

Parámetros electrocardiográficos en caballos de raza Criollo Colombiano, pacientes de un establecimiento veterinario de Antioquia, Colombia*

Juliana Mira Hernández¹ / Silvia Posada Arias² / Cristian Alejandro Castillo Franz³ /
Alejandro Saldarriaga Restrepo⁴

Resumen

Las alteraciones cardiacas en los equinos no se manifiestan de una manera habitual como en otros animales; sin embargo, hay afecciones que requieren ser diagnosticadas correctamente para evaluar el desempeño atlético. Son varios los estudios publicados respecto a la utilización de métodos diagnósticos complementarios en cardiología equina, como el electrocardiograma (ECG). A pesar de ello aún no se tienen datos de referencia para el caso del caballo Criollo Colombiano (CCC). El objetivo de este estudio fue describir los trazados electrocardiográficos de 57 CCC pacientes de la Clínica Veterinaria Lasallista, con alta previa y sin alteraciones clínicas evidentes. Los ECG fueron hechos en sistema base-*ápe*x y los animales fueron divididos en grupos de edad. Para el análisis de los datos se hizo estadística descriptiva, análisis de varianza de una vía y coeficientes de correlación. De cada grupo se obtuvieron rangos de amplitud y duración de las diferentes ondas, intervalos y segmentos. Solo se evidenció diferencia estadísticamente significativa de la duración de la onda P e intervalo PR entre grupos de edad. Existieron correlaciones de algunos de los parámetros del ECG con el peso, la edad y la frecuencia cardiaca. Con este trabajo se hace un aporte importante para aquellas ocasiones en que sea necesario recurrir al electrocardiograma para validar la información obtenida en el examen clínico o cuando se sospeche de una cardiopatía en CCC, principalmente, en el caso de arritmias.

Palabras clave: electrocardiografía, caballo, cardiología.

Electrocardiographic parameters in Colombian Creole horses, patients in a veterinary establishment in Antioquia, Colombia

Abstract

Cardiac disorders in horses are not generally manifested as in other animals; however, there are conditions that need to be properly diagnosed to assess athletic performance. There are several studies on the use of complementary diagnostic methods, such as an electrocardiogram (ECG), in equine cardiology. Despite this, there are no baseline data for the case of Colombian Creole horses (CCH). This study aimed to describe the electrocardiographic tracings of 57 CCH patients at the Clínica Veterinaria Lasallista, with prior discharge and no obvious clinical abnormalities. ECGs were performed on animals divided into age groups. For data analysis, descriptive statistics, one-way analysis of variance, and

* Documento que se origina de la convocatoria de mediana cuantía de la Vicerrectoría de Investigación de la Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia, Colombia. 2013.

1 Médica veterinaria, MSc. Grupo de Investigación GIVET. Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia, Colombia.

✉ juliana.mira@gmail.com.

2 Médica veterinaria, MSc, PhD. Grupo de Investigación Givet. Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia, Colombia.

✉ siposada@lasallistadocentes.edu.co

3 Médica veterinaria, MSc, Est. Dr. Vet. Sci. Grupo de Investigación Givet. Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia, Colombia.

✉ cricastillo@lasallistadocentes.edu.co

4 Estudiante de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia, Colombia.

✉ lelosalda@gmail.com

Cómo citar este artículo: Mira Hernández J, Posada Arias S, Castillo Franz CA, Saldarriaga Restrepo A. Parámetros electrocardiográficos en caballos de raza Criollo Colombiano, pacientes de un establecimiento veterinario de Antioquia, Colombia. Rev Med Vet. 2016;(32):39-51. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/mv.3854>

correlation coefficients were used. From each group, ranges of the amplitude and duration of various waves, intervals and segments were obtained. The only statistically significant difference was evidenced in the duration of the P-wave and the PR interval between age groups. Some of the ECG parameters had correlations with weight, age, and heart rate. This study makes an important contribution for those occasions when it is necessary to use electrocardiograms to validate the information obtained in clinical examination or in case of a suspected heart disease in CCHs, mainly, in case of arrhythmias.

Keywords: electrocardiography, horse, cardiology.

Parâmetros eletrocardiográficos em cavalos de raça *Criollo Colombiano*, pacientes de um estabelecimento veterinário de Antioquia, Colômbia

Resumo

As alterações cardíacas nos equinos não se manifestam de uma maneira habitual como em outros animais; contudo, há afecções que requerem ser diagnosticadas corretamente para avaliar o desempenho atlético. São vários os estudos publicados sobre a utilização de métodos diagnósticos complementares em cardiologia equina, como o eletrocardiograma (ECG). Apesar disso ainda não se têm dados de referência para o caso do cavalo *Criollo Colombiano* (CCC). O objetivo deste estudo foi descrever os traços eletrocardiográficos de 57 CCC pacientes da Clínica Veterinária Lassalista, com alta prévia e sem alterações clínicas evidentes. Os ECG foram feitos em sistema base-*âpex* e os animais foram divididos em grupos de idade. Para a análise dos dados fez-se estatística descritiva, análise de variação de uma via e coeficientes de correlação. De cada grupo se obtiveram rangos de amplitude e duração das diferentes ondas, intervalos e segmentos. Solo se evidenciou diferença estatisticamente significativa da duração da onda P e intervalo PR entre grupos de idade. Existiram correlações de alguns dos parâmetros do ECG com o peso, a idade e a frequência cardíaca. Com este trabalho se contribui significativamente para aquelas ocasiões em que seja necessário recorrer ao eletrocardiograma para validar a informação obtida no exame clínico ou quando haja suspeita de uma cardiopatia em CCC, principalmente, no caso de arritmias.

Palavras chave: eletrocardiografia, cavalo, cardiologia.

INTRODUCCIÓN

La identificación, la evaluación y el tratamiento de la enfermedad cardíaca en equinos representan un verdadero reto para el médico veterinario. A pesar de que las afeciones cardiovasculares son comunes en los caballos, estas son generalmente menores o bien toleradas por el animal; sin embargo, pueden tornarse clínicamente significativas manifestando intolerancia al ejercicio, arritmia, debilidad, infección sistémica, falla cardíaca congestiva o muerte súbita. Debido a que el caballo es bien conocido

por sus murmullos y arritmias cardíacas fisiológicas, se hace difícil el correcto diagnóstico clínico de las enfermedades cardiovasculares. A partir de estas dificultades se han desarrollado estudios diagnósticos que permiten la detección y la cuantificación de la alteración en la funcionalidad cardíaca normal, mediante evaluaciones ecocardiográficas y electrocardiográficas (1).

La electrocardiografía tiene una enorme importancia en la medicina veterinaria. La información que nos ofrece en relación con frecuencia cardíaca, ritmo cardíaco, des-

viación del eje, agrandamiento de las cámaras cardíacas o anomalías de la conducción, supone un complemento inestimable en el marco de la cardiología veterinaria (2). Además, ofrece herramientas muy valiosas en la medicina deportiva, pues se puede hacer un pronóstico del futuro atlético de un equino próximo a iniciar entrenamiento o con bajo rendimiento, siempre acompañado de la ecocardiografía. A pesar de esta ventaja todavía algunos observan la electrocardiografía equina con dudas, pues puede tener múltiples variaciones por la edad, el sexo, la raza, el uso del caballo, las derivaciones utilizadas o el deporte desarrollado por el animal (3).

A lo largo del tiempo han sido usados diferentes tipos de derivaciones para la ejecución de electrocardiograma (ECG) en equinos (4), y hasta el momento no existe un sistema de derivaciones universalmente aceptado en grandes animales (5). El sistema de Einthoven busca la actividad eléctrica asumiendo que el corazón se encuentra en la mitad del triángulo formado por los miembros y es bastante utilizado en pequeñas especies y en humanos. Sin embargo, otros sistemas han sido diseñados para corregir el hecho de que el corazón equino no se encuentra exactamente en la mitad de este triángulo, estos sistemas evalúan los vectores cardíacos en tres dimensiones, midiendo la actividad eléctrica en tres planos semiortogonales (Y, X y Z). Por otra parte, también se encuentran las derivaciones bipolares estándar I, II y III, las cuales usan dos electrodos, uno positivo y otro negativo (4). Finalmente, el sistema base *ápe*x es considerado el más adecuado para la ejecución de ECG en caballos (4-8), pues corresponde mejor al eje eléctrico principal y provee deflexiones más grandes tanto para las ondas atriales como ventriculares, lo cual facilita la interpretación y el diagnóstico (5).

Para un examen electrocardiográfico es necesario conocer el patrón normal. Los patrones disponibles no siempre son adecuados para los equinos a evaluar debido a que diversos factores pueden afectar el trazado. El patrón actual es determinado en animales normalmente atletas, pero no se considera el tipo de actividad física ejercida, ni las condiciones medioambientales y de alimentación a las que son sometidos (3).

Aunque el caballo Criollo Colombiano (CCC) es considerado un deportista por excelencia, el tipo de esfuerzo al que se somete es distinto al de los caballos de carreras, *endurance* o polo, pues debe realizar una serie de movimientos rápidos en un periodo corto en varias repeticiones, lo cual requiere un desempeño atlético impecable pues la calidad del movimiento depende directamente de este. Por esto se hace necesaria la valoración cardíaca de animales que presenten pobre desempeño en competencia. No obstante, el desarrollo de la medicina equina en Colombia, con especial cuidado en el sistema cardiovascular, continúa siendo un área por explorar.

El objetivo de este estudio fue describir los trazados electrocardiográficos en derivación base *ápe*x y la correlación de algunos de ellos con el peso, sexo y edad, en 57 equinos de raza Criollo Colombiano, pacientes de la Clínica Veterinaria Lasallista, con alta previa y sin alteraciones clínicas evidentes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales

Se muestrearon 57 caballos raza Criollo Colombiano (45 hembras y 12 machos) que estuvieron hospitalizados en la Clínica Veterinaria Lasallista con alta médica que evidenciara su buen estado de salud y en estado de reposo para el momento del electrocardiograma. El grupo estaba compuesto por caballos en entrenamiento, en proceso de doma y sin doma.

Los animales se dividieron en tres grupos etarios los cuales fueron: 1-5 años, 6-10 años y mayores de 11 años, y la mediana del peso fue 343 kg (mínimo 170 kg y máximo 420 kg).

Electrocardiografía

Antes de realizar la electrocardiografía, los caballos fueron sometidos a un examen clínico general para asegurar su buen estado de salud con énfasis en el sistema cardiovascular (presencia de tono y ritmo cardíaco normales,

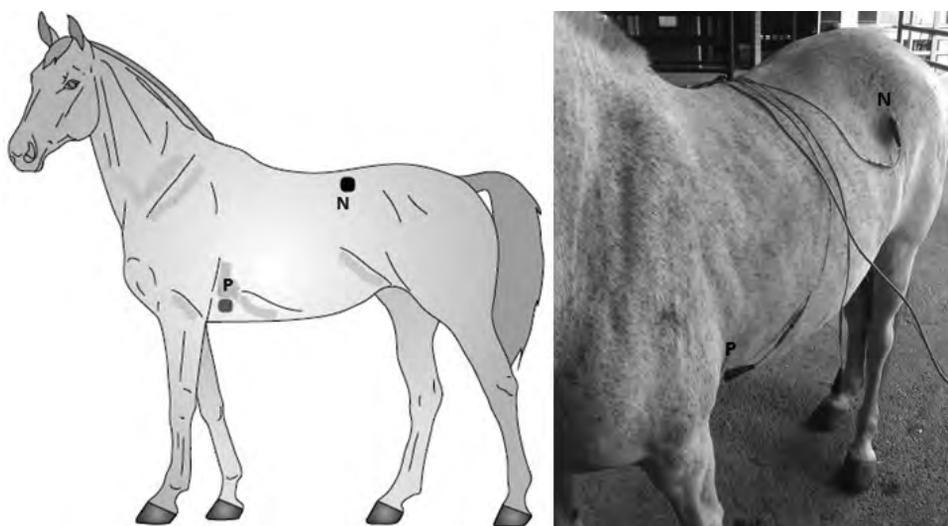
frecuencia cardiaca en reposo normal, según las características fisiológicas del animal). Ningún animal fue sedado durante el examen electrocardiográfico.

Se utilizó un electrocardiógrafo TM 300 V (PC based ECG) para uso veterinario Temis Tecnología[®]. Los ECG fueron realizados en sistema base *ápex* posicionando el electrodo positivo (verde) en el quinto espacio intercostal del lado izquierdo, a la altura del codo. El electrodo negativo (rojo) se fija a la piel en el surco yugular derecho, a dos tercios de distancia en el trayecto desde la rama mandibular derecha a la entrada del pecho. El electrodo neutro (negro) sobre la espalda o en cualquier punto alejado del corazón (figuras 1 y 2) (1,4,8); se aplicó alcohol en todos los sitios de contacto de los electrodos con la piel

del animal para aumentar la conductividad del impulso eléctrico y así mismo la captación por el electrodo.

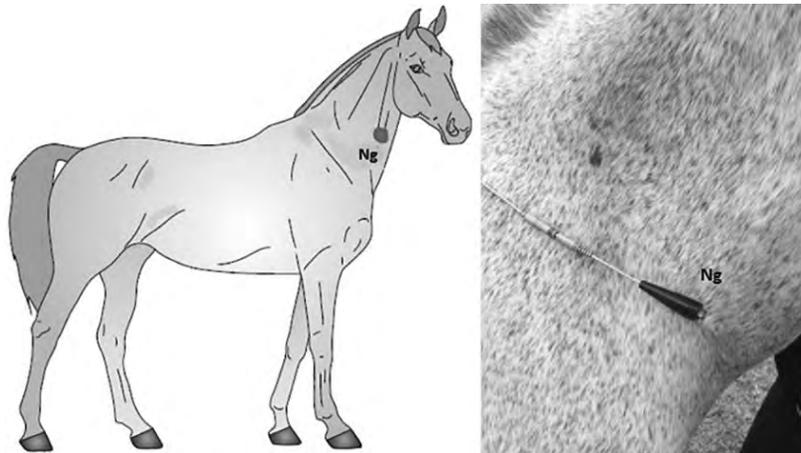
Una vez ubicados los electrodos se dio inicio al registro durante 60 s (sensibilidad 10 mm/mV y velocidad 25 mm/s), el cual era guardado en el *software* computacional, para la posterior medición cuidadosa de frecuencia cardiaca (FC), intervalo RR, duración de la onda P, amplitud de la onda P, amplitud de la onda R y de la onda T, intervalo PR y segmento PR, intervalo QRS, intervalo QT y QTc, intervalo ST y segmento ST, intervalo PP y porcentaje de ondas P y T bifásicas. Las mediciones se hicieron con el *software* original del equipo de electrocardiograma. En la figura 3 se muestra un ejemplo de los ECG realizados.

Figura 1. Electrodo positivo (P) y neutro (N) en derivación base *ápex* sobre el lado izquierdo del animal



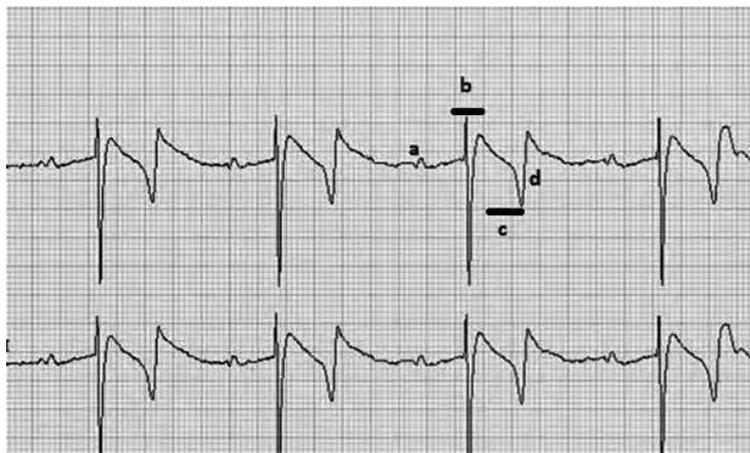
Fuente: adaptado de Marr y Bowen. *Cardiology of the Horse* (2010).

Figura 2. Electrodo negativo (Ng) en derivación base *ápex* sobre el lado derecho del animal



Fuente: adaptado de Marr y Bowen, *Cardiology of the Horse* (2010).

Figura 3. Electrocardiograma con derivación base *ápex*



Nota. Se pueden visualizar las diferentes ondas: a) onda P, b) complejo QRS, c) segmento ST y d) onda T.

Análisis estadístico

El procesamiento de la información recolectada por los investigadores se llevó a una base de datos en Excel que se analizó con el programa GraphPad Prism versión 5.01 para Windows (GraphPad Software, San Diego, California, Estados Unidos).

Se analizaron de manera independiente las variables del estudio y de ellas se obtuvieron medidas de tendencia central (media y mediana), de dispersión (desviación estándar y rango intercuartil) y de posición (percentiles 25 y 75); para determinar la medida de tendencia central a analizar se hizo una prueba de normalidad D'Agostino & Pearson. Para el caso de la onda P y T bifidas fue analizada la presencia o ausencia en términos de frecuencia.

Posteriormente se compararon las medias de cada variable entre grupos de edad por medio de análisis de varianza (Anova) de una vía y prueba de Kruskal-Wallis, y se hizo un análisis de correlación entre los parámetros del ECG y el peso, edad y sexo de los animales (Spearman R). También se evaluó la correlación entre la frecuencia cardíaca y los demás parámetros del ECG. Se asumió significancia estadística si el valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Para cada grupo de edad y para el grupo completo de animales se presentó estadística descriptiva de los trazados evaluados. Para aquellas variables con distribución normal se analizó la media y la desviación estándar; para las que no, se analizó la mediana y los percentiles 25 y 75 (tablas 1, 2, 3 y 4).

La mayoría de los animales (84,21 %, 48/57) presentaron taquicardia sinusal, pues presentaron una FC por encima de 40 latidos por minuto (lpm); sin embargo, dichos latidos se originaron siempre en el nodo sinoatrial. Esto se confirmó por el hecho de encontrar complejos QRS siempre precedidos de ondas P consistentes y con morfología normal, además del hecho de que después del procedimiento las FC volvieron a su nivel normal para la

especie. Se aduce entonces que se presentó taquiarritmia sinusal debida al estrés de la manipulación para el procedimiento.

Para la comparación de las medias de cada variable por grupo de edad fue ejecutado un análisis de varianza, usando Anova de una vía para los datos con una distribución gaussiana y prueba de Kruskal-Wallis para aquellos datos con distribución no paramétrica. Se evidenció una diferencia estadística significativa en las siguientes variables: duración de P (entre el grupo de 1-5 años y grupo de 6-10 años: $p < 0,0191$) e intervalo PR (entre el grupo de 1-5 años y grupo de 6-10 años, grupo de 1-5 años y grupo de 11 en adelante, $p < 0,0053$). En el caso de la presencia de ondas bifásicas fue encontrado un 50,88 % de los animales con onda P bifásica y un 70,18 % con onda T bifásica.

El análisis de correlación de cada una de las variables con el peso, sexo y edad fue hecho con el grupo completo de equinos (57 animales) con prueba R de Spearman. Se encontró una correlación negativa débil entre la FC ($r = -0,3385$), amplitud de P ($r = -0,3020$) y el peso; positiva débil entre el intervalo RR ($r = 0,3002$), intervalo PP ($r = 0,3375$) y el peso, y positiva fuerte entre la duración de la onda P ($r = 0,3967$), intervalo PR ($r = 0,5336$), segmento PR ($r = 0,3952$) y el peso. Con respecto a la edad fue encontrada una correlación negativa débil con la FC ($r = -0,2726$), positiva débil con el segmento PR ($r = 0,2748$) y con el intervalo PP ($r = 0,2851$), y positiva fuerte con la duración de P ($r = 0,4069$) y el intervalo PR ($r = 0,4820$). Para el sexo, el único hallazgo fue una correlación positiva débil con la amplitud de R en los machos ($r = 0,2982$). También se evaluó coeficiente de correlación entre FC y duración de P (sin correlación), intervalo RR, PR, QT (correlaciones negativas fuertes, $r = -0,982$, $r = -0,644$, $r = -0,821$, respectivamente e intervalo QRS (sin correlación).

DISCUSIÓN

El ECG ha sido reconocido como una herramienta diagnóstica importante en la búsqueda de alteraciones en el origen y esparcimiento del impulso cardíaco. Existen diversos estudios respecto al tema en caballos (8,9) pero la

Tabla 1. Estadística descriptiva de cada una de las variables del grupo de equinos de uno a cinco años de edad

	FC (ppm)	Int. RR (ms)	Dur. P (ms)	Amp. P (mV)	Amp. R (mV)	Amp. T (mV)	Int. PR (ms)	Seg. PR (ms)	Int. QRS (ms)	Int. QT (ms)	Int. QT _c (ms)	Int. ST (ms)	Seg. ST (ms)	Int. PP (ms)
Media	56,70	1122	95,73	0,3180	1,8540	0,5316	209,400	-	104,50	492,4	461,00	391,90	187,70	1128,00
Desv. est.	13,80	280,8	25,85	0,0834	0,5802	0,1988	46,140	-	14,50	137,5	76,93	145,50	41,79	288,60
Error est.	2,76	56,16	5,169	0,0167	0,1160	0,0398	9,428	-	2,90	27,5	15,39	29,09	8,357	57,73
Percentil 25	-	-	-	-	-	-	-	93,34	-	-	-	-	-	-
Mediana	-	-	-	-	-	-	-	110,00	-	-	-	-	-	-
Percentil 75	-	-	-	-	-	-	-	135,00	-	-	-	-	-	-
Int. conf. 95% lim. inf.	51,00	1006	85,06	1,6150	1,6150	0,4495	190,000	49,29	98,54	435,7	429,20	331,80	170,50	1009,00
Int. conf. 95% lim. sup.	62,40	1238	106,4	2,0930	2,0930	0,6137	228,900	289,40	110,50	549,2	492,90	451,90	205,00	1247,00

Tabla 2. Estadística descriptiva de cada una de las variables del grupo de equinos de seis a diez años de edad

	FC (ppm)	Int. RR (ms)	Dur. P (ms)	Amp. P (mV)	Amp. R (mV)	Amp. T (mV)	Int. PR (ms)	Seg. PR (ms)	Int. QRS (ms)	Int. QT (ms)	Int. QT _c (ms)	Int. ST (ms)	Seg. ST (ms)	Int. PP (ms)
Media	54,10	1191,0	114,900	0,2776	1,8370	-	-	-	100,600	508,30	460,40	-	187,00	1186,0
DE	14,90	318,9	26,720	0,0670	0,3134	-	-	-	11,190	138,50	76,12	-	46,82	311,2
EE	3,26	69,6	5,831	0,0146	0,0684	-	-	-	2,441	30,22	16,61	-	10,22	67,9
P25	-	-	-	-	-	0,350	208,3	95,0	-	-	-	315,0	-	-
Mediana	-	-	-	-	-	0,500	230,0	126,7	-	-	-	396,7	-	-
P75	-	-	-	-	-	0,695	283,3	158,3	-	-	-	551,7	-	-
ICI 95%	47,30	1046,0	102,800	0,2471	1,6940	0,4388	221,0	110,1	95,540	445,20	425,80	215,5	165,7	1044,0
ICS 95%	60,80	1336,0	127,100	0,3081	1,9800	0,644	275,8	156,9	105,700	571,30	495,10	942,6	208,3	1328,0

*DE: desviación estándar; EE: error estándar; P25: percentil 25; P75: percentil 75; ICI: intervalo de confianza límite inferior; ICS: intervalo de confianza límite superior.

Tabla 3. Estadística descriptiva de cada una de las variables del grupo de equinos de once años de edad en adelante

	FC (lpm)	Int. RR (ms)	Dur.P (ms)	Amp. P (mV)	Amp. R (mV)	Amp. T (mV)	Int. PR (ms)	Seg. PR (ms)	Int. QRS (ms)	Int. QT (ms)	Int. QT _c (ms)	Int. ST (ms)	Seg. ST (ms)	Int. PP (ms)
Media	46,70	1234,0	117,600	0,3373	-	0,5109	263,00	145,50	105,800	530,60	473,00	409,40	-	1317,00
DE	7,63	410,6	24,360	0,1074	-	0,1867	38,63	47,31	10,010	99,69	71,64	122,10	-	225,70
EE	2,30	123,8	7,345	0,0324	-	0,0563	11,65	14,26	3,018	30,06	21,60	36,81	-	68,06
P25	-	-	-	-	1,460	-	-	-	-	-	-	-	156,7	-
Mediana	-	-	-	-	1,850	-	-	-	-	-	-	-	176,7	-
P75	-	-	-	-	2,260	-	-	-	-	-	-	-	220,0	-
ICI 95%	41,60	958,4	101,200	0,2651	1,528	0,3855	237,10	113,70	99,030	463,60	424,80	327,40	160,5	1165,00
ICS 95%	51,90	1510,0	133,900	0,4094	2,345	0,6363	289,00	177,20	112,500	597,60	521,10	491,40	227,4	1468,00

*DE: desviación estándar; EE: error estándar; P25: percentil 25; P75: percentil 75; ICI: intervalo de confianza límite inferior; ICS: intervalo de confianza límite superior.

Tabla 4. Estadística descriptiva de cada una de las variables de los 57 equinos

	FC (lpm)	Int. RR (ms)	Dur.P (ms)	Amp. P (mV)	Amp. R (mV)	Amp. T (mV)	Int. PR (ms)	Seg. PR (ms)	Int. QRS (ms)	Int. QT (ms)	Int. QT _c (ms)	Int. ST (ms)	Seg. ST (ms)	Int. PP (ms)
Media	53,8	1169,0	107,0	0,306	1,860	0,531	234,10	151,5	103,30	505,6	463,10	464,2	188,6	1186,00
DE	13,6	319,8	27,3	8,000	0,490	0,203	55,02	194,6	12,50	130,1	74,47	497,4	44,5	290,30
EE	1,8	42,3	3,6	4,000	0,065	0,027	7,28	25,7	1,66	17,2	9,86	65,8	5,89	38,44
ICI 95%	50,2	1084,0	99,7	0,280	1,732	0,477	219,50	99,8	100,00	471,1	443,30	332,2	176,8	1109,00
ICS 95%	57,4	1254,0	114,3	0,320	1,995	0,585	248,70	203,1	106,70	540,1	483,80	596,2	200,5	1263,00

*DE: desviación estándar; EE: error estándar; ICI: intervalo de confianza límite inferior; ICS: intervalo de confianza límite superior.

información disponible en CCC es reducida y más si se trata de valores de referencia; sin embargo, hay un reporte de parámetros electrocardiográficos del equino criollo del piedemonte llanero (10), pero aparentemente no son animales registrados en la raza.

En la tabla 5 se comparan los parámetros electrocardiográficos de algunas razas equinas con los resultados obtenidos en este estudio en CCC, donde la única diferencia marcada se encuentra en la amplitud de la onda R. En humanos y pequeñas especies, el aumento en la amplitud de esta onda, en asociación con el aumento en la duración del complejo QRS, se encuentra relacionado con el aumento de la masa muscular, relación que no es posible establecer en el caso del equino, ya que el proceso de despolarización es diferente debido a la distribución amplia de las fibras de Purkinje en el miocardio (4). Por esto es posible que una diferencia marcada en la amplitud de la onda R en este caso esté más relacionada con la profundidad y explosividad de las fibras de Purkinje en el músculo cardíaco, pudiendo ser esta una característica del sistema eléctrico del corazón del CCC.

Con respecto a la frecuencia cardíaca existen diferencias considerables entre los reportes en equinos, tal vez por su grado de excitabilidad durante la evaluación. Se encuentran reportes entre los 28 y 52 latidos por minuto. Algunos autores aseguran una mayor frecuencia cardíaca en hembras que en machos, tal vez por preñez, lactancia o excitabilidad (12). Para el caso del CCC no fue evidente una relación entre el sexo y la frecuencia cardíaca, pero sí fue evidente una correlación negativa débil entre esta última y la edad y el peso, coincidiendo esto con los resultados obtenidos por Schwarzwald y colaboradores (14).

Existen diversas discusiones alrededor de la relación entre la duración del complejo QRS, la masa cardíaca, el peso del animal y su posible desempeño atlético. En 1963 Steel estableció una relación entre los valores electrocardiográficos y el peso del corazón del caballo, siendo esto confirmado por él como estadísticamente significativo. El promedio del valor del complejo QRS medido en milisegundos (ms), usando derivada estándar bipolar, muestra una fuerte correlación con el peso del corazón.

Tabla 5. Parámetros de amplitud y duración de ondas de electrocardiogramas de diferentes razas comparadas con CCC

Raza	Amp. P (mV)	Amp. R (mV)	Amp. T (mV)	Dur. P (ms)	Int. RR (ms)	Int. PR (ms)	Int. QRS (ms)	Int. QT (ms)
CCC	0,306 ± 0,084	1,864 ± 0,496	0,531 ± 0,203	107 ± 27,38	1169 ± 319,8	234,1 ± 55,02	103,3 ± 12,54	505,6 ± 130,1
EPL	0,1 ± 0,04	0,35 ± 0,4	0,45 ± 0,24	80 ± 30	1200 ± 270	200 ± 30	160 ± 32	-
Polo	0,29 ± 0,08	0,24 ± 0,18	0,55 ± 0,18	143,54 ± 19,28	-	300,54 ± 39,58	138,25 ± 14,77	489,31 ± 40,17
Turkman	0,2 ± 0,008	0,23 ± 0,27	0,59 ± 0,005	128 ± 3	-	294 ± 4	112 ± 50	518 ± 7
Trotter	-	-	-	108 ± 19,84	1061 ± 194,64	271,67 ± 52,49	67,67 ± 25,02	484 ± 78,6
Zamorano	0,15 ± 0,012	0,31 ± 0,108	-	95 ± 4	1218 ± 42	273 ± 9	68 ± 1	328 ± 69

*CCC: Caballo Criollo Colombiano (sistema base *ápex*); EPL: equino del piedemonte llanero (sistema bipolar II [10]); polo (sistema bipolar I, II y II [11]); Turkman (sistema base *ápex* [12]); Trotter (sistema bipolar I, II y II [13]); zamorano burro (sistema base *ápex* [9]).

Basado en esta información Steel estableció el concepto de *heart score* (promedio complejo QRS), que sugiere un índice que permitiera inferir el peso del corazón y a su vez el futuro atlético del caballo (15). Además de esto, otros autores afirman que el tamaño del corazón es un determinante de la capacidad máxima del rendimiento cardiaco y aeróbico del animal atleta; de esta forma el *score* cardiaco determinado por el complejo QRS viene siendo relacionado con el desempeño atlético en caballos. Por esto ha sido establecido que animales con este índice más alto tienen mejor desempeño (11). A pesar de esto, un estudio realizado por Lightowler y colaboradores (15) evidenció que no existe relación entre el *heart score* y el peso del animal, y tampoco del primero con la masa del ventrículo izquierdo. Esto puede ser debido al tamaño de la muestra ($n = 34$), además de que no se tuvieron en cuenta el sexo, edad y peso corporal, tampoco los efectos del entrenamiento sobre el corazón y las posibles patologías cardiacas de algunos de los animales, sumado a que se pueden encontrar fallas en la medición de los intervalos, siendo el complejo QRS el de mayor magnitud; por lo tanto, aumenta la variabilidad en su medición. Los valores obtenidos en ECG son muy pequeños con una estrecha variación, y cuando se realizan las mediciones, los errores se pueden volver significativos. En el caballo, los rangos extremos del complejo QRS se encuentran entre 0,08 y 0,17 s, con un promedio de 0,125 s, mientras el promedio de la masa ventricular es 3200 g. Por lo tanto, 100 g de ventrículo izquierdo se despolarizan en 0,00391 s. Estas pequeñas variaciones hacen que el tipo de papel sobre el que se mide sea fundamental, pues influye directamente sobre su relación con el peso del corazón (15).

Estudios recientes en caballos han enfatizado en la estrecha correlación entre el peso corporal y la masa del ventrículo izquierdo (MVI), medida con ecocardiografía en modo M. Además, otras investigaciones han demostrado una relación genética entre el peso corporal y el peso del corazón (16). A partir de esto se podría pensar que una correlación estadística fuerte debería de existir entre el peso del animal y el complejo QRS; pero en nuestro estudio esto no fue evidente, tal vez debido al tamaño de muestra y las posibles variaciones en la medición de los intervalos. Resulta interesante establecer en otros estu-

dios nuevas correlaciones entre la masa cardiaca medida por ecocardiografía y la duración del complejo QRS para finalmente determinar una relación entre ambas.

Otra explicación a la falta de correlación entre la masa ventricular y el complejo QRS podría ser la particularidad en la despolarización ventricular del caballo, pues en este el inicio y el final del complejo QRS no necesariamente corresponden al principio y el final de la despolarización ventricular. Esto debido a la distribución de las fibras de Purkinje en el músculo cardiaco, por lo cual una fracción del potencial eléctrico durante la despolarización ventricular se pierde, sin manifestar un fenómeno eléctrico superficial en el ECG. Existe la posibilidad de que en el final del intervalo PQ o en el comienzo del intervalo ST, la despolarización ventricular empiece y continúe con corrientes que oculten una a la otra sin una manifestación en el trazo. Bajo estas condiciones, la idea de que la despolarización ventricular solo se encuentra comprendida en el intervalo QRS puede no ser válida para el caballo. Por esta misma vía entonces una cantidad desconocida de electricidad (por lo tanto, también de masa ventricular) puede perderse y no verse representada en el trazo del complejo QRS. Debido a esto el método más confiable para calcular la masa ventricular y, por lo tanto, el futuro atlético del caballo, es la ecocardiografía en modo M (15). Sin embargo, hay autores que insisten en que el ECG es eficaz en la evaluación del desempeño y monitoreo de entrenamiento en caballos de carreras y de enduro, pues se ha observado una relación entre la duración del complejo QRS y el desempeño de los caballos en la carrera (11).

Con respecto a la onda T se encuentran discusiones sobre sus patrones y su aplicación clínica en caballos. La excitación, el estrés, el ejercicio y cualquier estado acompañado de hipoxia cardiaca pueden influir en los patrones de esta onda. Se ha encontrado que luego de disminuir la presión de oxígeno en caballos bajo anestesia, esta onda se encuentra positiva. Por ello, bajo condiciones confortables, mas no patológicas, representa el estado de salud y homeostático del caballo (11,12). Los animales más jóvenes (potros hasta los dos años) generalmente la presentan negativa, el patrón bifásico es más frecuente entre

los tres y cuatro años y la configuración positiva es más frecuente en animales mayores de cuatro años. Las diferencias encontradas entre grupos tal vez se deban a las diferencias en el proceso de repolarización ventricular, el cual depende de diferentes factores; por esto es la onda que más varía en el ECG (17). En el CCC no se encontró nada relevante respecto a la onda, como diferencias entre grupos de edad o correlación con el peso o el sexo. No se pudo establecer alguna relación con el estado de salud de los animales, pues fueron seleccionados clínicamente sanos, a diferencia de Bello y colaboradores (11), quienes hallaron en su estudio alteraciones en la morfología y amplitud de la onda T, siendo variables entre individuos en reposo y postejercicio en caballos de polo. El 80,77 % de estos caballos de polo presentaron la onda T bifásica, con T1 negativa y T2 positiva, teniendo la onda T1 una disminución en su amplitud postejercicio. En este trabajo no fueron medidas por separado, pues el *software* del equipo no lo permitía. Aun así fue posible determinar que el 70,18 % de los animales presentaron esta onda bifásica.

Ayala y colaboradores (17) proponen que debería existir una relación entre las configuraciones del complejo QRS y la onda T, siendo una opuesta a la otra siempre; pero esto ha sido desmentido por diversos autores, tal vez por las diferencias en tiempo, donde la repolarización es mucho más lenta que la despolarización y, en consecuencia, no sigue una línea clara. Además, la repolarización depende de la duración de la diástole y de otros factores como efectos autónomos y metabólicos sobre el flujo coronario y por lo tanto sobre la funcionalidad miocárdica.

En el estudio de Escudero y colaboradores (9), acerca de parámetros electrocardiográficos en burros zamorano-leones, se reporta un 63 % de ondas P bifásicas en derivada II estándar de Einthoven, con una leve diferencia con Ayala y colaboradores (17) que reportan 45 % en caballos adultos. Estas variaciones se deben tal vez a la diferencia entre las especies evaluadas. En mismo estudio, las ondas P bifásicas también fueron predominantes en derivada base *ápe*x, siendo estas de alta frecuencia también en el CCC, con un 50,88 % de los animales que presentaban esta onda bifásica.

Ayala y colaboradores (17) y Bello y colaboradores (11) afirman que hay una la relación entre la frecuencia cardíaca alta y la fusión de los dos componentes de la onda P. Además de esto hay variaciones en la actividad del sistema nervioso autónomo durante la excitación y el ejercicio que pueden cambiar la forma de la onda P. Por esto, a medida que el animal crece y se reduce su frecuencia cardíaca, aumenta la presencia de ondas P bifásicas. A pesar de esto, ninguna de las dos relaciones fue estadísticamente evidente en las ondas P de CCC.

En el mismo estudio de burros zamorano-leones, determinaron una diferencia estadística significativa entre sexos en la amplitud de P y R, la duración de ST, QRS y la FC; al contrario de nuestro estudio en el cual no fue posible establecer una relación entre estas variables y el sexo, excepto una correlación débil con la amplitud de R, pero que es arriesgado asumir como importante.

La cuantificación de la repolarización cardíaca es importante, pues se ha demostrado que algunos defectos en esta predisponen al ser humano a arritmias y muerte súbita. Las alteraciones en la repolarización son comúnmente consecuencia de enfermedad cardíaca, hipertrofia ventricular y administración de drogas que bloquean canales de potasio. La medición del intervalo QT se usa de manera rutinaria para determinar la repolarización ventricular y diversos estudios farmacológicos han probado que cambios tan pequeños de 10 ms son de importancia clínica en humanos. Sin embargo, el intervalo QT es altamente dependiente de la frecuencia cardíaca y por esto es corregido en humanos (QT_c) (18,19). Como la frecuencia cardíaca en caballos puede variar entre 30 y 250 lpm se hace más importante la corrección del intervalo QT.

En su estudio de caballos Standardbred, Pedersen y colaboradores (20) encontraron un intervalo QT más largo en machos adultos que en hembras y en potros, diferencia que no fue evidente en este estudio de CCC, pues no se encontró ninguna relación entre el sexo y esta variable; pero sí fue hallada una correlación negativa fuerte entre la frecuencia cardíaca y el intervalo QT, que coincide con lo reportado por Fazio y colaboradores (13) en *italian trotters*.

En el mismo estudio también encontraron una relación negativa entre la FC y los intervalos RR y PR, la cual también fue evidente en nuestro estudio. Bello y colaboradores (11) afirman que la reducción de los valores absolutos de PR y QT en caballos que realizan diferentes ejercicios puede ocurrir porque para permitir rápidos aumentos de la frecuencia cardíaca la conducción atrioventricular se acelera, reduciendo el intervalo PR, mientras la duración del potencial de acción y el periodo refractario disminuyen, provocando un acortamiento del intervalo QT.

En el caso de Schwarzwald y colaboradores (14) obtuvieron una correlación positiva de los intervalos RR, PR, QRS, QT y QTc con el peso corporal, lo cual coincide con los resultados en CCC únicamente en los intervalos RR y PR.

En electrocardiografía de esfuerzo, dentro de la medicina deportiva humana, el comportamiento del segmento ST es un elemento fundamental, pues es el principal indicador de isquemia. Los desplazamientos negativos o positivos de este segmento representan un fenómeno isquémico de origen no obstructivo. En equinos se ha considerado que el desnivel en este segmento podría indicar hipoxia del miocardio o alteraciones en los niveles de potasio y pH. Otros autores han determinado que un desnivel del segmento ST por encima de 0,3 mV puede ser indicativo de *shock*, endotoxemia, dolor abdominal o trastornos electrolíticos (11). En este trabajo no existieron alteraciones evidentes del segmento ST, probablemente por ser un estudio realizado en animales sanos bajo condiciones normales.

A pesar de que el ECG es una herramienta valiosa en medicina deportiva equina, preferiblemente acompañada de ecocardiografía, algunos aún la observan con dudas, porque puede tener múltiples variaciones por la edad, el sexo, la raza, las derivaciones utilizadas o el deporte desarrollado por el animal (3). Algunas de estas variaciones estuvieron reflejadas en este estudio en las correlaciones encontradas entre algunos de los parámetros y la edad y el peso de los animales. Sin embargo, no se deben considerar estas variaciones como razones para descartar el ECG como herramienta diagnóstica de trastornos eléc-

tricos del corazón equino; por el contrario, es la demostración de la necesidad de estandarizar un sistema de derivaciones correctas para cada raza, teniendo en cuenta la edad y el peso del animal en el momento de interpretar los resultados.

CONCLUSIONES

En general, los parámetros electrocardiográficos del CCC se encuentran cerca de otras razas, con la excepción de la onda R, lo que podría indicar que tal vez la profundidad y explosividad de las fibras de Purkinje en el músculo cardíaco sea mayor en el CCC.

Debido a las características únicas del corazón equino, resulta difícil el establecimiento de una correlación entre los parámetros electrocardiográficos como el complejo QRS y la masa cardíaca, por lo cual el método debe acompañarse por la ecocardiografía con el fin de obtener resultados más claros sobre esta relación.

La medicina deportiva en Colombia toma cada vez más importancia y, por esto, se hacen necesarios estudios que ayuden a establecer los valores de referencia de distintas pruebas diagnósticas en el CCC, como es el caso del electrocardiograma. Con este estudio se espera dar un aporte a la comunidad científica nacional y mundial e incentivar la investigación en medicina equina en el país.

REFERENCIAS

1. Bonagura JD, Reef VB. Alteraciones del aparato cardiovascular. En Reed SM, Bayly WM, Sellon DC, editores. Medicina Interna Equina. 2a ed. Buenos Aires: Intermédica; 2005. p. 393-4.
2. Santamarina G. Electrocardiografía. En: Consulta de difusión veterinaria. Valencia: Universidad de Lugo; 1999. p. 35-42.
3. Diniz MP, Michima LE y Fernandes WR. Estudio electrocardiográfico de equinos de salto sadios. *Pesq Vet Bras.* 2011;31:355-61.

4. Van Loon G, Patterson M. Electrophysiology and arrhythmogenesis. En: Marr CM y Bowen IM, editores. *Cardiology of the horse*. 2a ed. Oxford: Elsevier Saunders; 2010. p. 59-66.
5. Verheyen T, Decloedt A, Clercq DE, Deprez P, Sys SU, Van Loon G. Electrocardiography in horses-part 1: how to make a good recording. *Vlaams Diergen Tijds*. 2010;79:331-6.
6. Corley KT y Marr CM. Cardiac monitoring in ICU patient. *Clin Tech Equine Pract*. 2003;2:145-55.
7. Morgan R. Practical equine electrocardiography. *Companion Anim Pract*. 2012;17:10-3.
8. Hewetson M. Introduction to Electrocardiography in the horse and recognition of common abnormalities. 13th International Congress of World Equine Veterinary Association, Budapest, Hungary 2013.
9. Escudero A, González JR, Benedito JL, Prieto FR, Ayala I. Electrocardiographic parameters in the clinically healthy Zamorano-leones donkey. *Res Vet Sci*. 2009;87:458-61.
10. Corredor JR, Beltrán DA y Báez JF. Parámetros electrocardiográficos del equino criollo de la región del piedemonte llanero. *Orinoquia*. 2005;9:46-55.
11. Bello CA, Dumont CB, Souza TC, Palma JM, Lima EM, Godoy RF et al. Avaliação eletrocardiográfica de equinos após exercício de polo (baixo handicap). *Pesq Vet Bras*. 2012;32:47-52.
12. Alidadi N, Mokhber MR, Gholi M, Rezakhani A, Nouroozian I. The ECG of Turkman horse using the standard lead base apex. *J Equine Vet Sci*. 2002;22:182-4.
13. Fazio F, Ferrantelli V, Piccione G, Caola G. Variations in some electrocardiographic parameters in Trotter during racing and training. *Vet Res Commun*. 2003;27:229-32.
14. Schwarzwald CC, Kedo M, Birkman K, Hamlin RL. Relationship of heart rate and electrocardiographic time intervals to body mass in horses and ponies. *J Vet Cardiol*. 2012;14:343-50.
15. Lightowler C, Piccione G, Giudice E, Romei del Olmo G, Cattaneo ML. Echocardiography and electrocardiography as means to evaluate potential performance in horses. *J Vet Sci*. 2004;5:259-62.
16. Lightowler C, Pidal G, Mercado MC, Cattaneo ML. The left ventricular mass measurement through guided M-Mode echocardiography in the horse. Conference on Equine Sports and Medicine and Science; 2000. p. 149-53.
17. Ayala I, Gutiérrez C, Benedito JL, Hernández J, Castillo C, López M et al. Morphology and amplitude values in the electrocardiograms of Spanish-bred horses of different ages. *J Vet Med*. 1999;46:225-30.
18. Al-Khatib SM, LaPointe NM, Kramer JM, Califf RM. What clinicians should know about the QT interval. *J Am Med Assoc*. 2003;289:2120-212.
19. Luo S, Michler K, Johnston P, Macfarlane PW. A comparison of commonly used QT correction formulae: the effect of heart rate on the QTc of normal ECGs. *Electrocardiol*. 2004;37:81-90.
20. Pedersen PJ, Kanters JK, Buhl R, Klaerke DA. Normal electrocardiographic QT interval in race-fit Standardbred horses at rest and its rate dependence during exercise. *J Vet Cardiol*. 2013;15:23-41.