

El electrocardiograma

J. Pérez-Lescure Picarzo¹, O. Patiño Hernández²

¹Cardiología Infantil. Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Madrid.

²Área de Pediatría. Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Madrid.

¿QUÉ ES?

El electrocardiograma (ECG) es un registro en papel de la actividad eléctrica del corazón detectada mediante electrodos de superficie.

El ECG estándar consta de 12 derivaciones registradas con el electrocardiógrafo (figura 1) desde nueve localizaciones de la superficie corporal con el paciente en decúbito supino. En la tabla 1 se detalla la colocación de los electrodos.

El análisis de la actividad eléctrica del corazón se realiza utilizando dos planos de referencia (figura 2):

- Plano frontal: representado por las seis derivaciones de los miembros: tres derivaciones monopolares (aVR, aVL y aVF) y tres bipolares (I, II y III).
- Plano horizontal: representado por las derivaciones precordiales (de V1 a V6).

El impulso cardíaco se origina del nodo sinoauricular que despolariza la aurícula derecha e izquierda dando lugar a la onda P. El impulso llega hasta el nodo AV produciendo el in-

Figura 1. Electrocardiógrafo



Tabla 1. Colocación de electrodos

Derivación	Lactantes	Niños
Derivación precordiales		
V1	4.º EIC borde esternal derecho	4.º EIC
V2	4.º EIC borde esternal izquierdo	4.º EIC
V3	Punto medio entre V2 y V4	5.º EIC
V4	4.º EIC línea medio clavicular izq.	5.º EIC
V5	4.º EIC línea axilar anterior izq.	5.º EIC
V6	4.º EIC línea axilar media izq.	5.º EIC
Derivación de extremidades		
Rojo	Brazo derecho	
Amarillo	Brazo izquierdo	
Negro	Pierna derecha	
Verde	Pierna izquierda	

EIC: espacio intercostal.

Figura 2. Planos de referencia frontal y horizontal

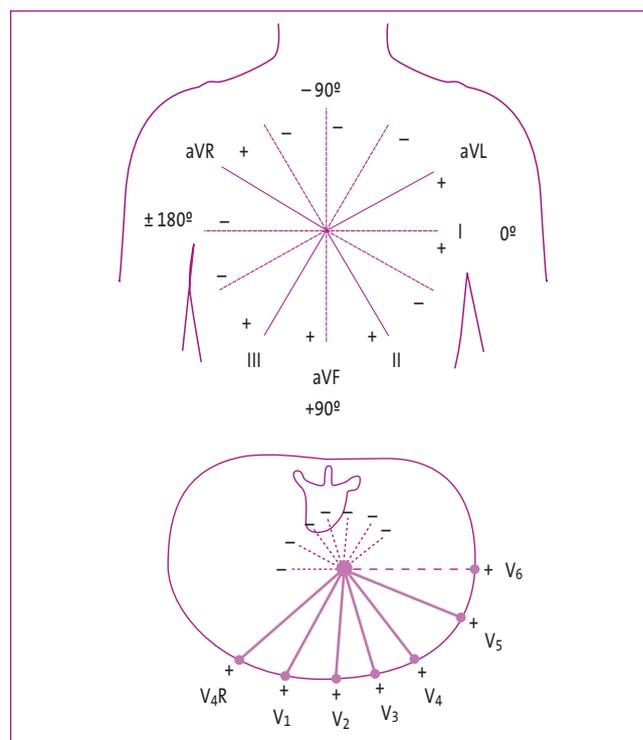


Figura 3. Ondas e intervalos

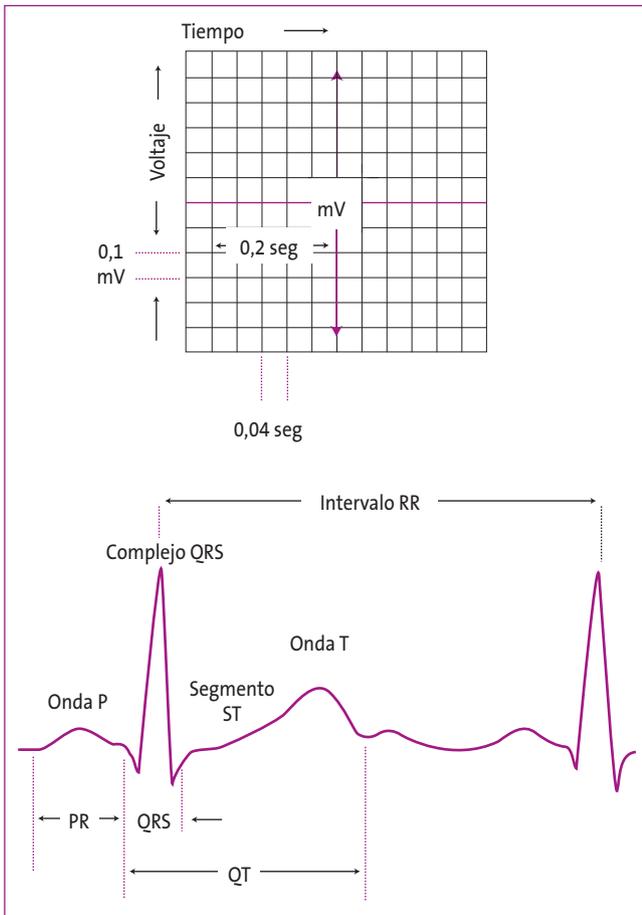


Figura 4. Registro ECG, medición de ondas e intervalos



La onda R de este trazado mide 15 mm = 1,5 mV. El segmento PR 2,5 mm = 0,10 seg.

intervalo PR, posteriormente al Haz de Hiss y se bifurca en sus dos ramas, derecha e izquierda, hasta las fibras de Purkinje sobre el músculo ventricular produciendo el complejo QRS. La repolarización de los ventrículos origina la onda T.

El ciclo cardiaco está representado por una sucesión de ondas (P, complejo QRS y T) que dan lugar a intervalos (RR y QT) y dos segmentos (PR y ST) (figura 3).

El registro se realiza sobre papel milimetrado y debe estandarizarse a 10 mm/mV y a 25 mm/s, de esta forma podemos medir la altura la altura de las ondas (1 mm = 0,1 mV) y la duración de las mismas (1 mm = 0,04 segundos) (figura 4).

INDICACIONES DEL ECG

El ECG es una prueba fácil de realizar en niños colaboradores, rápida y de bajo coste. A pesar de los avances en Cardiología, sigue siendo frecuente su realización en diversas situaciones clínicas, manteniéndose como método de elección en el diagnóstico no invasivo de arritmias y trastornos de conducción.

La tabla 2 muestra las indicaciones generales para la realización de ECG.

El pediatra de Atención Primaria debe estar familiarizado con la interpretación del ECG y los cambios en función de la edad.

La tabla 3 muestra algunos motivos de consulta que, en función de la historia y los hallazgos de la exploración, pueden indicar la realización de un electrocardiograma en Atención Primaria.

Aunque la realización de un ECG no sirve de ayuda para descartar enfermedad cardiaca en niños asintomáticos con

Tabla 2. Indicaciones del ECG

- Diagnóstico y seguimiento de cardiopatías congénitas
- Diagnóstico y seguimiento de cardiopatías adquiridas de tipo infeccioso, inflamatorio, metabólico o isquémico
- Trastornos del ritmo y de la conducción
- Soplo cardiaco
- Alteraciones electrolíticas
- Episodios de cianosis
- Ingestión de fármacos
- Vigilancia de efectos farmacológicos
- Monitorización del efecto de fármacos antiarrítmicos
- Documentar infarto o isquemia
- Vigilancia del funcionamiento de un marcapasos

Tabla 3. Motivos de consulta que pueden indicar la realización de un ECG en Atención Primaria

- Dolor torácico
- Síntomas con el ejercicio
- Síncope, presíncope, convulsión
- Palpitaciones
- Sospecha arritmia

Tabla 4. Síndromes y cardiopatías con hallazgos electrocardiográficos distintivos

Cardiopatía estructural	
Canal AV	Desviación izquierda eje QRS "eje superior"
Atresia tricúspide	Desviación izquierda eje QRS "eje superior", CBA, ↓ voltajes VD, HVI
Situs inversus	Eje onda P +120°
Dextrocardia	↑ voltajes VD, ↓↓ voltajes VI
Origen ACI en AP	Ondas Q profundas, ↓ de voltajes V3-V5, ± CAI, ± HVI
Inversión ventricular (asa L)	RSR en derivaciones izquierdas (I, aVL, V5, V6), QR en derechas (aVR, V1), BAV
Miocardopatía hipertrófica	HVI, ondas Q profundas V3-V6, ± PR corto, CAI
Alteraciones de la conducción	
Síndrome de Wolff-Parkinson-White	PR corto, onda delta, TSV
Preexcitación tipo Mahaim	PR normal, onda delta, TSV
Exposición fetal a lupus materno	BAV
Arritmias familiares	
QT largo (Romano-Ward)	↑QTc, T con muesca, TV, (audición normal)
QT largo (Jervell-Lange-Nielsen)	↑↑QTc, T con muesca, T alternante, TV, (sordera)
QT corto	↓↓QTc (<0,30seg), TV
Síndrome de Brugada	ACVD, elevación ST V1-V3, TV
DAVD	Onda epsilon, inversión onda T V1-V3, ACVD, TV
TV catecolaminérgica	TV con ejercicio
Enfermedades sistémicas	
Enfermedad de Pompe	PR corto, ↑↑ voltajes ventriculos, ± ondas Q profundas
Ataxia de Friedreich	Taquicardia sinusal, HVI, TSV, TV
Distrofia muscular de Becker	ACIV, BAV, TSV
Distrofia muscular de Duchenne	HVD, ondas Q profundas (I, aVL), TSV, TV
Distrofia miotónica	Bradicardia sinusal, ACIV, BAV, TSV
Síndrome de Kearns-Sayre	ACIV, BAV
Enfermedad de Lyme	BAV
Enfermedad de Chagas	BAV
Hipotiroidismo	Bradicardia sinusal, BAV
Hipertiroidismo	Taquicardia sinusal, TSV
Hipopotasemia	T aplanadas, onda U prominente, ± QTc largo
Hiperpotasemia	T altas, ACIV, TV

ACI: arteria coronaria izquierda; ACIV: alteración conducción intraventricular; ACVD: alteración conducción ventrículo derecho; AP: arteria pulmonar; AV: aurículoventricular; BAV: bloqueo aurículoventricular; CAI: crecimiento aurícula izquierda; CBA: crecimiento biaricular; DAVD: displasia arritmogénica ventrículo derecho; HVI: hipertrofia ventricular izquierda; HVD: hipertrofia ventricular derecha; TSV: taquicardia supraventricular; TV: taquicardia ventricular; VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo.

un soplo cardiaco, en ocasiones si puede apoyar el diagnóstico de cardiopatía ante soplos aparentemente orgánicos.

Algunos patrones electrocardiográficos son suficientemente específicos como para facilitar el diagnóstico de diversos síndromes y cardiopatías (tabla 4).

INTERPRETACIÓN

Para la interpretación del ECG se deben seguir los siete pasos siguientes:

1. Frecuencia.
2. Ritmo y eje de la onda P.
3. Eje del complejo QRS y de la onda T.
4. Onda P.
5. Complejo QRS.

6. Onda T y segmento ST.
7. Intervalos PR y QT.

Figura 5. Frecuencia cardiaca a 100 lpm



Tabla 5. Valores normales frecuencia cardiaca

Edad	Rango (media)
Neonato	95-150 (123)
1-2 meses	121-179 (149)
3-5 meses	106-186 (141)
6-11 meses	109-169 (134)
1-2 años	89-151 (119)
3-4 años	73-137 (108)
5-7 años	65-133 (100)
8-11 años	62-130 (91)
12-15 años	60-119 (85)

lpm: latidos por minuto.

Frecuencia cardiaca

Buscar una onda R que coincida con una línea vertical gruesa (A) del papel; localizar el latido siguiente; según donde se sitúe la onda R del latido siguiente podemos estimar la FC (figura 5).

Los valores normales de la frecuencia cardiaca se muestran en la tabla 5.

Ritmo y eje de la onda P

Eje de la onda P: localizar cuadrante con derivaciones I y aVF (figura 6).

En ritmo sinusal, la onda P es positiva en I y aVF (tabla 6).

Eje del complejo QRS y de la onda T

Eje QRS:

1. Localizar un cuadrante utilizando las derivaciones I y aVF (figura 6).
2. Encontrar una derivación con complejos QRS isodifásicos (altura de la onda R aproximadamente igual a la profundidad de la onda S, figura 7). El eje QRS será

Figura 6. Eje de la onda P: cuadrante con derivaciones I y aVF

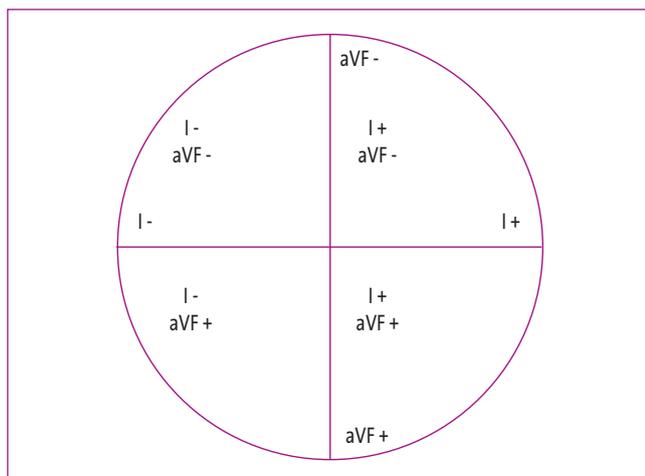


Tabla 6. Eje de la Onda P y origen del impulso auricular

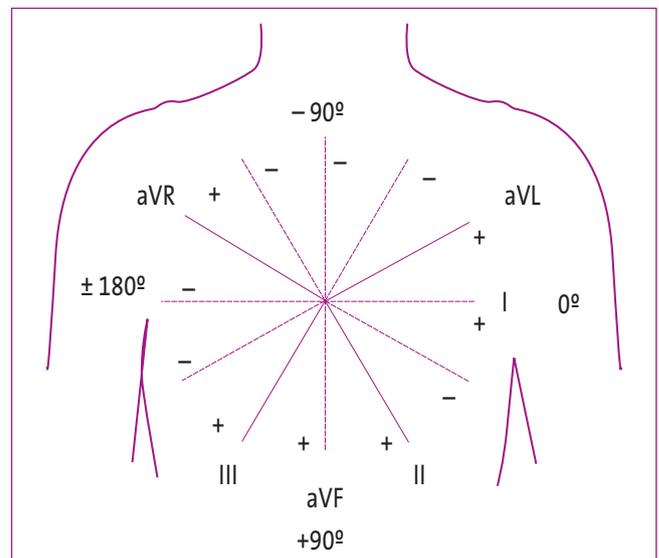
Eje onda P	Origen impulso auricular
Entre 0° y 90°	Porción superior AD (nodo sinusal) = normal
Entre 90° y 180°	Porción superior AI
Entre 180° y 270°	Porción inferior AI
Entre 270° y 360°	Porción inferior AD

AD: Aurícula derecha. AI: Aurícula izquierda.

Figura 7. Complejo QRS isodifásico



Figura 8. Localización del eje del complejo QRS



perpendicular a esta derivación dentro del cuadrante seleccionado (figura 8).

La tabla 7 muestra los valores normales del eje del complejo QRS.

Tabla 7. Valores normales eje QRS

Edad	Media (rango)
1 semana-1 mes	+110° (de +30 hasta +180)
1-3 meses	+70° (de +10 hasta +125)
3 meses-3 años	+60° (de +10 hasta +110)
> 3 años	+60° (de +20 hasta +120)

Onda P

- Hipertrofia auricular derecha: ondas P altas (> 3 mm) en cualquier derivación.
- Hipertrofia auricular izquierda: ondas P anchas:
 - < 1 año: > 0,08 segundos.
 - 1-3 años: > 0,09 segundos.
 - > 3 años: > 0,10 segundos.

Complejo QRS

La **tabla 8** muestra la duración del complejo QRS.

Morfología del complejo QRS

- Bloqueo incompleto de rama derecha:
 - Patrón RSR' en V1, con duración normal del complejo QRS.
 - La imagen RSR' en V1 es normal siempre que:
 - La duración del QRS no esté aumentada.
 - R' < 15 mm en menores de un año de edad y < 10 mm en mayores de un año.
- Bloqueo completo de rama derecha:
 - Desviación del eje QRS a la derecha.
 - Patrón RSR' en V1, con duración del complejo QRS mayor que el límite superior de la normalidad (LSN).
 - S ancha y empastada en I, V5 y V6.
 - R' empastada terminal en aVR y V2.
- Hemibloqueo anterior izquierdo:
 - Desviación izquierda del eje QRS (-30° a -90°) con duración normal.
 - Complejo rS en II, III y aVF.
 - Complejo qR en I y aVL.

Tabla 8. Duración complejo QRS

Edad (años)	RN-3 a	3-8 a	8-12 a	12-16 a	Adulto
Duración (seg.)	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10

Tabla 9. Voltajes de las ondas R y S según derivación y edad media y (p98)

Edad	Amplitud en V1 (mm)		Amplitud en V6 (mm)	
	R	S	R	S
< 1 d	13,8 (26,1)	8,5 (22,7)	4,2 (11,1)	3,2 (9,6)
1-2 d	14,1 (26,9)	9,1 (20,7)	4,5 (12,2)	3,0 (9,4)
3-6 d	12,9 (24,2)	6,6 (16,8)	5,2 (12,1)	3,5 (9,8)
1-3 s	10,6 (20,8)	4,2 (10,8)	7,6 (16,4)	3,4 (9,8)
1-2 m	9,5 (18,4)	5,0 (12,4)	11,6 (21,4)	2,7 (6,4)
3-5 m	9,8 (19,8)	5,7 (17,1)	13,1 (22,4)	2,9 (9,9)
6-11 m	9,4 (20,3)	6,4 (18,1)	12,6 (22,7)	2,1 (7,2)
1-2 a	8,9 (17,7)	8,4 (21,0)	13,1 (22,6)	1,9 (6,6)
3-4 a	8,1 (18,2)	10,2 (21,4)	14,8 (24,2)	1,5 (5,2)
5-7 a	6,7 (13,9)	12,0 (23,8)	16,3 (26,5)	1,2 (4,0)
8-11 a	5,4 (12,1)	11,9 (25,4)	16,3 (25,4)	1,0 (3,9)
12-15 a	4,1 (9,9)	10,8 (21,2)	14,3 (23,0)	0,8 (3,7)

- Hemibloqueo posterior izquierdo:
 - Desviación derecha del eje QRS (+120° a +180°)
 - Complejo rS en I y aVL.
 - Complejo qR en II, III y aVF.
- Bloqueo completo de rama izquierda:
 - Desviación del eje QRS a la izquierda para la edad del paciente.
 - Duración del QRS >LSN para la edad.
 - Ondas R empastadas y anchas con ausencia de Q en I, aVL, V5 y V6.
- Ondas S anchas en V1 y V2.

Amplitud del complejo QRS (tabla 9)

- Hipertrofia ventricular derecha. Uno o más de:
 - R en V1 > p98.
 - S en V6 > p98.
 - T positiva en V1 después del cuarto día de vida y antes de los diez años.
 - Complejo qR en V1.
 - Complejo RSR' en V1 con R' > 15 mm en menores de 1 año; o > 10 mm en mayores de un año.
 - Aumento de la relación R/S en V1.
 - Desviación del eje a la derecha.
- Hipertrofia ventricular izquierda. Uno o más de:
 - R en V6 > p98.
 - Onda Q > 4 mm en V5 o V6.
 - R en V1 por debajo del percentil 5.
 - S en V1 > p98.
 - R en V6 + S en V1 > p98.
 - Ondas T negativas en V5 o V6.
 - Desviación del eje a la izquierda.
- Onda Q:
 - Pueden estar presentes en I, II, aVL y aVF, y casi siempre también en V5 y V6.
 - Se consideran anormales cuando son de duración superior a 0,03 segundos, o amplitud por encima del LSN. La amplitud varía con la edad y la derivación.
 - Se considera amplitud normal: < 2 mm en aVL, < 3 mm en I y < 4 mm en II, y aVF. En III y V6 varía ampliamente según la edad (**tabla 10**).

Tabla 10. Amplitud onda Q. Valores p98 (mm) según edad en III y V6

	< 1 día	1-2 d	3-6 d	1-3 s	1-2 m	3-5 m
III	4,5	6,5	5,5	6	7,5	6,5
V6	2	2,5	3	3	3	3
	6-11 m	1-2 a	3-4 a	5-7 a	8-11 a	12-15 a
III	8,5	6	5	4	3	3
V6	3	3	3,5	4,5	3	3

- Ondas Q patológicas sugieren: hipertrofia ventricular (derecha o izquierda), bloqueo de rama izquierda o después de un infarto de miocardio.
- Progresión RS:
 - En los adultos y en los niños mayores de tres años:
 - R pequeña y S dominante en V1.
 - R y S similares en V2 y V3.
 - R dominantes en V4-V6.
 - Neonatos:
 - R dominante en precordiales derechas.
 - S dominante en V5 y V6.
- Progresión anormal sugiere: hipertrofia ventricular, alteraciones de la conducción ventricular o infarto de miocardio.

Onda T y segmento ST

- Onda T:
 - Positiva en V1 durante los primeros días de vida.
 - Negativa en V1 desde los siete días hasta los diez años de edad.
 - Siempre positivas en V5-V6; si invertidas sugiere: hipertrofia ventricular izquierda grave, miocarditis, pericarditis o infarto de miocardio.
- Segmento ST:
 - El segmento ST no debe estar elevado más de 1 mm, ni descendido más de 0,5 mm en ninguna derivación, en los niños.
 - “Repolarización precoz” (variante normal en adolescentes sanos): elevación del segmento ST < 4 mm en las derivaciones laterales (V4-V6) e inferiores (I, III y AVF) acompañándose de ondas T altas.
 - Desviaciones anormales del segmento ST, sospechar: pericarditis o isquemia miocárdica, hipertrofia ventricular izquierda o derecha graves, efecto digitálico, miocarditis, isquemia miocárdica o alteraciones hidroelectrolíticas.

Intervalos PR y QT

- Intervalo PR (tabla 11):
 - PR corto sugiere: preexcitación (síndrome Wolf-Parkinson-White).
 - PR largo: bloqueo AV de primer grado (intervalo PR > LSN), sugiere: miocarditis, alteraciones electrolíticas, hiperpotasemia, intoxicación por digital, ingesta de fármacos o personas normales con aumento del tono vagal.

Tabla 11. Valores intervalo PR

Límite inferior	Edad	Límite superior
0,08	< 1 día	0,16
	1 día a 3 semanas	0,14
	1 a 2 meses	0,13
	3 a 5 meses	0,15
	6 a 11 meses	0,16
	12 a 35 meses	0,15
0,10	3 a 7 años	0,16
	8 a 11 años	0,17
	12 a 15 años	0,18
0,12	Adulto	0,20

Tabla 12. Límite superior intervalo QTc

< 6 meses	< 0,450 seg
Niños	< 0,440 seg
Adolescentes y adultos	< 0,430 seg

- Intervalo QT. Se debe estimar el intervalo QT corregido (QTc) para la frecuencia mediante la fórmula siguiente:
 - $QTc = QT / \sqrt{\text{intervalo } R-R}$ (medido en segundos.)
 Los valores normales del intervalo QTc se muestran en la tabla 12.

Puede aparecer un intervalo QT prolongado en la hipocalcemia, miocarditis, enfermedades miocárdicas difusas, traumatismo craneal, síndrome de QT largo y debido a fármacos (eritromicina, antihistamínicos).

LECTURA SISTEMÁTICA DEL ECG DE UN LACTANTE DE 11 MESES (FIGURA 9)

Frecuencia

La frecuencia cardiaca en el ECG es de aproximadamente a 140 lpm.

Ritmo y eje de la onda P

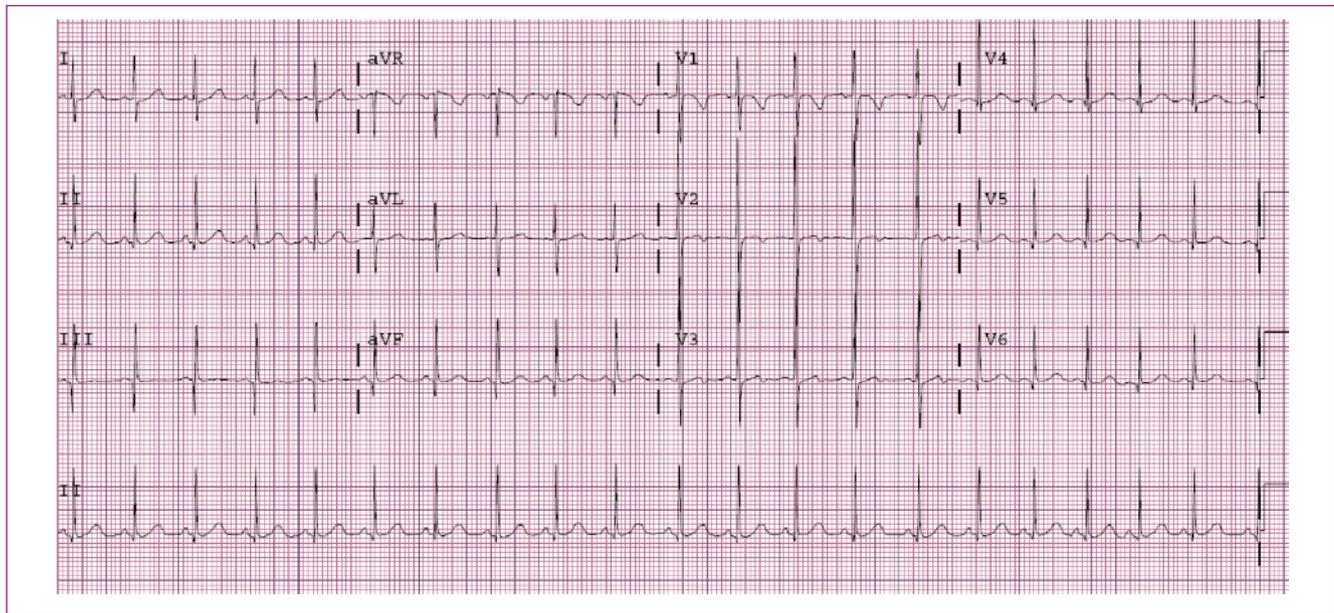
El Eje de la onda P está entre 0° y 90° al ser positiva (por encima de la línea isoelectrica) en I y aVF. El ritmo por tanto es sinusal.

Eje del complejo QRS y de la onda T

El complejo QRS es positivo en I y aVF, por lo tanto debe situarse entre 0 y 90°. Además, es isoelectrico en aVL por tanto perpendicular a esta derivación. Las posibilidades son que esté a +60° o a +240° pero como tiene que estar entre 0 y 90° el eje estará por tanto a +60°.

El eje de la onda T esta entre 0 y 90°, normal.

Figura 9. ECG de un lactante de 11 meses



Onda P

No hay ondas P por encima de los límites en altura y anchura en ninguna derivación.

Complejo QRS

La duración del complejo QRS es de 0,06 segundos (1,5 mm x 0,04 segundos), normal.

No hay imágenes de bloqueos ni hemibloqueos.

La amplitud de las ondas R y S en V1 y V6 se encuentran dentro de límite normales.

Las ondas q son normales.

Onda T y segmento ST

Ondas T normales. No hay desviación del segmento ST.

Intervalos PR y QT

El intervalo PR es de 0,10 segundos (2,5 mm x 0,04 segundos). El intervalo QTC es de 0,40 segundos.

Nuestro informe final del ECG sería: ritmo sinusal a 140 lpm, eje QRS 60°, sin signos de crecimiento auricular ni

ventricular, intervalos PR y QTc normales, repolarización normal. Conclusión: sin hallazgos.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Abelleira Pardeiro C. Valoración del electrocardiograma en pediatría. Ed. Rueda.
- Núñez F. Cardiología Pediátrica en Atención Primaria. La Coruña: Casitérides; 2009.
- Keane JF, Lock JE, Fyler DC. Nadas' Pediatric Cardiology, 2.nd. St. Louis, Mo: WB Saunders; 2006.
- Pérez-Lescure Picarzo FJ. Guía rápida para la lectura sistemática del ECG pediátrico. 2.ª ed. En: AEPap ed. Curso de Actualización Pediatría 2010. Madrid: Exlibris Ediciones; 2010. p. 155-62.
- Pérez-Lescure Picarzo J, Echávarri Olavarría F. El electrocardiograma en Pediatría de Atención Primaria (I). Aspectos generales, indicaciones e interpretación sistemática. Rev Pediatr Aten Primaria. 2005;7:277-302.