

HALLAZGOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS EN UNA MUESTRA DE NEONATOS SANOS DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

¹RUEDA, O.L., ²TRIGOS, P.L., ³MORA, V.M., ³VELANDIA, J.A., ³BECERRA, P.A., ³OTERO, A.V., ³REYES, L.M., ³RÍOS, A.J.,
²MONTERO, L. P., ²GÓMEZ, C., ⁴MANRIQUE, F., ⁵PÁEZ, N., ⁵SALGAR J., ⁶DUARTE, C.

1. MD Internista adscrito a Colsanitas, Bucaramanga, FACP. MSc. Epidemiología Clínica Universidad Javeriana. Director Grupo de Electrocardiografía. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.
2. MD Residente de Pediatría. Universidad Industrial de Santander. Grupo de Residentes de Pediatría. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
3. Estudiante de Medicina. Facultad de Salud. Grupo de Electrocardiografía. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.
4. MD Cardiólogo Pediatra. Instituto del Corazón de Bucaramanga. Colombia.
5. Estudiante de décimo semestre de Ingeniería Electrónica. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
6. Ingeniero Electrónico. MSc. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación- CEMOS. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

RESUMEN

En Santander, ocho de cada 1.000 niños presentan cardiopatías congénitas. El electrocardiograma es una herramienta que puede ser costo-efectiva para el tamizaje de estas. Sin embargo, no hay parámetros de normalidad publicados en Colombia. **Objetivo:** describir los valores de las diferentes ondas y segmentos electrocardiográficos en una muestra de neonatos sanos. **Métodos:** estudio longitudinal prospectivo de cohorte, que incluye todos los niños sanos nacidos de febrero a julio de 2006 en el Hospital Universitario de Santander, en Bucaramanga, Colombia. Criterios de exclusión: parto prematuro, riesgo materno, dificultad para seguimiento médico, hospitalización neonatal y riesgo cardiovascular. Se tomaron tres electrocardiogramas sucesivos, en las primeras 24 horas, a la semana y al primer mes. Para la captura y digitalización de señales se utilizó el sistema BIOPAC MP 35. Las medidas fueron validadas por verificación visual y con los datos obtenidos por un cardiólogo pediatra. El análisis estadístico se realizó en STATA 9.2. **Resultados:** se encontraron valores menores para el intervalo PR, para el eje QRS y para la amplitud de la onda S en V1 con respecto a los reportados por Davignon y Rijnbeek, así como en la duración de la onda P que fue menor y en la duración del QRS que fue mayor que la evidenciada por Davignon. La amplitud de la onda Q fue menor que la mostrada por Davignon, la amplitud de la onda R en V1 fue menor que Davignon y Rijnbeek. La amplitud de la onda S en V6 fue mayor que Davignon y Rijnbeek y la duración del intervalo QTc fue mayor que lo reportado por Davignon. **Conclusión:** en el presente estudio se evidencian cambios en algunas de las variables electrocardiográficas al compararlas con lo reportado en la literatura por Davignon y Rijnbeek. Estos cambios son en parte debido al uso de diferentes parámetros de frecuencia de muestreo y ancho de banda en el registro de la señal, pero además pueden estar mostrando variaciones etnográficas, por lo que se requiere la realización de un estudio multicéntrico nacional para avalar dichos resultados.

Palabras clave: neonatos, electrocardiograma, parámetros normales.

• *Correspondencia: oscarleonel8a@gmail.com

Fecha de recepción: 30 de mayo de 2009 - Fecha de aceptación: 29 de septiembre de 2009

**Artículo ganador del primer puesto como trabajo finalizado en el XXVI Congreso Colombiano de Pediatría 2009

ELECTROCARDIOGRAPHIC FINDINGS IN A SAMPLE OF HEALTHY NEWBORNS IN THE CITY OF BUCARAMANGA, COLOMBIA

ABSTRACT

In Santander, eight of 1000 children present congenital cardiopathies. A cost-effective tool for cardiac screening is the electrocardiogram. Nevertheless we do not have standards of normality established for Colombian population. **Objective:** to describe normal values of electrocardiographic waves and segments in a sample of healthy newborns. **Methods:** this was a longitudinal, prospective cohort study which included all the children born from February to July 2006 in the Hospital Universitario de Santander in Bucaramanga, Colombia. Exclusion criteria: preterm delivery, maternal risk, hard to follow patient, hospitalization of newborn and cardiovascular risk. Three consecutive electrocardiograms were taken, within the first 24 hours, to the week and in the first month. To capture and digitalize signals the BIOPAC MP 35 system was used. Measures were validated by visual verification and with data obtained from a pediatric cardiologist. Statistical analysis was performed with STATA 9.2. **Results:** in comparison to international standards (Davignon and Rijnbeek), lower values of PR interval, QRS complex and amplitude of S wave were found in VI. Also P wave length and amplitude of Q and R wave were found lower compared to reported standards. In contrast QRS complex length, S wave amplitude in V6 and QTc interval length were found to be higher. **Conclusions:** in the present study we reported changes compared to international standards published by Davignon and Rijnbeek. These changes are in part due to the use of different parameters in frequency of sampling and bandwidth used for signal registry. Nevertheless it could be showing ethnographic differences, which means that further research is needed on this topic.

Keywords: newborn, normal standards.

INTRODUCCIÓN

Las cardiopatías congénitas tienen una prevalencia en Colombia de entre 7.5 y 9.5 por cada 1.000 nacimientos (sin discriminar entre nacidos vivos y mortinatos) (1). En Santander, ocho de cada 1.000 niños presentan cardiopatías congénitas (2). El electrocardiograma (ECG) se ha subestimado en neonatología, en parte debido a la falta de estudios que evidencien su utilidad en el tamizaje de cardiopatías congénitas, razón por la cual no es rutinario en la evaluación médica integral. Esto ha generado diferencias en la interpretación entre neonatólogos, pediatras generales y cardiólogos pediatras (3).

Además, las señales ECG varían, a medida que el niño crece, según la maduración del sistema cardiovascular. Los cambios más rápidos ocurren durante el primer año de vida. Durante la infancia, las variaciones son más graduales, hasta la adolescencia tardía y la edad adulta (4). Varios estudios han establecido límites de normalidad para el ECG pediátrico; sin embargo, estos trabajos tienen algunas limitaciones debido, en parte, a que los resultados abarcan parámetros y derivaciones clínicamente relevantes

de forma incompleta. No se ha realizado un seguimiento de los pacientes estudiados pues se han tomado grupos de pacientes de diferentes edades de manera transversal y, además, en los estudios previos se han usado frecuencias de muestreo inferiores a las recomendadas en la actualidad (5) (6). Los límites normales más referenciados internacionalmente son los establecidos por Davignon *et al*, en 1979, con las mediciones obtenidas de 2.141 niños entre 0 y 16 años, 668 de ellos en el primer mes de vida. Dichos valores comprendían 39 variables presentadas en rangos entre los percentiles 2 y 99 (7).

Macfarlane *et al* publicaron en 1989 un estudio realizado en 1.780 niños, con un muestreo de la señal de 500Hz que mostraba diferencias en las amplitudes normales, que podían ser hasta un 46% superiores a las reportadas por Davignon. Infortunadamente, las variables estudiadas fueron escasas (6) (8).

Rijnbeek *et al* estudiaron 1.912 niños –con edades que iban desde los 11 días hasta los 16 años– usando un muestreo electrocardiográfico de 1.200 Hz, que incluyó un número de neonatos reducido (n=44). Encontraron diferen-

cias entre un 12 y un 25% en los límites superiores de los rangos de muchas variables en relación con el estudio de Davignon (6). Por otra parte, se debe resaltar que en algunos países europeos ya se ha considerado la inclusión del electrocardiograma en la evaluación neonatal en los servicios de salud (5). Esta acción debería hacerse extensiva a la población colombiana, con el fin de prevenir efectivamente desórdenes que pueden potencialmente amenazar la vida.

Debido a que en nuestro medio no hay estudios que convaliden dichos patrones electrocardiográficos, este trabajo aborda la identificación, la medición y la caracterización de las ondas e intervalos más relevantes del ECG neonatal, usando los parámetros de registro recomendados internacionalmente y haciendo un seguimiento durante el primer mes de vida en una población local, confrontando los datos con los más importantes en la literatura médica internacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo en 120 neonatos normales nacidos en el Hospital Universitario de Santander de la ciudad de Bucaramanga en Colombia, los cuales fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por casos consecutivos. El tamaño de la muestra se calculó de acuerdo a los parámetros sugeridos en el trabajo de Davignon, en el cual se consideró que el número mínimo necesario para obtener adecuados valores del percentil 98 para la mayoría de las variables electrocardiográficas es 100 sujetos (7).

Esta investigación se realizó previo consentimiento informado de los padres y con aprobación de los comités de ética en investigación de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y del Hospital Universitario de Santander (HUS).

Diariamente se revisaron los registros de las valoraciones realizadas por pediatría en el área de ginecología y obstetricia, para identificar los niños nacidos en las 24 horas previas, evaluando la historia clínica materna.

Fueron incluidos en el estudio los neonatos cuyas madres residían en el área metropolitana de Bucaramanga, que no tenían patologías de base y que habían asistido a controles prenatales, en los que no se encontraron factores de riesgo obstétrico ni cardiovascular. Además, debían ser producto de un embarazo a término (37-42 semanas), sin complicaciones perinatales, con un peso al nacer de entre

2.500 – 4.000 gr. y con una valoración neonatal normal realizada por un médico pediatra.

A los padres de los neonatos que cumplían con los criterios de inclusión se les solicitó el consentimiento informado. Se proporcionó la opción de retirarse del estudio en cualquier momento del mismo, incluso luego de haber aceptado su participación por escrito. Además, se diligenciaron fichas epidemiológicas en las que se incluyeron datos sociodemográficos, patologías asociadas, examen físico y medicamentos de uso previo.

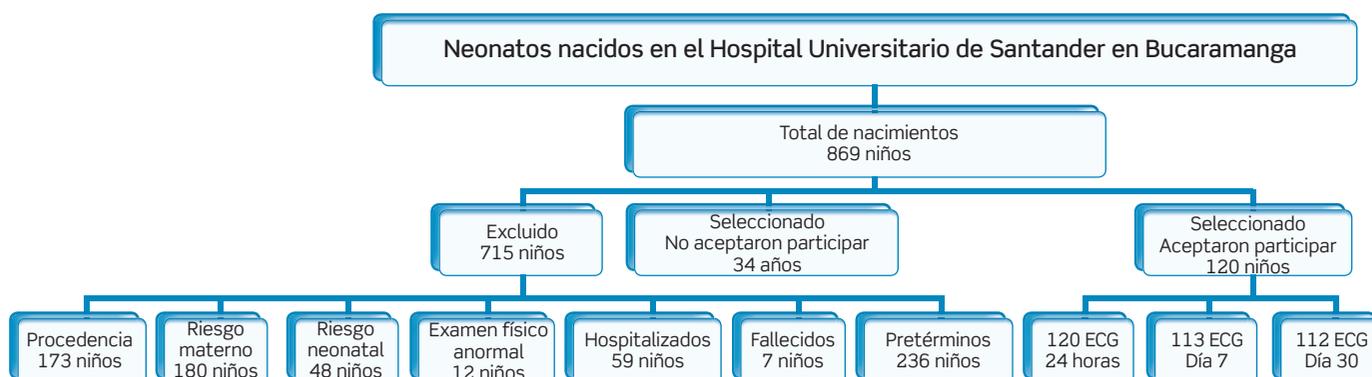
El registro electrocardiográfico se estandarizó de tal manera que se usaron electrodos neonatales, los cuales se ubicaron de manera convencional tomando las derivaciones bipolares, las unipolares de las extremidades y las precordiales, incluyendo V3R.

Se entrenó a las personas encargadas de la toma de todos los registros electrocardiográficos sobre la ubicación exacta de los mismos, bajo similares condiciones de temperatura ambiente y hora de registro (en las mañanas). A cada neonato incluido en el estudio se le realizó una primera toma electrocardiográfica dentro de las primeras 24 horas posnatales, en reposo y junto a la madre para tranquilizarlo (9).

Posteriormente, se hizo un seguimiento electrocardiográfico a los siete días y al mes de vida bajo los parámetros preestablecidos. Lo anterior se hizo por medio de un equipo de instrumentación biomédica de referencia BIOPAC MP35 (Biopac Systems EE.UU.), calibrado previamente, que toma las señales electrocardiográficas directamente de los niños, las filtra y las digitaliza.

El muestreo de las señales se realizó siguiendo el rango máximo de lo recomendado en la actualidad (1200Hz), y con un ancho de banda de 300Hz (10). Además, se aplicó un filtro de 60Hz para eliminar la interferencia de la corriente alterna. El registro se repitió hasta obtener un resultado óptimo, entendido como aquel en el cual las diferentes ondas y segmentos son visibles adecuadamente, sin exceso de ruido de base y de fácil interpretación.

Para el análisis de los trazos digitales electrocardiográficos se usó el *software* NEO versión 1.0 (Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica UIS) (11), el cual midió la duración y la amplitud de todas las ondas y los segmentos electrocardiográficos en todas las derivaciones, a partir de la detección de las singularidades y puntos característicos obtenidos por medio de la transformada Wavelet. Se tomó



Gráfica 1. Selección de los pacientes del estudio.

como línea de base el vector calculado por el programa a partir de los puntos de inicio de cada complejo QRS. Este *software* fue validado durante el desarrollo del presente estudio. Además se hizo una revisión y una edición visual de cada señal, reubicando los puntos de detección si era necesario y eliminando los valores de las ondas, los segmentos y los intervalos que no concordaran con lo observado en el trazo electrocardiográfico. Los valores cero encontrados se colocaron como puntos en la base de datos para evitar su inclusión en los cálculos posteriores.

La información fue registrada por duplicado en Excel 2003 (Microsoft - EE.UU.). El análisis de la información se realizó con Stata 9.2 (Stata Corp., 2005). Para las variables cuantitativas se obtuvieron medidas de tendencia central (media y desviación estándar), los percentiles 2, 5, 25, 50, 75, 95, 98 y 99, y los rangos de cada una. Para las variables cualitativas se calcularon proporciones.

RESULTADOS

Descripción de la muestra

Durante los seis meses del estudio se evaluaron 869 nacimientos, de los cuales solo 154 neonatos eran elegibles según la valoración por pediatría; 34 padres no aceptaron participar (gráfica 1). De los restantes 120 niños se obtuvo el primer registro en las 24 horas subsiguientes al parto, y se registraron sus datos demográficos. A la semana se obtuvo el registro en 113 neonatos y al mes en 112, con una pérdida en el seguimiento del 6.7%.

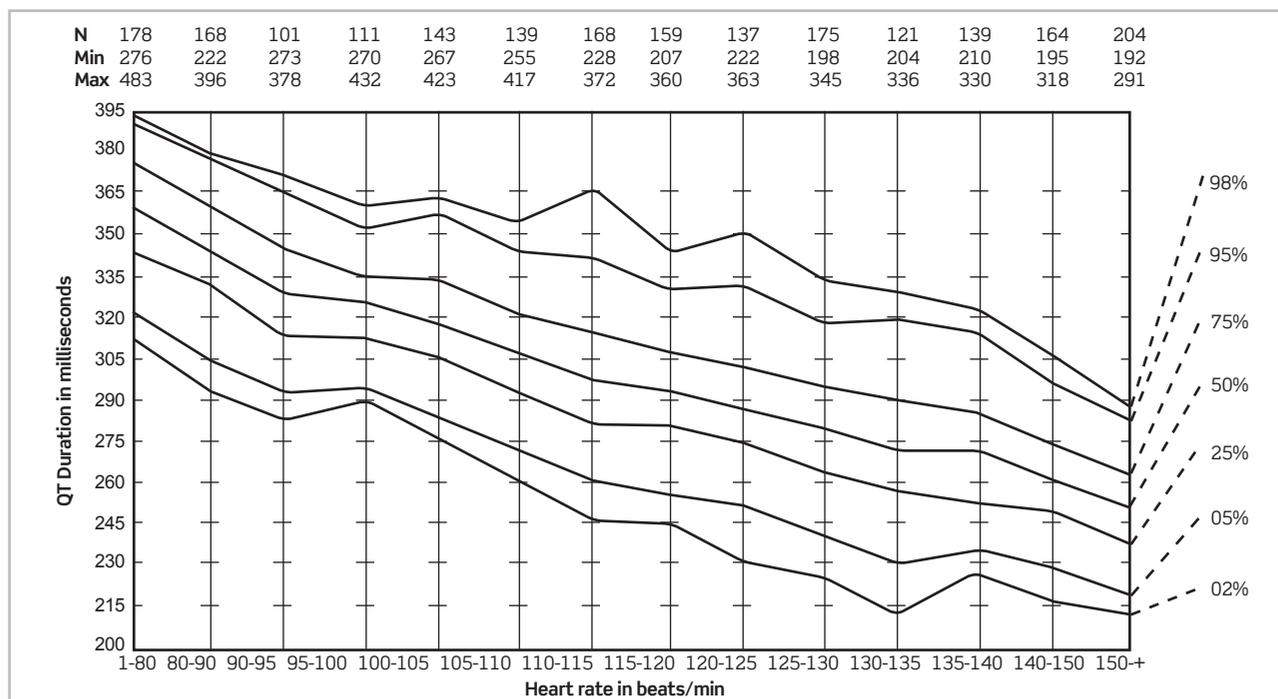
De la muestra final del estudio, el 30.8% (n=37) de las madres tenían entre 15 y 20 años; el 57.5% (n=69), entre 21 y 30, y el 11.6% (n=14), entre 31 y 37. El 27.5% de las

madres (n=33) eran primigestantes; el 13.3% (n=16) llevaban más de tres gestaciones. Las edades gestacionales se especifican en la tabla 1. El 95.8% de las madres (n=115) asistieron a controles prenatales. El 75.6% (n=87) asistieron a más de tres controles en su gestación. Al 96.7% (n=116) de las madres se les realizaron ecografías prenatales, y al 100% se les hizo monitoreo fetal, con resultados normales. La vía del parto de los recién nacidos fue por cesárea en un 42.5% (n=51), con anestesia regional en un 100% y por parto vaginal en un 57.5% (n=69). Las causas de cesárea están consignadas en la tabla 2. Discriminando por géneros, 64 neonatos eran de sexo masculino (53.3%) y 56 de sexo femenino (46.7%). Al evaluar el peso al nacer, el 35% pesaba entre 2.500 y 3.000 gr.; el 45.8%, entre 3.001 y 3.500, y el 19.2%, entre 3.501 y 4.000.

Validación del *Software* NEO 1.0

Se evaluó la capacidad del *software* NEO 1.0 en la detección de las singularidades y puntos característicos del trazo electrocardiográfico a partir de una muestra aleatoria de 100 trazos, de los 345 obtenidos, identificándolos en todas las derivaciones. Para la onda P se obtuvo una sensibilidad (S) de 88.7% y un valor predictivo positivo (VPP) de 94.3%; para el complejo QRS, una S=99% y un VPP=99.2%, y para la onda T, una S=83.7% y un VPP=97.5%. Se tomó como patrón de referencia la lectura a cargo de un médico experto en electrocardiografía.

Se compararon las medidas de duración y amplitud entre el *software* Neo 1.0 y un cardiólogo pediatra en 30 señales electrocardiográficas seleccionadas aleatoriamente, por medio de la prueba t de Student en Stata 9.2. Se encontró para la frecuencia cardíaca en DII un valor P de 0.48, para el



Gráfica 2. Relación entre intervalo QT y frecuencia cardiaca (7).

eje del complejo QRS en DII una P de 0.54, para la amplitud de la onda R en V6 una P de 0.66, para la amplitud de la onda S en V6 una P de 0.37, para la duración del intervalo PR en DII una P de 0.31, y para la duración del complejo QRS en DII y V5 una P de 0.17 y 0.22 respectivamente, con lo que se obtuvo una adecuada validación de la lectura realizada por el *software*.

Parámetros electrocardiográficos

El programa permitió la lectura de 26 variables en las 13 derivaciones convencionales. A partir de los datos obtenidos se calcularon tres variables adicionales: eje del QRS y amplitud global de la onda T y P, incluyendo tanto las positivas como las negativas. En el presente artículo se muestran los resultados obtenidos en las derivaciones de mayor uso clínico. Las variables cuantitativas se presentan en tablas para cada tiempo de registro usando los percentiles 2 y 98. Además se comparan con los valores obtenidos en los dos estudios internacionales más relevantes en electrocardiografía neonatal (6) (7).

Las variables cualitativas se presentan en porcentajes. Los resultados de la lectura electrocardiográfica de las derivaciones no incluidas en este artículo, junto con el análisis de las posibles diferencias entre los grupos etarios usando

ANOVA de medidas repetidas, serán motivo de una futura publicación.

Frecuencia cardiaca

El comportamiento de la frecuencia cardiaca fue ascendente, con medias similares a las descritas por Davignon y Rijnbeek (6) (7). Es así como al nacer, en las primeras 24 horas se encuentra una frecuencia promedio de 128 latidos por minuto (lpm) con un rango (p2-p98) entre 99 a 175 lpm. A la semana, la frecuencia se incrementa en promedio a 139 lpm (rango 114-166 lpm). Al mes, sigue aumentando a 150 lpm (rango de 119 a 197 lpm) (tabla 3).

Eje del complejo QRS

El valor del eje eléctrico del corazón se obtuvo sumando vectorialmente los potenciales netos de los complejos QRS (la suma algebraica de los voltajes de las ondas R, R' S, y Q) en las derivaciones DI, DII y DIII. El eje eléctrico, en promedio, al nacer se encuentra desviado a la derecha; sin embargo, al mes, esta tendencia disminuye y el promedio llega incluso a acercarse a los límites superiores del adulto.

En las primeras 24 horas se observa un eje eléctrico de 130 grados (rango 83 a 205 grados), a la semana el eje eléctrico aumenta a 136 grados (con rango entre 74 y 202

Tabla 1. Edad gestacional de las madres.

Edad gestacional (semanas)	Frecuencia	Porcentaje
37	23	19.2%
38	26	21.7%
39	24	20.0%
40	47	39.2%
Total	120	100.0%

Tabla 2. Razones para practicar cesáreas en las madres.

Causa de cesárea	Frecuencia	Porcentaje
Condilomatosis	1	1.96%
Desproporción	13	25.5%
Detención del parto	6	11.7%
Presentación podálica	3	5.8%
Madre precesareada	26	51%
Presentación transversa	1	1.96%
Valioso	1	1.96%
Total	51	100.0%

grados), y al mes el eje se ubica en promedio en 105 grados (con rango entre 35 ay 195 grados). Las medias son similares a las descritas por Davignon. Comparando con Rijnbeek, el percentil 2 es 44-53% menor y el percentil 98 es 26-39% mayor (tabla 4).

Amplitud y morfología de la onda P

La onda P es la primera onda visible en el ECG, que se recomienda evaluar en las derivaciones DII y aVF (9). Los datos de la amplitud se presentan para la derivación DII en valores absolutos, obtenidos conjugando las ondas P positivas y negativas, y excluyendo las ondas bifásicas de los datos a promediar. Se halla un incremento progresivo desde una media en el primer día de vida de 0.05 milivoltios (mV) (rango de 0.005 a 0.13 mV); en la primera semana, de 0.08 mV (rango de 0.01 a 0.18 mV), y se llega al mes a una media de 0.09 mV (rango de 0.01 a 0.21 mV) (tabla 5). Los promedios son inferiores en un 53-69% de los reportados por Davignon, pero mantienen la misma tendencia ascendente. Con respecto a Rijnbeek, los percentiles 98 son similares. Las morfologías se presentan para las derivaciones DII y V1 (tablas 6 y 7). En DII se observa un predominio creciente de la morfología positiva de las ondas P durante la edad neonatal, que va desde un 78% al nacer hasta un 94% en el día 30. Hay una proporción importante de ondas bifásicas en el primer día de vida (19%), que disminuye progresivamente hasta desaparecer al final del primer mes. En V1, el porcentaje de ondas positivas desde el nacimiento hasta la primera semana se incrementa del 54 al 75%, luego de lo

Tabla 3. Valores de frecuencia cardíaca en DIII Tiempo.

Tiempo	Davignon et al 1979/80			Rijnbeek et al 2001		
	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	123 (93-154)	-----	128 (99-175)	123 (93-154)	-----	128 (99-175)
Día 7	129 (90-166)	-----	139 (114-166)	129 (90-166)	-----	139 (114-166)
Día 30	149 (107-182)	160 (129-192)	150 (119-197)	149 (107-182)	155 (136-216)	150 (119-197)

Valores dados en latidos por minuto, lpm. p = percentil. Los datos de Rijnbeek y Semizel siempre se presentan en dos filas, la superior es para niños y la inferior para niñas.

Tabla 4. Valores del eje del complejo QRS.

Tiempo	Davignon et al 1979/80			Rijnbeek et al 2001		
	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	135 (59-194)	-----	130 (83-205)	135 (59-194)	-----	130 (83-205)
Día 7	134 (75-194)	-----	136 (74-202)	134 (75-194)	-----	136 (74-202)
Día 30	110 (65-160)	97 (75-140)	105 (35-195)	110 (65-160)	110 (63-155)	105 (35-195)

cual desciende hasta un 50% en el primer mes. La presencia de ondas bifásicas fue menor que en DII, pero persistente hasta el final del primer mes en un porcentaje muy inferior (0.97%).

Duración de la onda P

Se presentan los datos para la derivación DII en la tabla 8. La duración de esta onda mostró valores estables desde el nacimiento hasta la primera semana, con un promedio de 51 milisegundos (ms) (rango de 38 a 64 ms). Al mes se incrementó ligeramente la media, con un valor de 54 ms (rango de 39 a 65 ms). Estos resultados no son comparables con el estudio de Davignon, ya que la duración de la onda P no se tuvo en cuenta en dicho estudio. Con respecto al estudio de Rijnbeek, los percentiles 2 y 98 encontrados son menores entre un 39% y un 43%, y entre un 24% y un 39%, respectivamente (tabla 8).

Intervalo PR

Se presentan los datos en la derivación DII. El intervalo PR en las primeras 24 horas fue de 89 ms con rango entre 61 a 115 ms; a la semana fue de 84 ms con rango entre 55 y 118 ms, y al mes se encontró en promedio en 86 ms con rango entre 55 y 119 ms. Las medias encontradas son 14-18% menores a las descritas por Davignon que tuvieron una tendencia descendente. En cuanto a Rijnbeek, el percentil 2 de

Tabla 5. Amplitud de la onda P en DII.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	0.16 (0.05-0.28)	-----	0.05 (0.005-0.13)
Día 7	0.17 (0.06-0.29)	-----	0.08 (0.01-0.18)
Día 30	0.19 (0.06-0.30)	0.15 (0.23) 0.16 (0.25)	0.09 (0.01-0.21)

Valores dados en milivoltios = mV. Igual para el resto de variables de amplitud.

Tabla 6. Morfologías de la onda P en DII en neonatos.

Morfología específica (%)				
Tiempo	Positiva	Negativa	Bifásica +/-	Bifásica -/+
Día 1	78.18	2.73	19.09	.
Día 7	89.09	2.73	8.18	.
Día 30	94.39	5.61	.	.

Tabla 7. Morfologías de la onda P en V1 en neonatos.

Morfología específica (%)				
Tiempo	Positiva	Negativa	Bifásica +/-	Bifásica -/+
Día 1	53.7	37.96	8.33	.
Día 7	75.23	22.94	1.83	.
Día 30	50.49	47.57	0.97	.

Tabla 8. Duración de la onda P en DII.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	-----	-----	51 (38-64)
Día 7	-----	-----	51 (39-64)
Día 30	-----	78 (64-85) 79 (69-106)	54 (39-65)

Valores dados en milisegundos = ms. Igual para las demás variables de duración.

Tabla 9. Duración del intervalo PR en DII.

Davignon et al 1979/80			
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Rijnbeek et al 2001 Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	105 (80-160)	-----	89 (61-115)
Día 7	103 (80-140)	-----	84 (55-118)
Día 30	100 (70-130)	99 (77-120) 101 (91-121)	86 (55-119)

Tabla 10. Duración del complejo QRS en DII.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	50 (20-80)	-----	64 (49-89)
Día 7	50 (20-70)	-----	61 (55-82)
Día 30	50 (20-80)	67 (50-85) 67 (54-79)	58 (44-89)

Tabla 11. Amplitud de la onda Q en DIII.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	0.14 (0.00-0.52)	-----	0.11 (0.02-0.29)
Día 7	0.16 (0.02-0.49)	-----	0.12 (0.00-0.26)
Día 30	0.15 (0.00-0.56)	0.15 (0.26) 0.10 (0.35)	0.10 (0.002-0.30)

Tabla 12. Amplitud de la onda R en la derivación V1.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p2-p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	1.42 (0.51-2.60)	-----	0.67 (0.18-1.37)
Día 7	1.33 (0.32-2.45)	-----	0.76 (0.26-1.65)
Día 30	1.08 (0.30-2.17)	1.10 (2.05) 1.35 (2.20)	0.51 (0.03- 1.13)

este estudio es un 29-41% menor, respecto al percentil 98 los valores son similares (tabla 9).

Duración del QRS

La duración del complejo QRS se midió desde el inicio de la primera deflexión (onda Q o R) hasta el final de la última deflexión (onda R, S ó R'). Sin embargo, se ha sugerido que se debería medir en una derivación con una onda Q inicial

(12), por lo cual se presentan los datos obtenidos en la derivación V5, encontrándose un descenso de sus valores con el crecimiento del recién nacido, con medias que van desde 64 ms en el primer día (rango entre 49 y 89 ms), hasta 58 ms en el día 30 (con rango de 44 a 89 ms). Las medias son superiores a las descritas por Davignon en un 16-28% y presentaron un comportamiento estable. Los percentiles son similares a los reportados por Rijnbeek (tabla 10).

Tabla 13. Amplitud de la onda R en la derivación V6.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	0.40 (0.00-1.12)	-----	0.52 (0.14-1.23)
Día 7	0.45 (0.05-1.25)	-----	0.65 (0.18-1.36)
Día 30	0.76 (0.25-1.62)	1.00 (1.78) 0.93 (1.64)	0.81 (0.05-1.81)

* Presenta datos para las precordiales V1 y V7 (línea axilar posterior izquierda con 5° espacio intercostal). Igual para las ondas Q y S.

Tabla 14. Comparación de amplitudes de las ondas R en V3 y V4, en neonatos.

Derivación			
	1 día HUS Media (p5-p50-p95)	1 semana HUS Media (p5-p50-p95)	1 mes HUS Media (p5-p50-p95)
V3	0.91 (0.40-0.88-1.58)	0.95 (0.48-0.90-1.68)	0.98 (0.10-1.02-1.78)
V4	0.85 (0.40-0.83-1.35)	0.89 (0.39-0.87-1.60)	1.00 (0.09-1.04-1.86)

Tabla 15. Amplitud de la onda S en la derivación V1.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	0.86 (0.05-2.25)	-----	0.49 (0.11-1.09)
Día 7	0.67 (0.05-1.70)	-----	0.43 (0.09-1.13)
Día 30	0.42 (0.05-1.17)	0.74 (1.41) 0.72 (1.48)	0.30 (0.02-0.82)

Tabla 16. Amplitud de la onda S en la derivación V6.

Davignon et al 1979/80		Rijnbeek et al 2001	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	0.35 (0.01-0.98)	-----	0.74 (0.16-1.56)
Día 7	0.36 (0.01-0.98)	-----	0.77 (0.16-1.51)
Día 30	0.34 (0.01-0.98)	0.49 (0.77) 0.44 (1.07)	0.63 (0.03-1.54)

Amplitud de la onda Q

Se ha recomendado que se estudie en las derivaciones DII, DIII, aVF y V6, mostrando una tendencia creciente en los primeros meses de vida (10). La amplitud promedio de la onda Q en DIII al nacer fue de 0.11 mV (rango entre 0.02 y 0.29 mV); a la semana, de 0.12 mV (con rango de 0.02 a 0.26 mV), y al mes, de 0.10 mV (con rango entre 0.002 a 0.30 mV). Los valores medios son un 21-33% menores que los

de Davignon, los cuales mostraron una tendencia estable similar a la de este estudio. El percentil 98 difiere en un 15% del publicado por Rijnbeek (tabla 11).

Amplitud de la onda R

Se debe evaluar en las derivaciones precordiales derechas e izquierdas. Las tablas 12 y 13 muestran los datos de las precordiales V1 y V6. En V1, al nacer el valor promedio fue 0.67 mV (rango 0.18 a 1.37 mV), se incrementa a la semana con valor de 0.76 mV (rango de 0.26 a 1.65 mV) y disminuye al mes llegando a 0.51 mV (rango de 0.03 a 1.13 mV). Las medias son un 43-53% inferiores a las reportadas por Davignon, que muestran una tendencia descendente. El percentil 98 es un 45-49% menor al descrito por Rijnbeek. En V6, el valor promedio se incremento continuamente. Al nacimiento se encontró en 0.52 mV (rango de 0.14 a 1.23 mV); a la semana, en 0.65 mV (rango 0.18 a 1.36 mV), y al mes, en 0.81 mV (rango de 0.05 a 1.81 mV). Estos valores son un 30-44% mayores que los de Davignon con tendencia similar y cercanos a los de Rijnbeek.

Los valores correspondientes a V3 y V4 se presentan en la tabla 14. Se encontró una tendencia creciente en ambas derivaciones a medida que el neonato avanza en edad; en V3 se llegó al mes a un promedio de 0.98 mV (rango 0.10 a 1.78 mV), y en V4, a 1.00 mV (rango entre 0.09 a 1.86 mV).

Amplitud de la onda S

Se muestran los datos para V1, V3, V4 y V6 en forma similar a la onda R (tablas 15-17). Para V1, el valor promedio disminuye progresivamente. Al nacimiento es de 0.49 mV (rango 0.11 a 1.09 mV); a la semana, de 0.43 mV (rango de 0.09 a 1.13 mV), y al mes, de 0.30 mV (rango de 0.02 a 0.82 mV).

Estos valores son inferiores en un 29-43% a los descritos por Davignon con comportamiento similar. Con respecto a Rijnbeek, el percentil 98 es un 42-45% menor. Para V6, la media al nacimiento fue 0.74 mV (rango de 0.16 a 1.56 mV); en la primera semana, 0.77 mV (rango de 0.16 a 1.51 mV), y al mes, 0.63 mV (rango de 0.03 a 1.54 mV). Estos valores son el doble de los descritos por Davignon con tendencia similar. Con respecto a Rijnbeek, el percentil 98 es un 44-100% mayor.

Progresión relación R/S

La relación R/S en V3 y V4 es menor a 1 en el recién naci-

Tabla 17. Comparación de amplitudes de las ondas S en V3 y V4, en neonatos.

Derivación			
	1 día HUS Media (p5-p50-p95)	1 semana HUS Media (p5-p50-p95)	1 mes HUS Media (p5-p50-p95)
V3	1.37 (0.49-1.33-2.22)	1.16 (0.62-1.16-1.86)	0.97 (0.09-1.08-1.75)
V4	1.34 (0.59-1.25-2.28)	1.15 (0.63-1.13-1.86)	0.95 (0.09-0.97-1.70)

Tabla 18. Morfologías de la onda T en V1 en neonatos.

Morfología específica (%)					
Tiempo	Plan A	Positiva	Negativa	Bifásica +/-	Bifásica -/+
Día 1	.	72.28	13.86	0.99	12.87
Día 7	0.95	6.67	37.14	.	55.24
Día 30	.	.	80.19	0.94	18.87

Tabla 19. Morfologías de la onda T en V3R en neonatos.

Morfología específica (%)					
Tiempo	Plan A	Positiva	Negativa	Bifásica +/-	Bifásica -/+
Día 1	0.93	58.88	20.56	1.87	17.76
Día 7	0.94	4.72	50	.	44.34
Día 30	.	0.99	81.19	1.98	15.84

Tabla 20. Duración del intervalo QTC en V5 en neonatos.

	<i>Davignon et al 1979/80</i>	<i>Rijnbeek et al 2001</i>	
Tiempo	Media (p2-p98) (3, 9, 11, 12)	Mediana (p98) (5)	HUS 2009 Media (p2-p98)
Día 1	400 (332-427)	-----	454 (371- 518)
Día 7	400 (336-400)	-----	434 (371 -527)
Día 30	400 (336-350)	413 (378-448) 420 (379-462)	428 (382- 470)

do, y a la semana muestra una tendencia al isobifasismo, con voltajes similares al final del primer mes (tablas 14 y 17).

Morfología de la onda T

Está reportado que ante la persistencia de una onda T positiva en V1 o V3R, más allá de la primera semana de vida, se debe sospechar hipertrofia ventricular derecha (13). En la muestra estudiada se encontró una progresión de positivo a negativo. En las primeras 24 horas de vida, positiva en el 72% de los neonatos en V1 y en el 59% en V3R; a la

semana, esta positividad disminuyó a 7% y a 5%, respectivamente, y para el mes no se hallaron ondas T positivas en V1 y V3R estaban en el 1% (tabla 18 y 19).

Duración del intervalo QTC

El intervalo QT se mide desde el inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T. Se debe calcular en las derivaciones DII, V5 y V6, reportándose el valor mayor. El límite superior normal del QTC en neonatos reportado en la literatura es de 440; pudiendo encontrarse un QTC mayor en el 2-5% de los recién nacidos normales (14).

En el presente estudio se calculó el intervalo QTc por medio de la fórmula de Bazett.

$$QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR}}$$

Los valores obtenidos de los datos de las tablas de Davignon fueron calculados basados en la siguiente fórmula:

$$QTc = QT * \sqrt{\frac{FC}{60}} \quad (6)$$

En la anterior fórmula, la frecuencia cardiaca correspondiente a los percentiles 2 y 98, en relación con el QT, se obtuvo a partir de la figura 2, tomada de los resultados originales obtenidos por Davignon. Se asumió que la frecuencia para el percentil 2 del QT correspondía al máximo valor de intersección. Para el percentil 98 del QT se eligió el mínimo valor de intersección en la gráfica.

En los datos obtenidos, la tendencia fue descendente al nacimiento con media de 454 (rango de 371-518); a la semana, de 434 (rango de 371-527), y al mes, de 428 (rango de 382-470). Al comparar los percentiles 98 con Davignon, los valores fueron un 21-34% mayores. Respecto a Rijnbeek, los valores fueron similares (tabla 18).

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio que se realiza en Colombia sobre la búsqueda de los parámetros normales del electrocardiograma neonatal y uno de los pocos que ha seguido a la misma cohorte de pacientes para evaluar los cambios que ocurren durante el tiempo en la señal digital electrocardiográfica.

En la metodología de este estudio se utilizaron las más actuales recomendaciones para la toma de la señal digital electrocardiográfica: una frecuencia de muestreo alta, de 1.200 MHz, y un ancho de banda amplio, de 300 MHz. También se tuvo en cuenta la estandarización en la técnica de ubicación de los electrodos y de la toma de la señal electrocardiográfica, tema que merece la atención debido a que estudios previos han mostrado que el no tener en cuenta esto puede generar resultados sesgados.

Se destaca también la selección de los pacientes, realizada con criterios estrictos aplicados para definir un neonato sano, que cobijaron la evaluación prenatal, los antecedentes maternos, el monitoreo fetal intraparto normal y las características clínicas al nacimiento, junto con una valoración completa por parte de un neonatólogo experto. Además, el bajo porcentaje de pérdidas en el seguimiento (6.7%) y el tamaño de la muestra siguen las recomendaciones dadas por Davignon para obtener un adecuado poder estadístico del estudio.

Otro aporte fue el desarrollo del primer *software* Colombiano especializado en la lectura del electrocardiograma neonatal. Este *software*, diseñado por el Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación (CEMOS) de la Universidad Industrial de Santander, pasó por las pruebas de sensibilidad y especificidad en la detección de los puntos característicos del electrocardiograma. Además se realizó una validación de las medidas obtenidas en duración y voltaje en las diferentes ondas electrocardiográficas, lo cual mostró resultados similares a los reportados por la lectura ciega de un cardiólogo pediatra experto, sin evidenciarse diferencias estadísticamente significativas entre ellas. También se optimizó la lectura generada por el *software* al realizarse un chequeo manual y las correcciones necesarias para asegurar que todos los puntos característicos a medir de dicha señal fueran correctos.

Otro aporte de este estudio fue el haber medido la totalidad de las variables electrocardiográficas en todas las 13 derivaciones convencionales y no solo las de importancia clínica, con lo que se cuenta con una base de datos amplia y completa para futuros estudios.

Los resultados obtenidos se compararon con los reportados por Davignon y Rijnbeek, considerados referentes mundiales, y se encontraron diferencias con los mismos, las cuales pueden deberse a las diferentes técnicas de muestreo y de ancho de banda usadas en estos estudios y a diferencias

etnográficas en los neonatos estudiados. A destacar de los resultados obtenidos tenemos que se encontraron valores menores para el intervalo PR con respecto a estos autores, así como para el eje QRS y para la amplitud de la onda S en V1. En cuanto a la duración de la onda P, fue menor que la reportada por Rijnbeek. La duración del QRS fue mayor que la evidenciada por Davignon. La amplitud de la onda Q fue menor que la mostrada por Davignon. La amplitud de la onda R en V1 fue menor que la dada por Davignon y Rijnbeek. La amplitud de la onda S en V6 fue mayor que la registrada por Davignon y Rijnbeek. La duración del intervalo QTc fue mayor que la determinada por Davignon.

CONCLUSIONES

Las bases del ECG pediátrico normal incluyen la familiaridad con los hallazgos normales a diferentes edades y frecuencias cardíacas, lo que condiciona cambios en los intervalos, el eje y las morfologías de las ondas, y el entendimiento de los cambios fisiológicos cardíacos asociados con la edad y la maduración, particularmente la adaptación desde una predominancia ventricular derecha a una izquierda. Los aspectos técnicos, la metodología y el equipo usado para la adquisición de la señal, al igual que la forma de agrupar los datos y las derivaciones donde se evalúan, condicionan los diferentes resultados reportados en la literatura médica en ECG neonatal.

En el presente estudio se evidencian cambios en algunas de las variables electrocardiográficas al compararlas con lo reportado en la literatura por Davignon y Rijnbeek. Estos

cambios son, en parte, debido al uso de diferentes parámetros de frecuencia de muestreo y de ancho de banda en el registro de la señal, pero además pueden estar mostrando variaciones etnográficas, por lo que se requiere la realización de un estudio multicéntrico nacional para avalar dichos resultados.

LIMITACIONES Y SUGERENCIAS PARA FUTUROS TRABAJOS

Los resultados obtenidos solo son extrapolables a los neonatos sanos nacidos en el Hospital Universitario de Santander. Los autores están interesados en motivar a otros colegas neonatólogos para unir esfuerzos en el desarrollo de un estudio multicéntrico cuyos resultados podrán extrapolarse a toda la población colombiana. Otra sugerencia, aun cuando no fue aplicada en los estudios de referencia de Davignon y Rijnbeek, es la realización simultánea de un ecocardiograma con el fin de aumentar la certeza del diagnóstico de neonato sano desde el punto de vista cardiovascular. Se sugiere, además, la validación de la lectura obtenida por el software Neo 1.0 con la obtenida por otros software comerciales validados internacionalmente. En la actualidad, el grupo de Electrocardiografía de la Universidad Industrial de Santander adelanta el segundo artículo de esta investigación, que corresponde al análisis de los resultados según género, características antropométricas y evaluación de las diferencias etarias por medio de ANOVA de medidas repetidas.

REFERENCIAS

- Baltaxe E, Zarante I. Prevalencia de malformaciones cardíacas congénitas en 44.985 nacimientos en Colombia. *Arch Cardiol Mex.* 2006; 76: 263-268.
- Secretaría de Salud de Santander. Boletín de Prensa N° 30. El Lunes, Lanzamiento Del Programa Mi Corazón Por Santander. Diciembre 2006. Disponible en: http://www.saludsantander.gov.co/bolet_ultimo.htm.
- Wathen JE, Rewers AB, Yetman AT, et al. Accuracy of ECG interpretation in the pediatric emergency department. *Ann Emerg Med.* 2005;46(6):507-511.
- Sharieff, Ghazala Q and Rao, Sri O. The Pediatric ECG. *Emerg Med Clin N Am.* 2006;24:195-208.
- Schwartz P, Garson A Jr, Paul T, Stramba-Badiale M, Vetter V, Wren C. Guidelines for the interpretation of the neonatal electrocardiogram. A task force of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2002. 23; 17: 1329-44.
- Rijnbeek PR, Witsenburg M, Schrama E, Hess J, Kors JA. New normal limits for the paediatric electrocardiogram. Institute of Medical Informatics, Faculty of Medicine and Health Sciences, Erasmus University, Rotterdam, the Netherlands. *Eur Heart J.* 2001. 22: 702-11.
- Davignon A, Rautaharju P, Boisselle E. Normal ECG standards for infants and children. *Pediatr Cardiol.* 1979/80. 1; 2: 123-52.
- Macfarlane PW, Coleman EN, Pomphrey EO, McLaughlin S, Houston A et al. Normal limits of the high-fidelity paediatric ECG. Preliminary observations. *J Electrocardiol.* 1989; 22 (Suppl): 162-8.
- Arango, J. *Manual de Electrocardiografía*. Editorial CIB. Medellín, 1996. págs. 1 - 75.
- Dickinson D. The normal ECG in childhood and adolescence. *Heart.* 2005 Dec; 91(12):1626-30.
- Páez N., Salgar J. *Detección de las Singularidades y puntos característicos de la señal electro-*

- cardiográfica neonatal medio de la transformada Wavelet*. Bucaramanga. 2006. 135 p. Presentada en la Universidad Industrial de Santander para obtención del título.
12. Robinson B, Anisman P, Eshagh E. A primer on pediatric ECGs. *Contemp Pediatr*, pág. 69.
 13. Park, MK y Guntheroth, WG. How to read pediatric ECGs. Third edition. St. Louis : *Mosby Year Book*, 1992.
 14. Schwartz P, Montemerlo M, Facchini M, Salice P, Rosti D, Poggio G et al. The QT interval throughout the first 6 months of life: a prospective study. *Circulation*. 1982. 66; 3: 496 - 501.
 15. Liebman, J. The normal electrocardiogram in newborns and infants (a critical review). *Electrocardiography in Infants and Children*. New York : Grune & Stratton Inc, 1966.
 16. McCammon RW. A longitudinal study of electrocardiographic intervals in healthy children. *Acta Ped*. 50: 150, 1961. Five edition. págs. 3-54.
 17. Bailey JJ, Berson AS, Garson A. Recommendations for standardization and specifications in automated electrocardiography: bandwidth and digital signal processing. *Circulation*. 1990; 81:730-739.
 18. Rijnbeek P, Kors J, Witsenburg M. Minimum Bandwidth Requirements for Recording of Pediatric Electrocardiograms. *Circulation*. 2001; 104: 3087-3090.
 19. Tipple, M. Interpretation of electrocardiograms in infants and children. *Images Paediatr Cardiol*. 1999; 1: 3-13.
 20. Liebman, J y Plonsey, R. *Electrocardiography. Heart Disease in Children and Adolescents*. Second edition. Baltimore: Williams & Wilkins Co, 1978, págs. 18-61.
 21. Rautaharju PM, Davignon A, Soumis F, Boisselle E, Choquette. Evolution of QRS-T relationship from birth to adolescence in Frank-lead orthogonal electrocardiograms of 1,492 normal children. 1979, *Circulation*, Vol. 60, págs. 196-204.
 22. Garson, A Jr. *Electrocardiography*. [book auth.] Bricker JT, Fisher DJ, Neish SR, Eds Garson A Jr. *The Science and Practice of Paediatric Cardiology*. 2nd ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 1998, pp. 713-88.
 23. Rogido, M y Sola, A. *Cuidados especiales del feto y recién nacido*. s.l. : Iberoamericana, 2001. págs. 216-23.
 24. Mehta C, Dhillon R. Understanding paediatric ECGs. 2004, *Current Paediatrics*, Vol. 14, pp. 229-236.



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SANITAS

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Estudie de 5 a 9 p. m.

Innovadora metodología educativa (ABP)
Prácticas desde los primeros semestres
Trabajo en equipo y en pequeños grupos
Respaldo (organización sanitas internacional)

Alcance sus **METAS ESTUDIANDO** una carrera con gran proyección en el **MEJOR HORARIO**

www.unisanitas.edu.co

BOGOTÁ Carrera 7 No. 173 - 64 • Teléfono (1) 668 0050



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SANITAS
ORGANIZACIÓN SANITAS INTERNACIONAL