | | aVF | | 0.091-0.142 | (-0.371) - (-0.116) | 0.142-0.211 |
| | | | V ₁₀ | | 0.081-0.122 | (-0.217) - 0.057 | 0.169-0.212 |
| | Landrace × Belgian White (Non-exercised) | 2 - 5.5 months | LI | | 0.052-0.128 | (-0.362) - (-0.04) | 0.151-0.200 |
| | | | aVF | | 0.082-0.108 | (-0.307) - (-0.05) | 0.148-0.212 |
| | | | V ₁₀ | | 0.080-0.113 | (-0.197) - 0.064 | 0.167-0.205 |
| Rubio et al. ⁸⁴ | Landrace × Belgian White Landrace × Duroc | 1 day | V ₁₀ | 0.104 ± 0.012 | | | |
| | | 5 day | V ₁₀ | 0.089 ± 0.009 | | | |
| | | 1 day | V ₁₀ | 0.115 ± 0.03 | | | |
| | | 5 days | V ₁₀ | 0.097 ± 0.016 | | | |
| Fernandez ²¹ | Iberian | 5 - 205 days | LI | 0.106-0.189 | 0.052-0.044 | 0.245-0.154 | 0.053-0.144 |
| | | | aVF | 0.103-0.20 | 0.051-0.044 | 0.088-0.064 | 0.051-0.155 |
| | | | V ₁₀ | 0.093-0.206 | 0.048-0.046 | 0.146-0.201 | 0.047-0.16 |
| | Duroc | 5 - 205 days | LI | 0.104-0.185 | 0.055-0.042 | 0.169-0.15 | 0.05-0.140 |
| | | | aVF | 0.096-0.193 | 0.053-0.042 | 0.137-0.062 | 0.043-0.148 |
| | | | V ₁₀ | 0.093-0.204 | 0.049-0.046 | 0.138-0.196 | 0.044-0.158 |
| Rubio et al. ⁴⁷ | Landrace × Belgian White | 2 years | LI | 0.192 ± 0.080 | 0.049 ± 0.007 | 0.162 ± 0.145 | 0.173 ± 0.026 |
| | | aVF | 0.234 ± 0.025 | 0.046 ± 0.007 | 0.045 ± 0.037 | 0.184 ± 0.028 | |
| | | V ₁₀ | 0.228 ± 0.021 | 0.053 ± 0.009 | 0.286 ± 0.020 | 0.175 ± 0.020 | |

shows the terminal depolarization of the middle and basilar sections of the interventricular septum in the apical-basilar direction. Between these two depolarization fronts the activation of the greatest part of the mass of both ventricles is generated in a single burst of activity. This produces an enormous amount of fronts at the same time and in different directions, which causes a great cancellation, making the activation of these regions electrocardiographically silent and giving rise to a low voltage in the waves making up the QRS complex in its electrocardiographic records.^{11,65}

Furthermore, it has been reported that the voltage of the QRS complex undergoes alterations due to the size of the thorax, age, sex, breed,⁷¹⁻⁷³ because of changes in the electrolytic composition of the medium⁷⁴ and according to the lead used.^{11,21,75}

de actividad, produciéndose una enorme cantidad de frentes al mismo tiempo y en distintas direcciones, lo que ocasiona una gran cancelación, haciendo que la activación de estas regiones sea electrocardiográficamente silenciosa y dando lugar a un bajo voltaje de las ondas integrantes del complejo QRS en sus trazados electrocardiográficos.^{11,65}

Por otra parte, se ha señalado que el voltaje del complejo QRS sufre alteraciones, debidas al tamaño del tórax, edad, sexo, raza,⁷¹⁻⁷³ por cambios en la composición electrolítica del medio⁷⁴ y según la derivación utilizada.^{11,21,75}

Con respecto a la edad, Feldman et al.⁷⁶ observaron en el hombre un mayor voltaje de QRS durante las primeras horas de vida, que desciende durante la primera semana de vida. En ovejas Merino Precoz de 1 día a 1 año de edad, se han detectado los valores de voltaje

**Cuadro 7**

VALORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS (X) OBTENIDOS EN NUESTROS REGISTROS ELECTROCARDIOGRÁFICOS, PARA LA ONDA DE RECUPERACIÓN VENTRICULAR DOBLE (ONDA T) EN CERDOS DE DISTINTAS RAZAS Y DIVERSAS CONDICIONES
 MINIMUM AND MAXIMUM VALUES (X) OBTAINED IN OUR STUDIES FOR BOTH TWO COMPONENTS (T₁ AND T₂) OF THE VENTRICULAR RECUPERATION WAVE (T-WAVE) IN PIGS OF DIFFERENT BREEDS AND UNDER DIVERSE CONDITIONS.

| Author | Breed | Age | Lead | T ₁ wave (s) | T ₂ wave (s) | T ₁ wave (mV) | T ₂ wave (mV) |
|-----------------------------|---|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Rubio et al. ¹⁰⁰ | Landrace × Belgian White | 1 day - 6 months | LI | 0.025-0.046 | 0.034-0.053 | 0.025-0.105 | 0.050-0.100 |
| | | | aVF | 0.020-0.040 | 0.032-0.040 | 0.025-0.065 | 0.05-0.108 |
| Ibañez ⁸² | Landrace × Belgian White (Exercised) | 2 - 5.5 months | LI | 0.050-0.080 | 0.020-0.050 | -0.100- -0.325 | 0.100 |
| | | | aVF | 0.060 | 0.085 | -0.050- -0.175 | 0.050-0.100 |
| | | | V ₁₀ | 0.050 | 0.050 | 0.050-0.100 | -0.050- -0.125 |
| | Landrace × Belgian White (Non-exercised) | 2 - 5.5 months | LI | 0.040-0.050 | 0.030-0.070 | -0.100-0.025 | -0.075-0.1 |
| | | | aVF | 0.115 | 0.055 | -0.100 | 0.075 |
| Fernandez ²¹ | Iberian | 5 - 205 days | LI | 0.020-0.027 | 0.020-0.026 | 0.045-0.066 | 0.042-0.069 |
| | | | aVF | 0.03-0.04 | 0.02-0.025 | 0.017-0.05 | 0.025-0.1 |
| | Duroc | 5 - 205 days | LI | 0.013-0.040 | 0.023-0.03 | 0.025-0.058 | 0.05-0.079 |
| | | | aVF | 0.02-0.025 | 0.02-0.026 | 0.017-0.05 | 0.025-0.1 |
| | | | V ₁₀ | 0.050-0.060 | 0.040-0.050 | -0.025-0.050 | 0.025- -0.050 |
| Rubio et al. ⁴⁷ | Landrace × Belgian White | 2 years | LI | 0.025 | 0.03 | 0.150 | 0.1 |
| | | | aVF | 0.02±0.005 | 0.035±0.009 | 0.025 | 0.058 |

With respect to age, Feldman et al.⁷⁶ observed in humans a higher voltage of QRS during the first hours of life, which decreases during the first week of life. In Merino Precoz sheep from 1 day to 1 year of age, lower voltage values were detected in 1-year-old individuals in all of the leads used (I, aVF and V₁₀); throughout this period a gradual decrease was noted, mainly between 1 and 2 months of age.⁶⁸ This suggests that in young individuals the higher voltage is the result of a smaller body volume, which confirms that the magnitude of the voltage at a given point is a function of the distance to the activation front.^{77,78} In the three leads analyzed (LI, aVF and V₁₀) in Landrace x White Belgian pigs,⁶⁵ and only in V₁₀ lead for Duroc pigs,²¹ an increase in the voltage is observed with physical maturation. This indicates that, with the increase in thickness of the left ventricular myocardium being produced after birth, a fact demonstrated in other species,^{79,80} some epicardial zones free from Purkinje fibers remain, so that the number of uncanceled dipoles increases and, therefore, so does the voltage of the ventricular complex.¹¹

In black-coated Iberian and Duroc pigs,²¹ the ventricular complex exhibits a decrease in the voltage in leads I and aVF as age increases, which could be due to an increase in the degree of cancellation produced by a greater development of the Purkinje system and

más bajos en individuos de 1 año, en cualquiera de las derivaciones utilizadas (I, aVF y V₁₀); a lo largo de este periodo se aprecia un descenso gradual, fundamentalmente entre 1 y 2 meses de edad.⁶⁸ Esto sugiere que en los individuos jóvenes, el mayor voltaje es el resultado de un menor volumen corporal, con lo cual se confirma que la magnitud de voltaje en un punto dado es función de la distancia al frente de activación.^{77,78} En las tres derivaciones analizadas (DI, aVF y V₁₀) en cerdos Landrace × B. Belga,⁶⁵ y sólo en V₁₀ para cerdos de la raza Duroc,²¹ se observa un aumento de voltaje con la maduración física, lo que indica que, al producirse el incremento en grosor del miocardio ventricular izquierdo tras el nacimiento, hecho demostrado en otras especies,^{79,80} quedarían algunas zonas epicardiales libres de fibras de Purkinje, con lo cual aumenta el número de dipolos no cancelados y, por lo tanto, el voltaje del complejo ventricular.¹¹

En cerdos de capa oscura de raza Ibérica y Duroc,²¹ el complejo ventricular exhibe una disminución del voltaje en las derivaciones I y aVF a medida que aumenta la edad, que podría deberse a un aumento en el grado de cancelación producido por un mayor desarrollo del sistema de Purkinje, lo que supondría una reducción de la suma algebraica de los dipolos no cancelados.¹¹



would signify a reduction in the algebraic sum of the uncanceled dipoles.¹¹

A study of the voltage of the ventricular complex (Tables 3 and 4) can be made by analyzing each wave independently, or by considering the total voltage of the complex, whose resulting value will be the sum of the waves integrating it.

With regard to the voltage of each of the waves making up the ventricular complex, there is certain discrepancy between the values supplied by most of the authors, as well as differences between leads. It should be mentioned that all the data analyzed in relation to the voltage of the S-wave in the pig, coincide with the total absence of this wave in lead V_{10} , and it appears with little frequency and a low voltage in lead I.

Morphology of the QRS complex

The QRS complex presents different morphologies according to which waves are observed in it.¹² The morphology of the QRS complex varies within individuals of the same species, and even within one individual from one moment to another. This variability could be attributed to the absolute or relative changes in the direction of the vectors representing the depolarization waves going through the heart.¹¹

Hamlin and Scher⁸¹ have attributed diverse morphologies of the ventricular complex in the limb leads (LI and aVF) to differences in the anatomical position of the heart inside the thorax, to the alterations in the lead axis (changes in the position of the thoracic limbs) and, finally, to differences in ventricular activation according to the animal species. Moreover, some authors,^{21,70,82} in LI and aVF of various breeds of pigs, have observed that the oldest individuals display less variability in ventricular complex morphology, which could be attributed to a greater development of the Purkinje system with physical maturation. This would cause a greater cancellation and to the disappearance of waves, which would diminish the number of different morphologies for the ventricular complex.

Smith et al.¹¹ demonstrated the effect of the position of the heart inside the thorax on the configuration of the ventricular complex. They compared the electrocardiograms of animals belonging to the same electrocardiographic category, but with the heart in a different position. Thus, in cows, sheep, goats and horses the heart position is similar since hardly any differences were found between them. However, differences do exist in pigs, in which the cardiac base is located at a more cranial than dorsal point, the opposite of that observed in the other species cited. In spite of this, there are no profound studies on the variations in

El estudio del voltaje del complejo ventricular (Cuadros 3 y 4) se puede efectuar analizando cada onda independientemente, o bien, considerando el voltaje total del complejo cuyo valor resultante será la suma de las ondas que lo integran.

En relación con el voltaje de cada una de las ondas que componen el complejo ventricular, existe una cierta discrepancia entre los valores aportados por la mayoría de los autores, además de las diferencias que existen entre derivaciones. Hay que destacar que todos los datos analizados en relación con el voltaje de la onda S en el cerdo, coinciden con la total ausencia de ésta en la derivación V_{10} , y aparece con escasa frecuencia y bajo voltaje en la derivación I.

Morfología del complejo QRS

El complejo QRS presenta diferentes morfologías, según sean las ondas observadas en él.¹² La morfología del complejo QRS varía dentro de individuos de la misma especie e incluso dentro de un mismo individuo de un momento a otro. Esta variabilidad podría atribuirse a los cambios absolutos o relativos en la dirección de los vectores que representan las ondas de despolarización que atraviesan el corazón.¹¹

Hamlin y Scher⁸¹ han atribuido diversas morfologías del complejo ventricular en las derivaciones de los miembros (DI y aVF) a las diferencias en la posición anatómica del corazón en el interior del tórax, a los cambios en el eje de la derivación (cambios en la posición de los miembros torácicos) y finalmente a las diferencias en la activación ventricular según la especie animal. Además, algunos autores^{21,70,82} han observado, en DI y aVF de diversas razas de cerdos, que los individuos de más edad ostentan una menor variabilidad en la morfología del complejo ventricular, que podría atribuirse a un mayor desarrollo del sistema de Purkinje con la maduración física, lo que daría lugar a una mayor cancelación y a la desaparición de ondas, con lo cual disminuiría el número de morfologías para el complejo ventricular.

Smith et al.¹¹ demostraron el efecto de la posición del corazón en el interior del tórax sobre la configuración del complejo ventricular. Compararon los electrocardiogramas de animales que pertenecen a la misma categoría electrocardiográfica, pero con diferente posición del corazón. Así, en vaca, oveja, cabra y caballo, la posición cardíaca es similar, ya que apenas se encontraron diferencias entre ellas. Sin embargo, sí existen diferencias en el cerdo, en el que la base cardíaca se encuentra situada en un punto más craneal que dorsal, al contrario que las otras especies antes mencionadas. A pesar de ello, no existen estudios profundos de las variaciones en la posición cardíaca y su influencia sobre los electrocardiogramas de los animales domésticos.

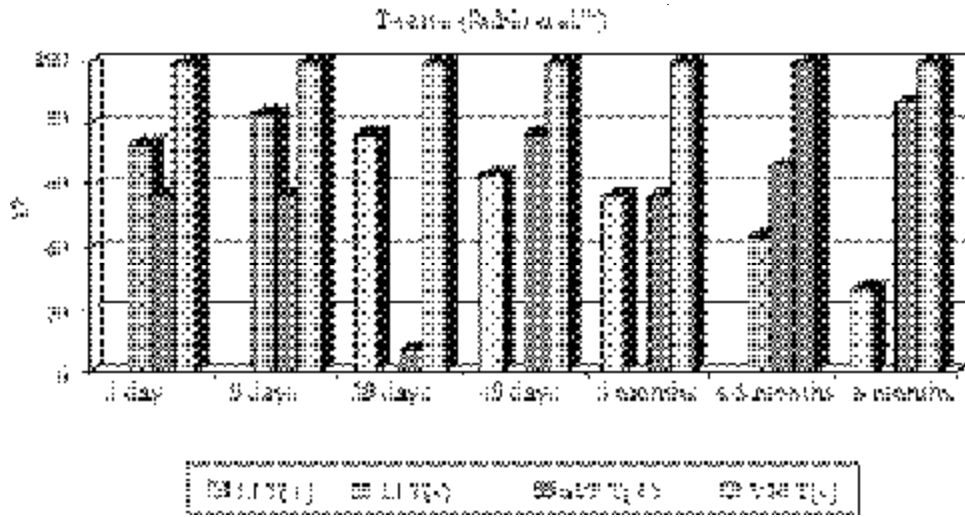


Figura 4. Morfologiapredominante para la onda de recuperación ventricular (onda T) en cerdos Landrace x B. Belga a distintas edades y en las tres derivaciones analizadas. Predominant morphology for ventricular recuperation wave (T-wave) in Landrace x White Belgian pigs at different ages and in three leads analyzed.

cardiac position and its influence on the electrocardiograms of domestic animals.

Sawazaki et al.,⁴³ in a comparative electrocardiographic study of the morphology of the ventricular complex waves in vertebrates, reveal that the morphology of the QRS complex waves in these animals is modified by the interrelation between the position of the electrodes and the location of the heart in the thoracic cavity. Dukes and Szabuniewicz,⁴⁰ upon studying the possible changes presented by the electrocardiogram in pigs in different body positions, report that there are no changes in pigs which are standing or lying on the left or right side. However, modifications do appear when the animals are placed in a supine position, especially in the morphology of the QRS complex. They therefore consider that the ventricular complex in leads I and V_{10} is predominantly biphasic since 24 of the 25 individuals studied showed a qR type morphology, although in lead aVF the configuration was predominantly of the qRs type.

In laboratory piglets, Larks et al.⁵⁸ found qRS and qR complex types in leads aVF and V_{10} , respectively. Also in laboratory piglets, Hamlin et al.,⁴⁵ in the X axis lead, recorded a qRs type morphology, but with great variability given that the S-wave appeared in 56% of cases. In the Y axis lead a qRS type configuration was generally seen but the q-wave appeared in 63% of cases, while the S-wave lasted longer and had a higher voltage than the R-wave. In the Z axis lead, the complex always presented qR type morphology with an R-wave with a higher voltage and longer duration than the q-wave.

Ohi et al.⁴² found that the complexes in pigs are predominantly triphasic: in lead A-B (Apex-Base) they are the qRS type; in lead 3 (LI) they are of the qrs type; and in leads 7 (LII) and 8 (LIII) they are of the qRs type.

También Sawazaki et al.⁴³ en un estudio electrocardiográfico comparativo de la morfología de las ondas del complejo ventricular en vertebrados, revelan que la morfología de las ondas del complejo QRS en dichos animales está modificada por la interrelación que existe entre la posición de los electrodos y la localización del corazón en la cavidad torácica. Dukes y Szabuniewicz,⁴⁰ al estudiar los posibles cambios que puede presentar el electrocardiograma de cerdos en distintas posiciones corporales, afirman que no existen cambios en cerdos de pie, tendidos sobre el lado derecho o izquierdo; sin embargo, sí aparecen modificaciones cuando los animales se colocan en la posición supina, sobre todo en la morfología del complejo QRS. Por lo tanto, consideran que el complejo ventricular en las derivaciones I y V_{10} es predominantemente difásico ya que 24 de los 25 individuos estudiados presentaron una morfología de tipo qR; sin embargo, en la derivación aVF, la configuración es predominantemente de tipo qRs.

En cerditos de laboratorio, Larks et al.⁵⁸ encontraron los tipos de complejos qRS y qR en las derivaciones aVF y V_{10} , respectivamente. También en cerditos de laboratorio, Hamlin et al.⁴⁵ en la derivación de eje X registraron una morfología de tipo qRs, pero con una gran variabilidad, ya que la onda S aparece en el 56% de los casos. En la derivación de eje Y, se muestra una configuración de tipo qRS generalmente, pero la onda q aparece en el 63% de los casos, mientras que la onda S es más duradera y de mayor voltaje que la onda R. En la derivación de eje Z, el complejo presenta siempre la morfología de tipo qR, con una onda R de bastante mayor voltaje y duración que la onda q.

Ohi et al.⁴² encontraron que los complejos en el cerdo son predominantemente trifásicos; en la derivación A-B (Apex-Base) son de tipo qRS; en la derivación 3 (DI), qrs y en la derivación 7 (DII) y 8 (DIII), de tipo qRs. Pero

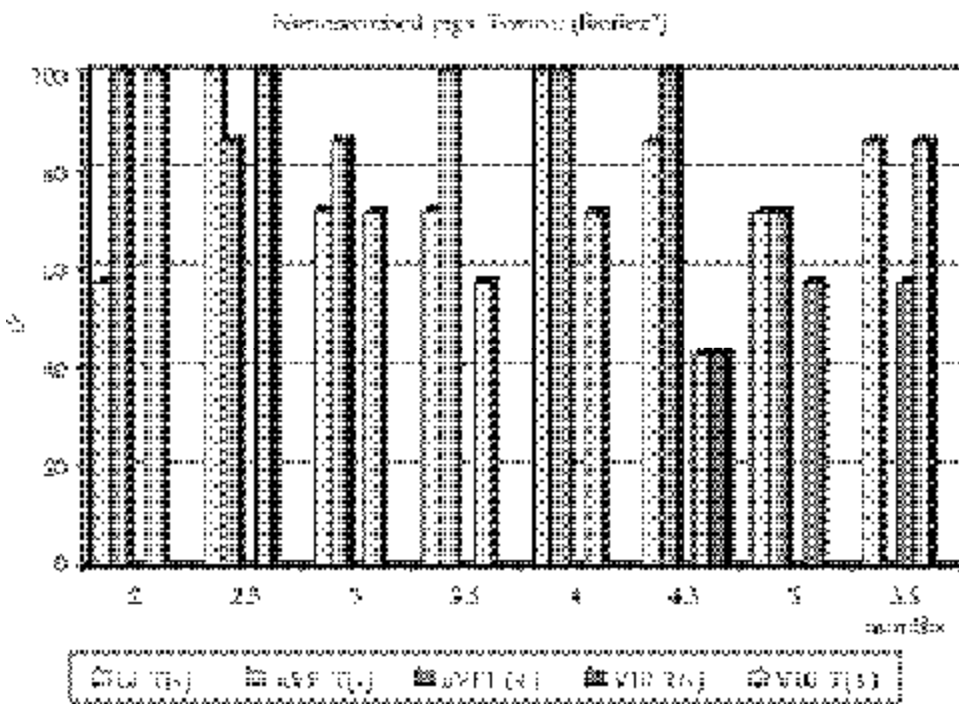
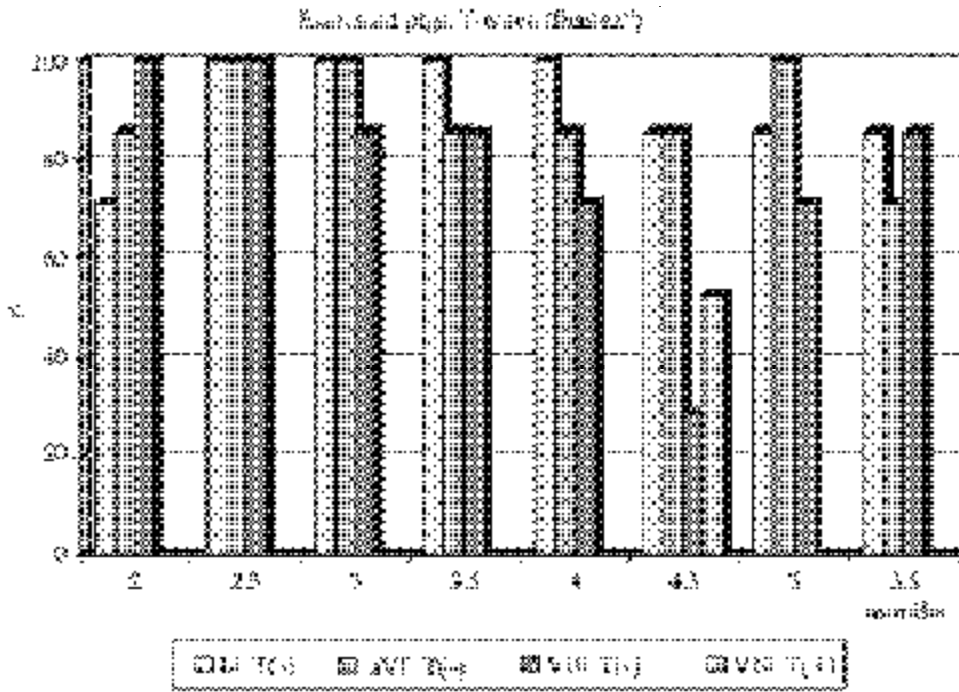


Figura 5. Morfología predominante para la onda de recuperación ventricular (onda T) en cerdos Landrace x B. Belga a distintas edades y en las tres derivaciones analizadas.

Predominant morphology for the ventricular recuperation wave (T-wave) in Landrace x White Belgian pigs at different ages and in three leads analyzed.

But these same authors,⁴⁴ in another study on pigs, showed that the configuration is above all biphasic, rS type in A-B and LIII, qR in LI, and qRs in LII.

In covering the anatomy of pigs, Nakano⁴¹ recorded the QR and QS types in the transitional area; qR and R type configurations predominated in the dorsal area, while, in the ventral area, a greater number of rS and QR types were seen.

estos mismos autores⁴⁴ muestran en otro estudio sobre el cerdo que la configuración es sobre todo difásica de tipo rS en A-B y DIII, qR en DI y qRs en DII.

Al recorrer la anatomía del cerdo, Nakano⁴¹ registra los tipos QR y QS en la zona transicional; en el área dorsal, predominan las configuraciones de tipo qR y R, mientras que en el área ventral se muestra un mayor número de los tipos rS y QR.

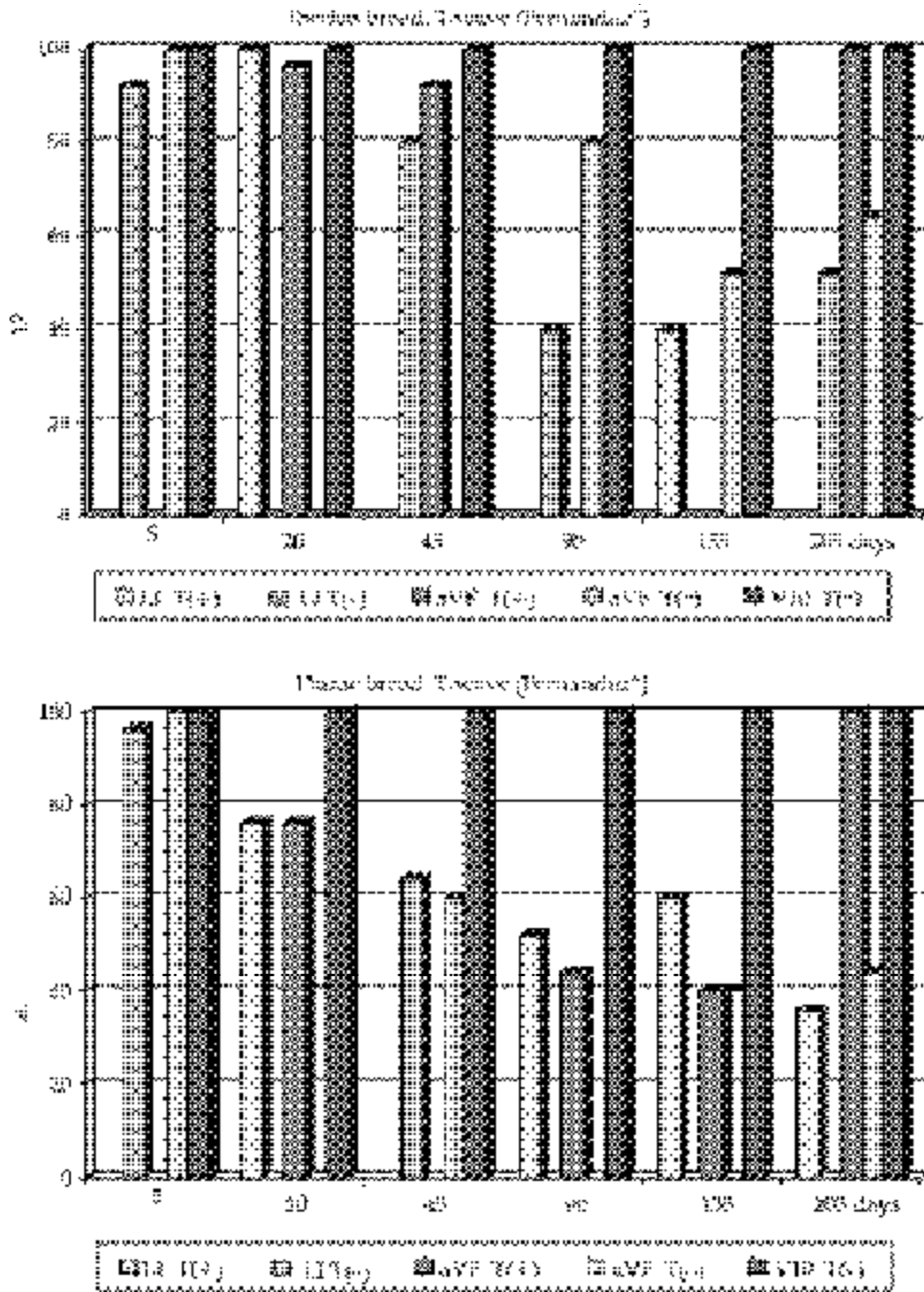


Figura 6. Morfología predominante para la onda de recuperación ventricular (onda T) en cerdos de capa oscura a distintas edades y en las tres derivaciones analizadas. Predominant morphology for ventricular recuperation wave (T-wave) in dark coat pigs at different ages and in three leads analyzed.

Ranucci and Ranucci⁴⁶ observed great variability in all leads: thus, in LI a qr, and fundamentally positive biphasic type complex prevailed; in LII, LIII and aVF the complex was triphasic and corresponded mainly to the qRS and qrS configurations; in aVR, it was of rsr' and rsR' types; while in aVL the complex was biphasic of qR or QR type.

Rubio et al.⁷⁰ also recorded great morphological variability in leads I and aVF. In LI the QRS complex was seen under twelve different configurations, in which type qr predominated, with a degree of incidence

Ranucci y Ranucci⁴⁶ observan una gran variabilidad en todas las derivaciones, así, en DI prevalece el complejo difásico de tipo qr y fundamentalmente positivo; en DII, DIII y aVF, el complejo es trifásico y responde fundamentalmente a las configuraciones qRS y qrS; en aVR de rsr' y rsR'; en cambio, en aVL, el complejo es difásico de tipo qR o QR.

Igualmente, Rubio et al.⁷⁰ registraron una gran variabilidad morfológica en las derivaciones I y aVF. En DI el complejo QRS se muestra bajo doce configuraciones distintas, en las que predomina la de tipo qr, con un grado de incidencia que va desde el 23.33% (4.5 meses) al 59.99%

ranging from 23.33% (4.5 months) to 59.99% (1 and 5 days and 6 months). In lead aVF, 12 different configurations also appeared, with an absolute predominance of qrs. In V_{10} three different types of morphology can be observed: qr, qR and R. The qr configuration had an absolute predominance in individuals of 1 to 5 days, type qR predominated over qr in individuals of 20 days to 6 months, while the type R configuration was only recorded in 6-month-old individuals.

Ibañez⁸² also found a great variability in the ventricular complex morphology in the limb leads compared to the great uniformity in lead V_{10} . This author observed, in LI, 16 different models of the QRS complex with a predominance of the biphasic complexes over the qR type triphasic and tetraphasic ones. In aVF he observed 17 different configurations, in which the tetraphasic prevailed over the type qRsr' biphasic and triphasic ones. In V_{10} , the complexes were mostly qR type, followed in a lower proportion by R type complexes.

In a comparative study made on Iberian and Duroc pigs of 5 to 205 days of age, Fernandez,²¹ as well as the previous authors, highlighted the morphological uniformity in lead V_{10} compared to the variability shown in the limb leads. But in this case, the variability found was less than that shown in white-coated pigs. In lead I the qrs configuration predominated from 90 days on in the Iberian breed, and in practically all ages of the Duroc breed the configuration type was qr. For aVF, in both breeds, the predominant type was qr in all age groups except at 45 days for the Iberian breed of pigs, where it was qrs. In lead V_{10} , in the Iberian and Duroc breeds, it was observed that in the youngest individuals the predominant configuration was qr, changing progressively to qR with physical maturation. In the Iberian pigs, the predominance of type qR was noted from 45 days onwards and became absolute from 90 days of age; unlike the Duroc pigs in which the qr and qR configurations were recorded in all the age groups analyzed, with the qR type predominating from 135 days on.

In Landrace x White Belgian female pigs of 2 years of age, Rubio et al.,⁴⁷ upon analyzing the configuration of the waves comprising ventricular depolarization, found that qr type predominated in LI and aVF and that, conversely, in V_{10} the qR configuration was greater.

Finally, Callaway et al.⁸³ attempted to establish a new parameter (the scaling exponent) for the study of the diverse morphologies of the ventricular activation complex.

Electrical ventricular repolarization (ST Interval)

In a study during the neonatal period (1-5 days) in Landrace x White Belgian and Landrace x Duroc

(1y 5 días y 6 meses). En la derivación aVF, también aparecen 12 configuraciones distintas, con un predominio absoluto del tipo qrs. En V_{10} , se pueden observar tres tipos de morfologías distintas qr, qR y R. La configuración de tipo qr tiene un predominio absoluto en individuos de 1 a 5 días, la de tipo qR predomina sobre qr en individuos de 20 días a 6 meses, mientras que la configuración de tipo R sólo se registra en individuos de 6 meses.

Ibañez⁸² también encontró una gran variabilidad en la morfología del complejo ventricular en las derivaciones de los miembros, frente a la gran uniformidad en la derivación V_{10} . Este autor observa en DI, 16 modelos diferentes del complejo QRS, con predominio de los complejos difásicos sobre los trifásicos y cuatrifásicos de tipo qR. En aVF, observa 17 configuraciones distintas, en las que prevalecen las cuatrifásicas sobre los difásicos y trifásicos de tipo qRsr'. En V_{10} , los complejos son de tipo qR en su mayoría, seguidos en una menor proporción por complejos de tipo R.

En un estudio comparado realizado en cerdos de las razas Ibérica y Duroc de 5 a 205 días de edad, Fernández,²¹ al igual que los autores anteriores, destaca la uniformidad morfológica en la derivación V_{10} frente a la variabilidad que ostentan las derivaciones de los miembros. Pero en este caso, la variabilidad encontrada es menor a la mostrada en cerdos de capa blanca. En la derivación I, predomina la configuración qrs a partir de los 90 días de edad en la raza Ibérica, y en prácticamente todas las edades de la raza Duroc el tipo es qr. Para aVF, de ambas razas, el tipo predominante es qr en todos los grupos de edad, salvo a los 45 días de los cerdos de raza Ibérica, que es qrs. En la derivación V_{10} , de las razas de cerdos Ibérica y Duroc, se observa que en los individuos más jóvenes, la configuración que predomina es qr, pasando progresivamente a qR con la maduración física. En los cerdos Ibéricos, el predominio del tipo qR se aprecia a partir de los 45 días y pasa a ser absoluto desde los 90 días de edad; a diferencia de los cerdos Duroc, en los que se registran las configuraciones qr y qR en todos los grupos de edad analizados; el tipo qR predomina a partir de los 135 días.

En cerdas Landrace x B. Belga de 2 años de edad, Rubio et al.⁴⁷ al analizar la configuración de las ondas que comprenden la despolarización ventricular, encontraron que el tipo qr predomina en DI y aVF, por el contrario, en V_{10} , la configuración del tipo qR es mayor.

Por último, Callaway et al.⁸³ trataron de establecer un nuevo parámetro (The scaling exponent) para el estudio de las diversas morfologías del complejo de activación ventricular.

Repolarización eléctrica ventricular (Intervalo ST)

En un estudio durante el periodo neonatal (1-5 días) en las razas Landrace x B. Belga y Landrace x Duroc

Jersey breeds, Rubio et al.⁸⁴ recorded a decrease in the duration of the ST interval when reaching 5 days of age. On the contrary, Fernández,²¹ in black-coated pigs (Iberian and Duroc breeds) of 5 to 205 days of age, observed an increase in the duration of the ST interval, with physical maturation (Table 6).

T-wave

The T-wave is the deflection of the electrocardiographic trace produced by ventricular repolarization, a slow process compared to depolarization.⁸⁵ This deflection is highly variable since the recuperation process is very versatile and can be modified under certain circumstances such as hypoxia, metabolic alterations, electrolytic disturbances, muscle work, stress, etc.⁸⁶⁻⁹⁰

Mazue et al.,⁹¹ indicate that the variations in the T-wave are numerous and cannot be interpreted statistically. Only a correct study of the evolution of the electrocardiographic outlines, seriated and under standard conditions can permit correct conclusions to be reached.

Duration of the T-wave

With regard to the duration of the T-wave (Tables 5, 6 and 7), very few authors reflect any data on this aspect. Some of the authors consulted have observed that as the animal's age increases, an increase is produced in the duration of the T-wave in some species such as the pig^{64,65} and sheep.^{92,93} Conversely, in Iberian and Duroc²¹ pig breeds and in bovines⁹⁴ a decrease was recorded in the duration of the T-wave in the oldest individuals. Oliveira-Dantas¹⁸ showed the lack of influence of physical maturation on ventricular repolarization in Precoz Merino sheep.

Voltage of the T-wave

The voltage of the T-wave seems to be influenced by the physical maturation of the animal. In laboratory pigs of different ages⁴⁰ and in Landrace × White Belgian pigs of 1 day to 6 months of age^{34,82} an increase was noted in the voltage of the T-wave as the animal's age increased, although Fujiwara et al.⁶⁴ did not find any significant changes with age in pigs. However, in black-coated pigs²¹ a decrease in the voltage of the T-wave was recorded with physical maturation, when limb leads (LI and aVF) were used in Iberian breed pigs, and aVF and V₁₀ were used in Duroc pigs; this decrease coincides with that recorded in ruminants,^{67,92-95} dogs^{23,30} and horses.⁹⁶

Wite⁹⁷ affirms that in the dog, changes in the T-wave could be caused by the elevation of the diaphragm, and

Jersey, Rubio et al.⁸⁴ registraron una disminución de la duración del intervalo ST al alcanzar los 5 días de edad. En cambio, Fernández,²¹ en cerdos de capa oscura (razas Ibérica y Duroc) de 5 a 205 días de edad, evidencia un aumento de la duración del intervalo ST, con la maduración física (Cuadro 6).

Onda T

La onda T es la deflexión del trazado electrocardiográfico producida por la repolarización ventricular, proceso lento comparado con la despolarización.⁸⁵ Esta deflexión es muy variable, ya que el proceso de recuperación es muy versátil y puede modificarse con determinadas circunstancias como hipoxia, alteraciones metabólicas, disturbios electrolíticos, trabajo muscular, estrés, etc.⁸⁶⁻⁹⁰

Mazue et al.,⁹¹ indican que las variaciones de la onda T son numerosas, y no pueden ser interpretadas estadísticamente. Sólo el correcto estudio de la evolución de los trazados electrocardiográficos, de forma seriada y en condiciones estándar, pueden permitir sacar conclusiones certeras.

Duración de la onda T

En cuanto a la duración de la onda T (Cuadros 5, 6 y 7) son muy pocos los autores que reflejan datos al respecto. Algunos de los autores de la bibliografía consultada han observado que a medida que aumenta la edad del animal, se produce un incremento en la duración de la onda T en algunas especies como el cerdo^{64,65} y los ovinos.^{92,93} En cambio, en cerdos de raza Ibérica y Duroc²¹ y bovinos,⁹⁴ se registra una disminución de la duración en la onda T en los individuos de más edad. Oliveira-Dantas¹⁸ muestra la falta de influencia de la maduración física sobre la repolarización ventricular en ovinos merino precoz.

Voltaje de la onda T

El voltaje de la onda T parece estar influido por la maduración física del animal. En cerdos de laboratorio de distinta edad⁴⁰ y en cerdos Landrace × B.Belga de 1 día a 6 meses de edad^{34,82} aprecian un aumento de voltaje de la onda T al aumentar la edad del animal, en cambio Fujiwara et al.,⁶⁴ no encontraron cambios significativos con la edad en cerdos. Sin embargo, en cerdo de capa oscura²¹ se registra un descenso en el voltaje de la onda T con la maduración física, cuando se utilizan las derivaciones de los miembros (DI y aVF) en los cerdos de raza Ibérica y en aVF y V₁₀ en los cerdos de raza Duroc; este descenso coincide con el registrado en rumiantes,^{67,92-95} perro^{23,30} y caballo.⁹⁶

Wite⁹⁷ afirma que en el perro, los cambios de la onda T podrían producirse por la elevación del diafragma, y

in turn verifies that the influences of the autonomous nervous system, especially the sympathetic system, originate tachycardias with a decrease in the voltage of the T-wave, as contrasted by the increase in its height when there is clear vagal predominance.

The values consulted in the literature (Tables 5, 6 and 7) differ considerably among the authors studied, given that it is a highly variable wave that is greatly influenced by numerous factors.

Morphology of the T-wave

The morphology of the T-wave is determined by the repolarization pathways and by the uncanceled dipoles that they generate.¹¹ It presents great variability and among the factors having the greatest influence on the configuration of the T-wave are plasma levels of K^+ , Na^+ , Ca^{++} and Mg^{++} .^{27,86}

Upon observing the passage from a simple to a biphasic wave, Tilley¹² reported that this modification was induced by circulating catecholamines, by hypocalcaemia and by an increase in the sympathetic discharge.

The morphology of the T-wave is also influenced by the electrocardiographic lead used for its measurement. Thus, in the limb leads greater variability is shown¹¹ and it seems that the position of the thoracic limbs is a determining factor in the configuration of the T-wave.^{25,69} For this reason, Seller et al.⁹⁸ and Grauwiler⁹⁹ established the use of leads in which the electrodes were placed on the thorax, so as to eliminate the possible influence of the position of the limbs on the configuration of the T-wave. Steel⁶⁹ also proposed the same recording method and situated the explorer electrode at approximately 5 cm caudally to the elbow, with more constant results. In pigs, the T-wave, in the limb leads, also presents great variability in shape and polarity from one individual to another.^{32,40}

In 43 crossbred Yorkshire \times Hampshire \times Duroc pigs aged 2 to 4 months old, Dukes and Szabuniewicz⁴⁰ placed the electrodes on the thorax so as to, in some measure, prevent the influence of the position of the thoracic limbs, but in spite of doing this they found great variability. In lead I, these authors showed predominantly negative but some positive T-waves. In aVF and V_{10} all the T-waves were negative, with the exception of three in aVF. In leads II and III positive or biphasic type (+/-) T waves were obtained, in aVR the waves were positive and negative in the same proportion, with a few biphasic type (+/-) waves, while in aVL the majority of the waves were negative with a small percentage of positive waves.

In Landrace \times Berkshire pigs of 7 months of age, Nakano⁴¹ explored the whole anatomy of the animal

a su vez comprueba que las influencias del sistema nervioso autónomo, sobre todo del simpático, originan taquicardias con un descenso en el voltaje de la onda T, en contraste con el incremento de su altura cuando existe un claro predominio vagal.

Los valores consultados en la bibliografía (Cuadros 5, 6 y 7) difieren considerablemente entre los autores estudiados, por ser una onda altamente variable y muy influenciada por numerosos factores.

Morfología de la onda T

La morfología de la onda T está determinada por las vías de repolarización y por los dipolos no cancelados que ellas generan.¹¹ Presenta una gran variabilidad y entre los factores que tienen mayor influencia sobre la configuración de la onda T están los niveles plasmáticos de K^+ , Na^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .^{27,86}

Al observar el paso de onda simple a difásica, Tilley¹² puso de manifiesto que tal modificación era inducida por las catecolaminas circulantes, la hipocalcemia y el aumento de descarga simpática.

La morfología de la onda T también se encuentra influida por la derivación electrocardiográfica empleada para su registro. De este modo, en las derivaciones de los miembros se muestra una mayor variabilidad¹¹ y parece que la posición de los miembros torácicos es un factor determinante en la configuración de la onda T.^{25,69} Por ello, Seller et al.⁹⁸ y Grauwiler⁹⁹ establecieron el empleo de derivaciones en las que los electrodos se colocaban en el tórax, para eliminar la posible influencia de la posición de los miembros sobre la configuración de la onda T. Steel⁶⁹ propuso también el mismo método de registro, y sitúa el electrodo explorador unos 5 cm caudalmente al codo, con resultados más constantes. En el cerdo, la onda T también presenta en las derivaciones de los miembros, una gran variabilidad en la forma y polaridad de un individuo a otro.^{32,40}

En 43 cerdos cruzados Yorkshire \times Hampshire \times Duroc de 2 a 4 meses de edad, Dukes y Szabuniewicz⁴⁰ colocaron los electrodos en el tórax para eliminar de alguna manera la influencia de la posición de los miembros torácicos, pero a pesar de ello encontraron una gran variabilidad. En la derivación I, estos autores muestran ondas T predominantemente negativas y algunas positivas. En aVF y V_{10} , todas las ondas T fueron negativas, con excepción de tres en aVF. En las derivaciones II y III se obtuvieron ondas T positivas o difásicas de tipo (+/-), en aVR se presentan las ondas positivas y negativas en igual proporción, con escasas ondas difásicas de tipo (+/-), mientras que en aVL, la mayoría de las ondas son negativas con un pequeño porcentaje de ondas positivas.

En cerdos Landrace \times Berkshire de 7 meses de edad, Nakano⁴¹ exploró toda la anatomía del animal mediante derivaciones bipolares y establece que en la región ventral se registra un mayor porcentaje de ondas T positivas, un

by means of bipolar leads and established that in the ventral region a higher percentage of positive T-waves was recorded, in the dorsal region there were a greater number of negative waves and, in addition, biphasic type (+/-) waves were found in the transitional region. In lead A-B he obtained 95% positive waves; however, in the limb leads there were as many positive as negative waves, without the existence of a clear predominance of one configuration over the other.

In Yorkshire × Landrace × Berkshire pigs of 7 months of age, Ohi et al.⁴² obtained positive T-waves in leads A-B, 1, 4, 5, 7 and 8, and negative T-waves in lead 3. These same authors in pigs of the same breed but at 3 years of age,⁴⁴ recorded 100% of positive T-waves in lead A-B, while in lead 3, 80% of them were negative, 17% were positive and only one wave was biphasic (+/-). In Large-White pigs of 28 to 116 days of age, Ranucci and Ranucci⁴⁶ recorded predominantly negative T-waves in leads I, aVR and aVL, and positive ones in leads LII, LIII and aVF.

In the A-B lead, Sawazaki et al.⁴³ studied the morphology of the T-wave in vertebrates comparatively and recorded only positive T-waves in Landrace pigs, ungulates and other mammals.

In laboratory piglets, Hamlin et al.⁴⁵ obtained 92% of negative T-waves in the X axis lead, 96% positive T-waves in the Y axis lead, and all negative waves in the Z axis lead. In the LI, aVF, and V₁₀ leads a clear predominance was observed of simple T-waves over double ones and these were always biphasic (+/-) or (+/-).^{47,71,82,100}

In Landrace × White Belgian pigs of 1 day to 6 months of age, Rubio et al.¹⁰⁰ recorded positive T-waves in all the groups of animals studied with a frequency ranging between 19.99% (1 and 5 days) and 79.99% (20 days), and negative waves between 16.66% (20 day) and 79.99% (5 days) in LI (Figure 4). In this lead, biphasic waveforms were observed; those of (+/-) type appeared in the 1-day-old (3.33%), 4.5 month-old (6.66%) and 6 month-old (16.66%) groups, while those of (+/-) type were observed in the groups of animals of 20 days (6.66%), 45 days (16.66%), 3 months (13.33%) and 4.5 months (13.33%) of age. In lead aVF the simple positive T-wave was seen with a frequency ranging between 49.99% (1 day) and 86.66% (6 months); the simple negative T-wave represented 13.33% (45 days) and 49.99% (1 day). The (+/-) biphasic wave type only appeared in individuals of 5 days and 4.5 months with a frequency of 3.33%, while the (+/-) type was found in all groups, except at 1-day-old, ranging between 3.33% (5 and 20 days) and 29.99% (4.5 months). Finally, in lead V₁₀, the morphology of the T-wave was always simple and negative.

mayor número de ondas negativas en la región dorsal y, además, ondas difásicas de tipo (+/-) en la zona transicional. En la derivación A-B obtiene un 95% de ondas positivas; sin embargo, en las derivaciones de los miembros muestra tantas ondas positivas como negativas, sin que exista un predominio claro de una configuración sobre la otra.

En cerdos Yorkshire × Landrace × Berkshire de 7 meses de edad, Ohi et al.⁴² obtuvieron ondas T positivas en las derivaciones A-B, 1, 4, 5, 7 y 8, y en la derivación 3, ondas T negativas. Estos mismos autores, en cerdos de la misma raza, pero con 3 años de edad,⁴⁴ registraron 100% de ondas T positivas en la derivación A-B, mientras que en la derivación 3, el 80% de ellas son negativas, el 17% positivas y sólo una onda es difásica de tipo (+/-).

En cerdos de 28 a 116 días de edad, Large-White, Ranucci y Ranucci⁴⁶ registraron ondas T predominantemente negativas en las derivaciones I, aVR y aVL y positivas en las derivaciones DII, DIII y aVF.

En la derivación A-B, Sawazaki et al.⁴³ estudiaron comparativamente la morfología de la onda T en vertebrados, y registraron sólo ondas T positivas en cerdos Landrace, ungulados y otros mamíferos.

En cerditos de laboratorio, Hamlin et al.⁴⁵ obtuvieron un 92% de ondas T negativas en la derivación de eje X, 96% de ondas T positivas en la derivación de eje Y, y en la derivación de eje Z todas resultan negativas.

En las tres derivaciones (DI, aVF, V₁₀) se ha observado un claro predominio de las ondas T simples sobre las ondas T dobles y éstas aparecen siempre difásicas de tipo (+/-) o (+/-).^{47,71,82,100}

En cerdos Landrace × B.Belga de 1 día a 6 meses de edad, Rubio et al.¹⁰⁰ registraron ondas T positivas en todos los grupos de animales estudiados, con una frecuencia que oscila entre 19.99% (1 y 5 días) y 79.99% (20 días), y negativas entre 16.66% (20 días) y 79.99% (5 días) en DI (Figura 4). En esta derivación, se observaron ondas difásicas; las de tipo (+/-) aparecen en los grupos de 1 día (3.33%), 4 meses y medio (6.66%) y a los 6 meses (16.66%), mientras que las de tipo (+/-) se observan en los grupos de animales de 20 días (6.66%), 45 días (16.66%), 3 meses (13.33%) y a los 4 meses y medio (13.33%). En la derivación aVF, la onda T simple positiva se presenta con una frecuencia que oscila entre 49.99% (1 día) y 86.66% (6 meses); la onda T simple negativa representa el 13.33% (45 días) y 49.99% (1 día). La onda difásica de tipo (+/-) sólo aparece en individuos de 5 días y 4.5 meses con una frecuencia de 3.33%, mientras que la de tipo (+/-) se encuentra en todos los grupos, excepto en el de 1 día de edad, oscilando entre 3.33% (5 y 20 días) y 29.99% (4.5 meses). Por último, en la derivación V₁₀, la morfología de la onda T es siempre simple y negativa.

En cerdas madres Landrace × B.Belga de 2 años de edad, Rubio et al.,⁴⁷ igualmente en V₁₀, encontraron un predominio absoluto de la onda T simple y negativa. En

In Landrace x White Belgian 2-year-old sows, Rubio et al.⁴⁷ found an absolute predominance of the simple negative T-wave in V_{10} . In LI, they obtained a predominance of simple negative T-waves and only one biphasic (+/-) T-wave; in aVF, the simple negative T-wave and the biphasic (+/-) type predominated, and only one simple positive T-wave was obtained.

On submitting Landrace x White Belgian pigs of 2 to 5.5 months of age to increasing exercise, Ibañez⁸², in LI, observed a clear predominance of simple negative T-waves followed by type (+/-) biphasic waves in four of the age groups studied, and type (+/-) waves in the 2-month-old group (Figure 5). In lead aVF, simple negative T-waves were also mainly observed, and, in a lower proportion, simple positive T-waves in two of the groups analyzed (3.5 and 4 months) and biphasic (+/-) type waves in the 4 and 5.5 month-old individuals. Finally, in lead V_{10} , there was also a clear predominance of the simple negative T-wave; simple positive T-waves and biphasic (+/-) type waves were also observed in a small proportion.

In Landrace x White Belgian pigs of 2 to 5.5 months of age, not submitted to physical exercise, a clear predominance of simple negative T-waves was observed in the leads analyzed (LI, aVF and V_{10}). In LI, five of the groups showed simple positive T-waves, with a frequency ranging between 14.3% and 28.4%, in aVF they only appear in two groups in a proportion of 14.3% (5 months) and 57.1% (5.5 months), and in V_{10} , they appear in all the age groups, except in the first two, with a greater frequency than in the previous cases⁸² (Figure 5). Biphasic (+/-) type waves appeared in lead I (2 and 4.5 months) and in aVF (2.5, 3 and 5 months) in a proportion of 14.3% in all the groups analyzed. In lead I, biphasic (+/-) type waves were also observed but only in a single group (5 months) and in a 14.3% proportion.

In Iberian and Duroc 5 to 205 day-old pigs, Fernández²¹ studied the morphology of the T-wave comparatively by making six controls at 5, 20, 45, 90, 135 and 205 days. In the Iberian breed, the predominating configuration was the simple negative wave in LI, except for the 20-day-old pigs in which only the simple positive configuration was recorded. In the Duroc breed, the simple positive or negative configurations prevailed and there was also a high percentage of biphasic waves in the last controls. In lead aVF, the Iberian breed pigs exhibited a simple negative configuration in almost all the groups, except at 20 and 45 days, where the simple positive configuration was greater. The Duroc breed pigs, compared to those of the Iberian breed, were characterized by a higher proportion of biphasic (+/-) T-waves in the last three controls (Figure 6). In both breeds it was observed that, with physical maturation, the T-wave morphology became diversified in leads I

DI, obtuvieron un predominio de ondas T simples negativas y una sola onda T difásica del tipo (+/-); en aVF, predominan la onda T simple negativa y la difásica del tipo (+/-) y se obtiene una sola onda T simple positiva.

Al someter a un ejercicio creciente a cerdos Landrace x B. Belga de 2 a 5.5 meses de edad, Ibañez⁸² observó en DI un claro predominio de ondas T simples negativas seguido de ondas difásicas de tipo (+/-) en 4 de los grupos de edad estudiados, y ondas de tipo (+/-) en el grupo de 2 meses de edad (Figura 5). En la derivación aVF, también se observaron principalmente ondas T simples negativas, y en escasa proporción, ondas T simples positivas en dos de los grupos analizados (3, 5 y 4 meses) y ondas difásicas de tipo (+/-) en los individuos de 4 y 5 meses y medio. Finalmente, en la derivación V_{10} , hubo igualmente un claro predominio de la onda T simple negativa; se observaron además, ondas T simples positivas y ondas difásicas de tipo (+/-) en pequeña proporción.

En cerdos Landrace x B. Belga de 2 a 5 meses y medio de edad, no sometidos a ejercicio físico, se observó un claro predominio de ondas T simples negativas en las derivaciones que analizan (DI, aVF y V_{10}). En DI, cinco de los grupos muestran ondas T simples positivas, con una frecuencia que oscila entre 14.3% y 28.4%, en aVF sólo aparece en dos grupos en una proporción de 14.3% (5 meses) y 57.1% (5.5 meses), y en V_{10} , en todos los grupos de edad, excepto en los dos primeros, con una frecuencia mayor que en los casos anteriores⁸² (Figura 5). Aparecen ondas difásicas de tipo (+/-) en la derivación I (2 y 4.5 meses) y en aVF (2, 5, 3 y 5 meses) con una proporción de 14.3% en todos los grupos analizados. En la derivación I, se observan además ondas difásicas de tipo (+/-), pero en un solo grupo (5 meses) y con una proporción de 14.3%.

En cerdos de razas Ibérica y Duroc de 5 a 205 días de edad, Fernández²¹ estudió comparativamente la morfología de la onda T, y realizó para ello seis controles a los 5, 20, 45, 90, 135 y 205 días. En los cerdos de raza Ibérica, predominó la configuración simple negativa en DI, con excepción de los cerdos de 20 días de edad, en los que se registró sólo la configuración simple positiva; en la raza Duroc, predominó la configuración simple, positiva o negativa, y hubo un elevado porcentaje de ondas difásicas en los últimos controles. En la derivación aVF, de los cerdos de raza Ibérica, predominó la configuración simple negativa en casi todos los grupos, salvo a los 20 y 45 días, donde la configuración simple positiva fue mayor. Los cerdos de raza Duroc se caracterizaron frente a los cerdos Ibéricos por una mayor proporción de ondas T de configuración difásica (+/-) en los tres últimos controles (Figura 6). En ambas razas se observó que, con la maduración física, se diversifica la morfología de la onda T en las derivaciones I y aVF, lo que coincide con el descenso en duración y voltaje que ha registrado esta autora a

and aVF, which coincides with a decrease in duration and voltage recorded by this author as age increased; this suggests an increase in cancellation which would reveal the areas free from Purkinje fibres, with an irregular distribution from individual to individual, determining the creation of fronts in different directions and the genesis of T-waves with a different configuration. In lead V_{10} , for Iberian and Duroc breed pigs an absolute predominance of simple negative T-waves was noted in all the age groups studied; the uniformity in this lead might be attributed to the position of the electrode which does not permit the detection of the direction of the recuperation fronts crossing the wall in a perpendicular direction to their axis.

ST Segment

The ST segment comprises from the end of the QRS complex to the beginning of the T-wave.^{1,8,12,50} It represents the plateau phase of the action potential registered in the ventricular fibers and is frequently isoelectric.³⁷

If the ST segment is inscribed above or below the isoelectric line it is said that there is a positive or negative deviation, respectively. In some species, the ST segment and the T-wave are so closely related that it is difficult to know where the T-wave begins and the ST segment finishes.¹⁰¹ For some authors, the ST segment values are of little interest due to the difficulty in measuring them, so that their interpretation is questionable in certain tests.^{26,102} Lepeschkin⁸⁶ established that there are interspecific differences, such that a longer and more horizontal ST segment is obtained in ungulates than in carnivores.

With regard to the influence of age on the duration of the ST segment (Tables 5 and 6), physical maturation in pigs,^{21,34,65,82} as well as in ruminants^{18,93,95,103} and in dogs,^{23,30} is associated with a delay in the initiation of the repolarization of the ventricular myocardium, and therefore, with an increase in the duration of this segment.

Referencias

1. Tranchesi J. Electrocardiograma normal e patológico. Sao Paulo, Brazil: Athenem 1972.
2. Bartels EF. Die Herzzeitwerte des nicht fixierten Schweines in Abhängigkeit vom Lebensalter, Körpergewicht, Körperlänge, Brustumfang und Widerstandshöhe sowie dem Zeitpunkt der Untersuchung nach der letzten Fütterung (inaugural dissertation). Hannover, Deutschland: Tierärztliche Hochschule Hannover 1972.
3. Rubio MD, Santisteban R, Castejón FM, Tovar P. Influence of age on the electrical auricular systole in swine. J Vet Med A. 1989;36:64-70.
4. Zhao N, Khan M, Ingenito S, Sica AL, Gootman N, Gootman PM. Electrocardiographic changes during post-

medida que aumenta la edad; esto sugiere un aumento en la cancelación que pondría de manifiesto las zonas libres de fibras de Purkinje, con una distribución irregular de individuo a individuo, lo que determinaría la creación de frentes en distintas direcciones y la génesis de ondas T con distinta configuración. En la derivación V_{10} , de cerdos de raza Ibérica y Duroc, se aprecia un predominio absoluto de las ondas T simples negativas en todos los grupos de edad estudiados; la uniformidad en esta derivación podría atribuirse a la posición del electrodo que no permite detectar la dirección de los frentes de recuperación que atraviesan la pared en dirección perpendicular a su eje.

Segmento ST

El segmento ST comprende desde el final del complejo QRS hasta el comienzo de la onda T.^{1,8,12,50} Representa una meseta en la repolarización ventricular y frecuentemente aparece isoelectrico.³⁷

El segmento ST se inscribe al nivel de la línea isoelectrica, si lo hace por arriba o por debajo de ésta, se dice que hay un desnivel positivo o negativo, respectivamente. En algunas especies, el segmento ST y la onda T están a veces tan íntimamente relacionados, que resulta difícil saber dónde comienza la onda T y dónde finaliza el segmento ST.¹⁰¹ Para algunos autores, los valores del segmento ST no tienen mayor interés por la dificultad en su medida, por lo que su interpretación es cuestionable en determinadas pruebas.^{26,102} Lepeschkin⁸⁶ establece que existen diferencias interespecíficas al obtenerse un segmento ST en los ungulados más largo y horizontal que en los carnívoros.

En relación con la influencia de la edad sobre la duración del segmento ST (Cuadros 5 y 6), la maduración física en el cerdo,^{21,34,65,82} así como en rumiantes^{18,93,95,103} y en el perro^{23,30} está asociada con un retardo en el inicio de la repolarización del miocardio ventricular y, por lo tanto, con un incremento en la duración de este segmento.

natal development in cautious swine with cardiac autonomic in balance. Anat Neurosci-Basis and Clin. 2001;88:167-174

5. Sodi-Pallares D, Medrano GA, Bisteni A, Ponce de León J. Electrocardiografía clínica: análisis deductivo. México (DF): Instituto Nacional de Cardiología 1968.
6. Detweiler DK. Electrophysiology of the heart. In: Brobeck JR, editor. Best and Taylor's physiological basis of medical practice. London (UK): Williams and Wilkins Co., 1981;47-111
7. Guyton AC, Hall JE. Músculo cardíaco. El corazón como bomba. In: Guyton AC, Hall JE, editors. Tratado de Fisiología Médica. 10ª ed. México (DF): Interamericana McGraw-Hill, 2001;9:115-127.

8. Constant J. Electrocardiografía: curso de enseñanza programada. 2ª ed. Barcelona, España: Salvat, 1984.
9. Santisteban R. Electrofisiología del corazón. El electrocardiograma. In: García Sacristán A, Castejón Montijano S, Cruz Palomino LF, González Gallego J, Murillo López de Silones MD, Salido Ruiz G, editores Fisiología veterinaria. Madrid, España: Interamericana-Mc Graw-hill, 1995:303-313.
10. Hamlin RI, Smith CR. Categorization of common domestic mammals based upon their ventricular activation process. *Ann NY Acad Sci* 1965;127:195-203.
11. Smith CR, Hamlin RL, Crocker HD. Comparative electrocardiography: Part II. Comparative aspects of intramural spread of excitation and recovery. *NY Acad Sci* 1965;127:155-169.
12. Tilley LP. Essentials of canine and feline electrocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1985.
13. Committee on Electrocardiography, American Heart Association. Recommendations for standardization of electrocardiographic leads. *Circulation* 1954;10:564-573.
14. Thielscher HH. Der Einfluss eines Kontrollierten Lauftrainings auf das Elektrokardiogramm bei Schweinen verschiedener Rassen. *Zbl Vet Med A* 1966;13:602-618.
15. Zannetti G, Corbella E. Aspetti clinici dell' enterite neonatale dei suinetti. *Clin Vet* 1975;98:317-332.
16. Tovar P, Santisteban R, Porras A, Vivo R, Castejón FM. Análisis electrocardiográfico de la sístole eléctrica auricular en ovinos. *Rev Esp Fisiol* 1985;41:317-324.
17. Santisteban R, Castejón FM, Vivo R, Tovar P. Estudio del auriculograma en bovinos Holstein-Frisian. *J Vet Med A* 1986;33:259-265.
18. Oliveira-Dantas M. Detención por electrocardiología de la influencia del ejercicio físico sobre la actividad cardíaca de ovinos Merino precoz. (tesis de doctorado). Córdoba, España: Facultad de Veterinaria, Univ Córdoba, 1992.
19. Rubio MD, Santisteban R, Herrera F, Castejón FM. Sístole eléctrica auricular en suidos. *Med Vet* 1988;651-659.
20. Ibañez J, Rubio MD, Tovar P, Castejón F, Santisteban R. Variations caused by training in the electrocardiographic outline of swine (Landrace x White Belgian). *Rev Esp Fisiol* 1990;46:255-260.
21. Fernández P. Estudio comparativo del electrocardiograma y electrolitos plasmáticos en cerdos de razas Ibérica y Duroc. (tesis de doctorado). Córdoba, España: Facultad de Veterinaria, Univ Córdoba, 1997.
22. Shimizu N, Amori H, Kato D, Okamoto T, Koyama H, Sako T, et al. Electrocardiograms of 1.139 Beagle dogs recorded by autoanalyzing electrocardiographs; change in ECG values with aging. *Bull Nippon Vet Zootech Coll* 1986;35:71-76.
23. Bernal LJ, Montes A, Bayon A, Fernández del Palacio MJ, Gutiérrez C. Evolución del electrocardiograma en perros Beagle de 1 a 3 meses. *Revista Sociedad española de experimentación animal*. 1991.
24. Schafer H, Haas HG. Electrocardiography. In: Hamilton Wf, Dow P, editors. *Handbook of physiology*. Washington (DC): Am Physiol Soc 1962.
25. Detweiler DK, Patterson DF. Diseases of the blood and cardiovascular system. In: Bone JF; Calcott EJ; Gabel MA; Johnson LE, Rileg WF, editors. *Equine medicine and surgery*. Santa Bárbara, California: American Veterinary Publications, Inc 1963; 338-397.
26. Hamlin RL, Smith CR. Electrofisiología del corazón.. In: *Duke's physiology of domestic animals*. Hamlin RL, Smith CR, editors. Ithaca, New York: Cornell University Press 1970.
27. Lepschkin E. *Modern electrocardiography. The P-Q-R-S-T-U complex*. Baltimore (Ma):Willians and Wilkins Co, 1951.
28. Lannek N. A clinical and experimental study on the electrocardiogram in dog. (Inaugural dissertation). Stockholm. *Med. Clin. R Vet. Coll*. 1949.
29. Ibañez JJ. Efectos del ejercicio físico sobre el trazado electrocardiográfico del cerdo. (Tesis de licenciatura). Córdoba, España: Facultad de Veterinaria. Univ Córdoba. 1989.
30. Bernal LJ, Montes A, Bayon A, Fernández del Palacio MJ, Gutiérrez C. Evolución del electrocardiograma en perros Beagle de 1 a 6 meses. *Actas del XXIV Congreso Mundial de Veterinaria*; 1991 Brasil. 1991:117-127.
31. Santisteban R, Castejón FM, Tovar P. Cambios maduracionales en el ECG bovino: I. Activación ventricular. *J Vet Med A* 1987;34:234-240.
32. Escribano B, Castejón FM, Santisteban R, Agüera EI, Muñoz A, Rubio MD. Registros electrocardiográficos en ungulados. *Actas del IV Congreso Nacional de la Sociedad Española para las ciencias del animal de laboratorio*; 1996 Octubre 23-25; Gasteiz, Vitoria, España; C.C. 10.
33. Rubio MD, Escribano BM, Vivo R, Santisteban R, Agüera S, Agüera EI, Muñoz A, Castejón FM. Electrocardiograma en cerdos: influencia de tranquilizantes. *Actas del IV Congreso Nacional de la Sociedad Española para las ciencias del animal de laboratorio*; 1996 Octubre 23-25; Gasteiz, Vitoria, España; C.C. 29
34. Rubio MD. Evolución ontogénica de las variaciones electrocardiográficas en la especie porcina (*Sus scrofa*). (Tesis de doctorado). Córdoba, España: Facultad de Veterinaria. Univ Córdoba, 1987.
35. Schülze RA, Pretorius PJ. An electrocardiographic study of normal goats and cattle using a modified technique. *Onderstepoort J Vet Res* 1972;39:209-224.
36. Illera M, García-Sacristán A. Correlaciones entre concentraciones electrolíticas y cambios electrocardiográficos. *Actas de la XIV Reunión Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Fisiológicas*. Sevilla España. 1973; 87-90
37. Cornet PH. *Precis d'electrocardiographie canine*. Point Veterinaire, Paris. 1985.
38. Castejón FM. Modelos tele-electrocardiográficos tetraédricos en el caballo. *Hygia Pecoris* 1978;2:69-101.
39. Castejón FM, González JM, Ávila Y, Riber C. Estudio del auriculograma equino y sus variaciones en el esfuerzo. *Hygia Pecoris III* 1981; 3:31-45.
40. Dukes TW, Szabuniewicz M. The electrocardiogram of conventional and miniature swine (*Sus scrofa*). *Can J Comp Med* 1969;33:118-127.
41. Nakano M. Studies on the electrocardiograms in the pig. *Bull Nippon Vet Zootech Coll* 1973;22:84-115.
42. Ohi S, Fujiwara R, Sesaki K. Studies on the electrocardiogram of swine. The mean electric axis obtained from various dipolar leads. *Bull Coll Agric Utsunomiya Univ* 1973a;8:47-57.
43. Sawazaki H, Hirose H, Matsui K, Yamori K, Hanyu I. Comparative electrocardiographical studies on the wave form of QRS complex in vertebrates. *Jap J Vet Sci* 1976;38:235-240.
44. Ohi S, Fujiwara R, Sesaki K. Studies on the electrocardiogram of swine. The normal patterns and values in lead A-B and standard limb lead. *Bull Coll Agric Utsunomiya Univ* 1973b;8:87-96.

45. Hamlin RL, Russell RB, Leverett SD, Burns JW. The electrocardiogram from miniature swine record with McFee-axial reference program. *J Electrocardiol* 1974;7:155-162.
46. Ranucci S, Ranucci H. Effetti dell'intervento di erniotomia sull'elettrocardiogramma del snino. *Riv Zoot Vet* 1981;9:91-95.
47. Rubio MD, Agüera EI, Fernández P, Escribano BM, Muñoz A, Castejon, F.M. Análisis del registro electrocardiográfico realizado en cerdas madres Landrace x Blanco Belga sin el uso de tranquilizantes. *Med Vet* 1998;15:159-166.
48. Rubio MD, Agüera EI, Escribano BM, Fernández P. Morfología del trazado electrocardiográfico en cerdos. *Actas de la Primeira Jornada Ibérica de Razas Autóctones e Produtos Tradicionais*; 2001 Noviembre 29-30; Elvas, Portugal.
49. Goldman MJ. Principios de electrocardiografía clínica. 5ª ed. México (DF): El Manual Moderno, 1975.
50. Estella J. Manual de electrocardiografía: vecto, fono y mecanografía. 6ª ed. Madrid, España: Gráficas Fernández, 1976.
51. Platner SW, Kibler HH, Brody D. Electrocardiograms of mules, horses, cattle, sheep, swine and goats. *Missouri Univ Agr Expt Sta Res Bull* 1948;419:1-12.
52. Neuman-Kleinpaul KU, Sander W. Elektrokardiographische Untersuchungen in Herztod-beständen. *Mhefte Vet Med* 1951;6:169-175.
53. Kromberger H. Elektrokardiographische Untersuchungen als Beitrag zur Physiologie und zur Pathologischen Physiologie der Herztätigkeit des Schweines. *Vet Med Habil Schrift, Leipzig*, 1965.
54. Grauwiler J. Herz und Kreislauf der Säugetiere vergleichend funktionelle Daten. Basel, Schweiz: Verlag Birkhäuser. *Experientia*, 1965;suppl 10.
55. Mickwitz GV. Herz und Kreislaufuntersuchungen beim Schwein mit Berücksichtigung des Elektrokardiogramms und des Phonokardiogramms (inaugural dissertation). Hannover, Deutschland: Tierärztliche Hochschule, Hannover. 1967.
56. Stüzle KP. Der Einfluss einer Körperlichen Belastung (20-Minuten-Lauf) auf das Amplitudenbild im Elektrokardiogram des Schweines. (inaugural dissertation). Hannover, Deutschland: Tierärztliche Hochschule, Hannover. 1971.
57. Kobbe U. Der Einfluss einer Körperlichen Belastung (20-Minuten-Lauf) beim Schwein auf die Zeitwerte im Elektrokardiogramm, die Herzfrequenz sowie auf die Atemfrequenz und die Körpertemperatur (inaugural dissertation), Hannover, Deutschland: Tierärztliche Hochschule. Hannover, 1971.
58. Larks SD, Wescott RB, Laeks GG. Electrocardiographic studies of miniature swine: normal values. *Lab Anim Sci* 1971;21:553-560.
59. Beglinger R, Becker M. Kreislaufuntersuchungen beim veredelten Landschwein. *Zbl Vet Med* 1973;20:775-783.
60. Mostafawi D. Herzzeitwerte und Amplitudenholen im Elektrokardiogramm des nicht fixierten Schweines bei unterschiedlicher Körperlänge sowie das Verhalten des Herzfrequenz nach Fütteranfnahme (inaugural dissertation), Hannover Deutschland: Tierärztliche Hochschule. Hannover. 1974.
61. Scharner E, Schiefer G, Prell M, Luhn E. Elektrokardiographische Untersuchungen an Schlachtschweinen während der LKW-Transporten. *Proceedings of the 25 th European Meeting of Meat Research Workers*; 1979 august 27-31; Budapest-Hungary: 1979;15-21.
62. Hertrampf B, Mickwitz G, Muller-Prasumn W, Heeschen U. Die Köpertemperatur, Atemfrequenz und Pulsperiodendauer von und nach Belastung als mögliche Hinweise auf die zu erwartende Schlachtkörperqualität beim Schwein (beurteilt anhand des Fleischheligkeitswertes = Gofowert). *Dtsch Tierärztl Wochenschr* 1979;79: 249-250.
63. Tkachuck MN, Shomankii TS. Effect of exercise on some physiological values of growing boars. *Selskokhozgaistvennaga Biol* 1983; 8: 95-97.
64. Fujiwara K, Ohi S, Sesaki K. Studies on the electrocardiogram of swine. The influence of age and body weight on the ECG. *Bull Coll Agric Utsunomiya Univ* 1974;9:79-86.
65. Rubio MD, Santisteban R, Castejón FM, Tovar P. Influence of age on the ventricular activation and recuperation processes in the pig. *J Vet Med A* 1989c;36:457-466.
66. Fernandez P, Castejon FM, Agüera EI, Escribano BM, Rubio MD. Differential electrocardiographic study on Iberica and Duroc breeds of pig during physical maturation. *J Vet Med A* 2000;47:553-563.
67. Sesaki K, Ohi S, Smino T. Studies on the electrocardiogram of the sheep. V. Correlation analysis of some measured values in ECG. *Bull Coll Agric Utsuno Miya Univ* 1971;8:123-130.
68. Tovar P, Castejón FM, Santisteban R. Análisis de la sístole eléctrica ventricular de ovinos. I. Fenómenos de despolarización. *J Vet Med A* 1986a ;33:365-372.
69. Steel JD. Studies on the electrocardiogram of the racehorse. Sidney Australia: Australian Medical Publishing Co., 1963.
70. Rubio MD, Santisteban R, Vivo R, Castejón FM. Sístole eléctrica ventricular en suidos. *Despolarización. Med Vet* 1989 a; 5:103-109.
71. Horton JD, Sherber HS, Lakatta EG. Distance correction for precordial electrocardiographic voltage in estimating left ventricular mass. An echocardiographic study. *Circulation* 1977; 55: 509-517.
72. Reichek N, Devereux RB. Left ventricular hypertrophy: relationship of anatomic, echocardiographic and electrocardiographic finding. 1981;C63:1391.
73. Casale PN, Devereux RB, Klicfield P, Eisenberd RR, Miller DH, Chaudhary BS, et al. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy: development and prospective validation of improved criteria. *JAM Coll Cardiol* 1985;6:572.
74. Garcia-Sacristan A. Correlaciones entre concentración electrolítica y cambios electrocardiográficos. (Tesis de licenciatura). Madrid (España): Facultad de Veterinaria. Univ de Madrid, 1973.
75. Adam TD, Yanowitx FG, Fisher AG, Ridges JD, Lovell K, Pryor TA. Non invasive evaluation of exercise training in college age men. *Circulation*, 1981;64:958-965.
76. Feldman T, Borow KM, Neumann A, Lang RM, Childers RW. Relation of electrocardiographic R-wave amplitude to changes in left ventricular chamber since and position in normal subjects. *Am J Cardiol* 1985;55:1168-1174.
77. Hamlin RL, Smith CR, Redding RW. Time-order of ventricular activation for premature beats in sheep and dogs. *Am J Physiol* 1960;198:315-321.
78. Hamlin RL. Clinical relevancy of heart rate in the dog. *J Am Vet Med Assoc* 1967;151:60-63.
79. Recavarren S, Arias-Estella J. Growth and development of the ventricular myocardium from birth to adult life. *Br Heart J* 1964;26:187-192.

80. Anversa P, Olivetti G, Loud AV. Morphometric study of early postnatal development in the left and right ventricular myocardium of the rat. I. Hypertrophy, hyperplasia and binucleation of myocytes. *Circ Res* 1980;46:495-502.
81. Hamlin RL, Scher AM. Ventricular activation process and genesis of QRS complex in the goat. *Am J Physiol* 1961;200:223-228.
82. Ibáñez JJ. Efectos del ejercicio físico sobre el trazado electrocardiográfico del cerdo. (Tesis de licenciatura). Córdoba, España: Facultad de Veterinaria. Univ de Córdoba, 1989.
83. Callaway CW, Sherman CD, Scheatzle MD, Mene-gazzi SS. Scaling structure of electrocardiographic waveform during prolonged ventricular fibrillation in swine. *Pace-Pacing Clin Electrophysiol* 2000;23:180-191
84. Rubio MD, Tovar P, Santisteban R, Oliveira M, Castejón FM. Differential study of electrocardiographic intervals in two neonatal crossbred swine. *Am J Vet Res* 1993;54:322-327.
85. Goldman MJ. Electrocardiografía canina. 7ª ed. México (DF): El Manual Moderno, 1981.
86. Lepeschkin E. The configuration of the T wave and the ventricular action potential in different species of mammals. *Ann NY Acad Sci* 1965;127:170-178.
87. Schiefer G, Scharner E, Klöppner F, Mühlbach R. Untersuchungen an betäubten und nicht betäubten Schlachtschweinen. *Arch Exp Vet Med* 1976;31:381-387.
88. Rosen KG, Hokegard KM, Kjellmer I. A study of the relationship between the electrocardiogram and hemodynamics in the fetal lamb during asphyxia. *Acta Physiol Scand* 1976;98:275-284.
89. Hokegard KM, Rosen KG. Alterations in the electrocardiogram of the fetal lamb as a sign of fetal asphyxia. A comparison between the scalp lead and precordial lead. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1980;59:411-415.
90. Hokegard KM, Ericksson BO, Kjellmer I, Magno R, Rosen KG. Myocardial metabolism in relation to electrocardiographic changes and cardiac function during graded hypoxia in the fetal lamb. *Acta Physiol Scand* 1981;113:1-7.
91. Mazue G, Berthe J, Serre M, Dupuis B. Analyse de l'electrocardiogramme du chien Dalmate. *Rec Med Vet* 1976;152:243-247.
92. Sesaki K, Ohi S, Smino T. Studies on the electrocardiogram of the sheep. VI: Influence of age and body weight on the electrocardiogram. *Bull Coll Agric Utsunomiya Univ* 1972;8:59-69.
93. Tovar P, Castejón FM, Santisteban R. Análisis de la sístole eléctrica ventricular en ovinos. II. Repolarización. *J Vet Med A* 1986b;33:474-480.
94. Santisteban R, Castejón FM, Tovar P. Cambios maduracionales en el ECG bovino: II. Recuperación ventricular. *J Vet Med A* 1987b;34:241-248.
95. Santisteban R. Estudio electrocardiográfico en bovinos Holstein-Frisian. (Tesis de doctorado). Córdoba, España: Facultad de Veterinaria. Univ de Córdoba, 1984.
96. Escabias MI. Cambios electrocardiográficos y plasmáticos neonatales en potros de raza Española (*Equus caballus*). (Tesis de licenciatura). Córdoba, España: Facultad de Ciencias Biológicas. Univ de Córdoba, 1987.
97. Wite PD. Inversion of the T waves in lead II caused by a variation in position of the heart. *Br Heart J* 1941;3:233-240.
98. Seller AF, Hemingway A, Simonson E, Peterson W. Unipolar and bipolar electrocardiographic studies in dairy cattle. *Am J Vet Res* 1958;19:620-624.
99. Grauwiler J. Beobachtung des Elektrokardiogramms an nicht domestizierten Säugetieren Schwein. *Arch Tierärztl* 1961;103:397-417.
100. Rubio MD, Herrera F, Santisteban, R, Vivo R, Castejón FM. Sístole eléctrica ventricular en suidos. Repolarización. *Med Vet* 1989b:169-174.
101. Pouchelon JL. Electrocardiogramme normal du chien et ses variations physiologiques. (These pour le doctoral vétérinaire) Alfort, France: Ecole Nationale Veterinaire. Univ d'Alfort. 1972.
102. Nieman ST, Burian D, Garner D, Lewis RJ. Transthoracic monophasic and biphasic defibrillation in a swine model: a comparison of efficacy; ST segment changes, and postshock hemodynamics. *Resuscitation* 2000;47:51-58.
103. Tovar P. Estudio electrocardiográfico en ovinos. (Tesis de doctorado). Córdoba, España: Facultad de Veterinaria. Univ de Córdoba, 1984.