



O electrocardiograma infantil normal, noções para pediatras

Helena Sousa¹, António Vieira², Cláudia Moura²

1. Serviço de Pediatria, do Hospital de Santo António, Centro Hospitalar do Porto

2. Serviço de Cardiologia Pediátrica, Centro Hospitalar São João, Porto

Resumo

Nesta revisão faz-se uma abordagem sistematizada do electrocardiograma na idade pediátrica com referência às suas especificidades, reflexo das adaptações cardíacas à vida extra-uterina, crescimento e maturação das estruturas.

Palavras-chave: electrocardiograma; Pediatria; interpretação; revisão.

Acta Pediatr Port 2011;42(5):235-40

Pediatric electrocardiogram, notions for paediatricians

Abstract

This article reviews the technical aspects of electrocardiography in children and offers an approach to interpretation of electrocardiogram (ECG) in children, the age-related findings and alterations on the normal pediatric ECG.

Keywords: electrocardiogram; paediatric; interpretation; review.

Acta Pediatr Port 2011;42(5):235-40

Introdução

O electrocardiograma (ECG) é um precioso exame auxiliar de diagnóstico, facilmente disponível, não invasivo, económico e de relativa simples execução, que fornece importantes informações se o interpretarmos correctamente.

O traçado do ECG na idade pediátrica apresenta algumas particularidades, reflexo de aspectos anatómicos e fisiológicos, que devem ser conhecidas sob pena de se sub ou supra-valorizar os achados encontrados. Pretende-se com este artigo abordar de uma forma sistematizada os aspectos mais relevantes do ECG pediátrico. A avaliação da cardiopatia congénita complexa e específica, restringe-a à Cardiologia Pediátrica e, não se inclui no âmbito deste artigo.

Na Pediatria são vários os contextos clínicos em que se usa o ECG (Quadro I), a maioria deles não acompanhados de manifestações de doença cardíaca^{1,2}. Relativamente à dor torácica, nesta faixa etária (0-16 anos), raramente é de etiologia cardíaca.

Quadro I. Principais indicações para realização de electrocardiograma em Pediatria

Síncope ou convulsão	Doença de Kawasaki
Dor torácica, sintomas com o exercício	Febre Reumática
Episódios de cianose	Miocardite
Taquiarritmia	Pericardite
Bradiarritmia	Insuficiência cardíaca
Ingestão de drogas	Cardiopatias congénitas
Hipotermia	História familiar de morte súbita
Alterações electrolíticas	"Rotina"

Adaptado de Heart 2005; 91: 1626-1630; BMJ 2002; 324: 1382-1386.

Noções gerais

Variação com a idade: O registo electrocardiográfico normal tem variações desde o nascimento até ao início da idade adulta, reflectindo modificações da fisiologia circulatória (pressões pulmonares vs sistémicas) e da anatomia (tamanho corporal, posição e tamanho relativo do coração e câmaras cardíacas). De um modo geral, após o nascimento, o ECG traduz a diminuição das "forças direitas" [aurícula e ventrículo direito (AD e VD)] em detrimento das "forças esquerdas" [aurícula e ventrículo esquerdo (AE e VE)] e aumento nos intervalos de condução^{1,3}.

Fisiologia circulatória: No ambiente intra-uterino, a pressão vascular pulmonar elevada exige um trabalho cardíaco que condiciona, num recém-nascido de termo, uma massa miocárdica do VD igual ou superior à do VE. Após o nascimento, com a eliminação da circulação placentária, a resistência vascular sistémica aumenta e, com a expansão pulmonar, a resistência pulmonar diminui. Estes aspectos vão condicionar a progressiva redução da massa ventricular direita⁴.

Recebido: 30.11.2009

Aceite: 04.02.2010

Correspondência:

Helena Sousa
Rua Brito e Cunha, nº 487, 2º esq ft.
4450-088 Matosinhos
helena.sofia@gmail.com

Condução do estímulo eléctrico normal: O estímulo da despolarização para o batimento cardíaco normal origina-se no nó sinusal (SA) - células com automaticidade própria- localizado na AD, e transmite-se a todo o tecido auricular, utilizando vias preferenciais de condução internodais.

Posteriormente o impulso estimula o nó auriculoventricular (AV) e o feixe de His (ramo direito e esquerdo no septo interventricular (IV)) e rapidamente é transmitido através das fibras de Purkinje até ao miocárdio ventricular direito e esquerdo. Finalmente, as frentes de onda de despolarização espalham-se, através da parede ventricular, do endocárdio ao epicárdio, deflagrando a contração ventricular (Figura 1) ^{4,5}.

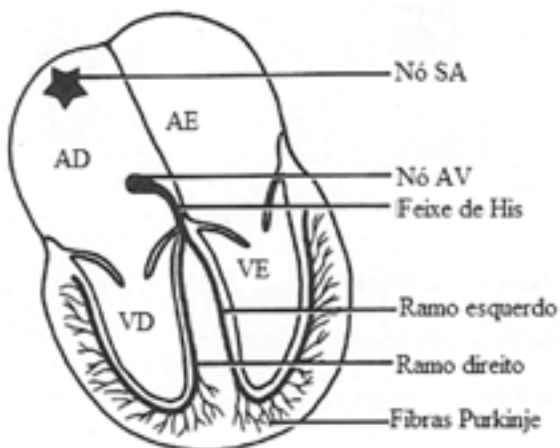


Figura 1 – Ilustração do sistema de condução eléctrica cardíaca.

Adaptado de Park MK. How to read pediatric ECGs. 2006.

As derivações: Foram criadas doze derivações, obtidas por aplicação de eléctrodos na pele que, em conjunto, nos permitem obter uma representação tridimensional da actividade eléctrica cardíaca (Quadro II, Figuras 2 e 3). Na Pediatria, para melhor avaliação do coração direito, aconselha-se o recurso a derivações adicionais (V₃R e/ou V₄R) ^{4,7}.

Quadro II. Derivações na realização de electrocardiograma

Derivações no plano frontal

Unipolares

- aVR (braço direito)
- aVL (braço esquerdo)
- aVF (perna esquerda)

Bipolares

- DI (braço direito-braço esquerdo)
- DII (braço direito-perna esquerda)
- DIII (braço esquerda-perna esquerda)

Derivações no plano horizontal ou précordiais

- V₁: 4º eic*, bordo esternal direito
- V₂: 4º eic*, bordo esternal esquerdo
- V₃: ponto médio entre V₂ e V₄
- V₄: 5º eic*, linha medioclavicular esquerda
- V₅: 5º eic*, linha axilar anterior
- V₆: 5º eic*, linha axilar média
- V₃R: ponto médio entre V₁ e V₄R
- V₄R: 5º eic*, linha medioclavicular direita

* eic: espaço intercostal

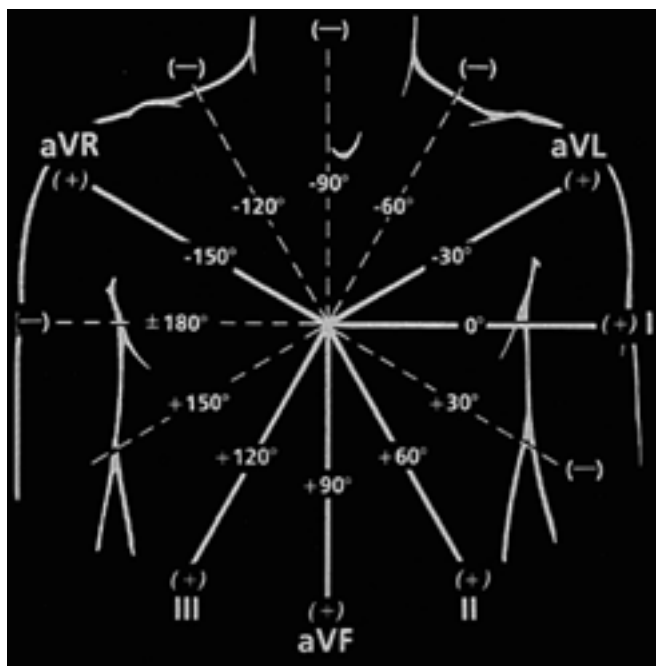


Figura 2 – Sistema hexa-axial para cálculo do eixo eléctrico no plano frontal. O pólo positivo de cada derivação está indicado por sinal (+).

Adaptado de Park MK. How to read pediatric ECGs. 2006.

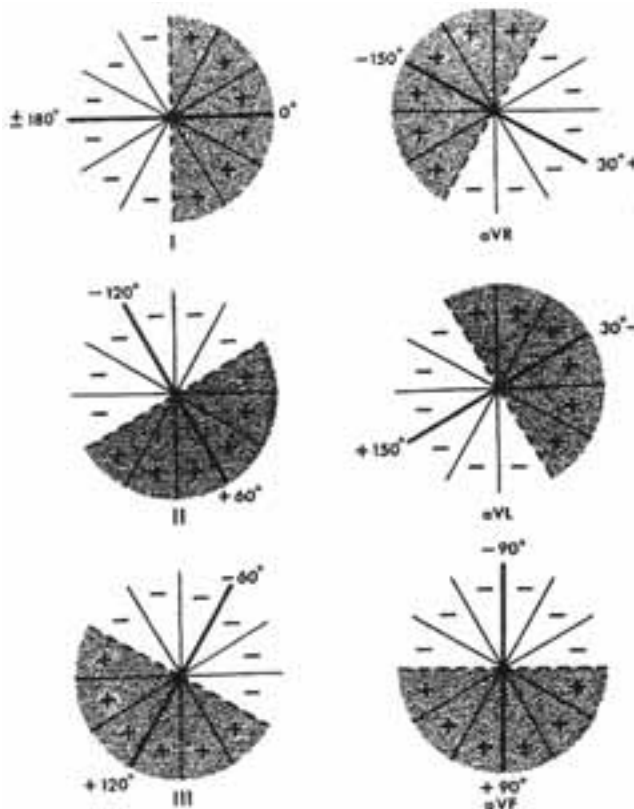


Figura 3 – Polaridade dos seis eixos das derivações frontais (I, II, III, aVR, aVL e aVF). A cor cinza representa polaridade positiva.

Adaptado de Park MK. How to read pediatric ECGs. 2006.

Leitura e execução do ECG: O registo de ECG de superfície é efectuado em papel milimétrico próprio a uma velocidade habitual de 25 mm/segundo (seg) e a uma amplitude de 10 mm/milivolts (mV) (Figura 4) ⁵.

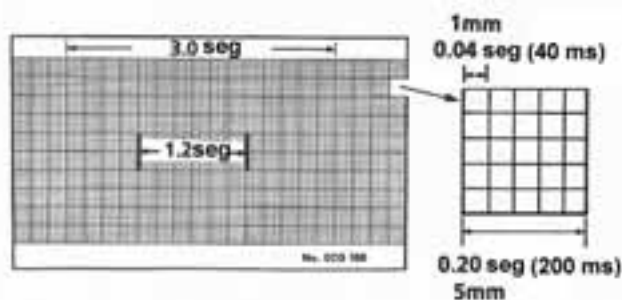


Figura 4 – Papel milimétrico de ECG. seg: segundos; ms: milissegundos

Adaptado de Park MK. *How to read pediatric ECGs*. 2006.

As medições do ECG, particularmente no recém-nascido (RN), devem ser efectuadas manualmente. É necessário ter em conta que nos eletrocardiógrafos que dispõem de leitura automática, esta não está adaptada para interpretação em idade pediátrica.

A obtenção de um traçado de ECG na idade infantil nem sempre se revela fácil. É um exame que exige calma, alguma paciência, o apoio dos pais e, por vezes, sedação (e.g. hidrato de cloral). Os eléctrodos dos membros podem ser colocados numa posição mais proximal (mas nunca no tronco) de modo a reduzir os artefactos de movimento².

Interpretação do ECG

A leitura de um traçado de ECG é algo complexa e, um passo essencial para a sua correcta interpretação é fazê-la de uma forma sistematizada. Apresentamos aqui uma possível sequência de interpretação^{1,6,7}. No Quadro III estão apresentados os valores de referência habitualmente usados na pediatria.

Quadro III. Valores de referência do electrocardiograma habitualmente utilizados na idade pediátrica

	0-3 d		3-30 d		1-6 M		6-12 M		1-3 A		3-5 A		5-8 A		8-12 A		12-16 A	
	P2	P98	P2	P98	P2	P98	P2	P98	P2	P98	P2	P98	P2	P98	P2	P98	P2	P98
FC* (bpm)	90	160	90	180	105	185	110	170	90	150	70	140	65	135	60	130	60	120
Intervalo PR DII (mseg†)	80	160	70	140	70	160	70	160	80	150	80	160	90	160	90	170	90	180
QRS V _s (mseg)	25	75	25	80	25	80	25	75	30	75	30	75	30	80	30	85	35	90
Eixo QRS (°)	60	195	65	185	10	120	10	100	10	100	10	105	10	135	10	120	10	130
QRS V₁ Q (mV‡)	0		0		0		0		0		0		0		0		0	
R (mV)	0,5	2,6	0,3	2,3	0,3	2,0	0,2	2,0	0,2	1,8	0,1	1,8	0,1	1,5	0,1	1,2	0,1	1,0
S (mV)	0	2,3	0	1,5	0	1,5	0	1,8	0,1	2,1	0,2	2,1	0,3	2,4	0,3	2,5	0,3	2,2
QRS V₆ Q (mV)	0	0,2	0	0,3	0	0,25	0	0,3	0	0,3	0,02	0,35	0,02	0,45	0,01	0,3	0	0,3
R (mV)	0	1,1	0,1	1,3	0,5	2,2	0,5	2,3	0,6	2,3	0,8	2,5	0,8	2,6	0,9	2,5	0,7	2,4
S (mV)	0	1,0	0	1,0	0	1,0	0	0,8	0	0,6	0	0,5	0	0,4	0	0,4	0	0,4
T V₁ (mV)	-0,4	0,4	-0,5	-0,1	-0,6	-0,1	-0,6	-0,1	-0,6	-0,1	-0,6	0	-0,5	0,2	-0,4	0,3	-0,4	0,3

*FC: frequência cardíaca, batimentos por minuto; †mseg: milissegundo; ‡mV: milivolt
Adaptado de Eur Heart J 2001; 22: 702-711; Pediatr Cardiol 1979; 1: 123-31.

1. Frequência cardíaca (FC)

Existem várias formas para calcular a FC no ECG. De entre estas as mais usadas são:

- 300 a dividir pelo nº de quadrados grandes (0,20 seg) entre 2 complexos QRS (R-R)

- Regra dos 300. Quando os intervalos R-R estão a 5, 10, 15, 20 e 25 mm, a FC é respectivamente 300, 150, 100, 75 e 60 batimentos por minuto (bpm) (método rápido – Figura 5). Adicionalmente pode utilizar-se uma régua própria^{3,5-8}.

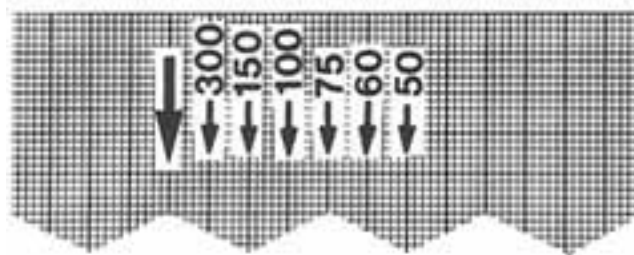


Figura 5 – Método rápido de avaliação da FC

Adaptado de Park MK. *How to read pediatric ECGs*. 2006.

A FC varia com a idade, temperatura, tónus do sistema nervoso autónomo e actividade física³. Após o primeiro ano de vida a FC tem tendência a diminuir lentamente, aspecto associado à maturação da inervação vagal do nó sinusal⁶⁻⁸.

2. Ritmo cardíaco

Em qualquer idade, o ritmo cardíaco normal é o sinusal, isto é, uma onda P sinusal a preceder cada QRS^{2,6,7}. A regularidade

do ritmo avalia-se através do intervalo RR. A arritmia mais frequente na idade pediátrica é a “arritmia sinusal respiratória”, caracterizada pela diminuição da FC na fase da expiração (sem significado patológico).

3. Onda P

A onda P reflecte a despolarização auricular e é normalmente avaliada em DII. Em ritmo sinusal, o vector da onda P deve ser orientado de cima para baixo e da direita para a esquerda, reflectindo a progressão da despolarização do nó SA para as aurículas, direita e esquerda. O eixo eléctrico da onda P está, consequentemente, compreendido entre os 0° e os $+90^\circ$. A onda P sinusal é positiva em DI, DII e aVF; negativa em aVR e geralmente bifásica em V_1 e V_2 ³⁻⁷.

A onda P normal tem uma altura e um comprimento máximo de 2,5 mm e 110 milissegundos (ms) respectivamente. Não sofre variações significativas com a idade (eixo, duração ou amplitude)^{1,7}.

4. Intervalo PR

Corresponde ao tempo necessário para a despolarização das aurículas e propagação do impulso ao nó AV. Permite avaliar o atraso que a condução do impulso eléctrico sofre quando passa no nó AV e no feixe de His^{2,3,5,7}. Deve ser medido em DII, desde o início da onda P até ao início do QRS (Figura 6).

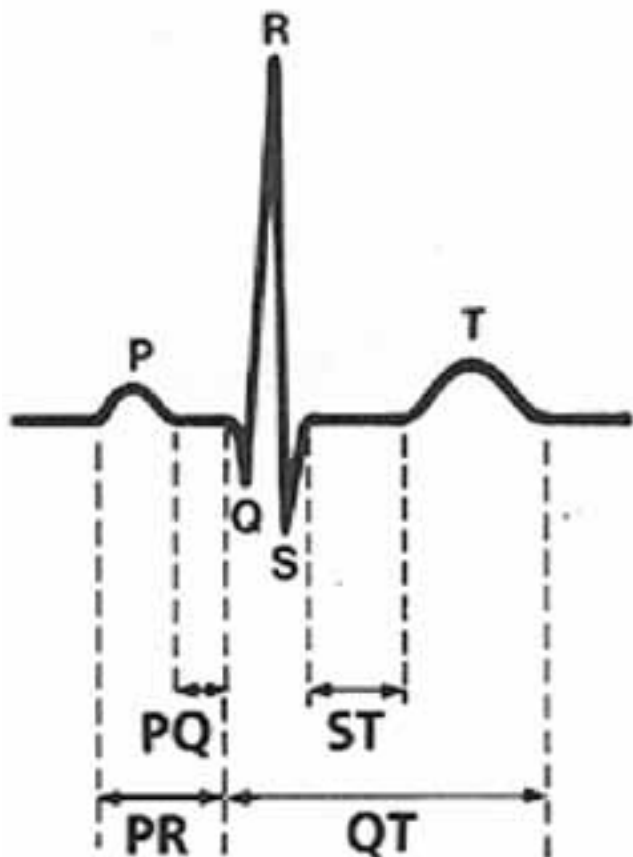


Figura 6 – Componentes do ECG (onda P; complexo QRS, onda T; segmento ST; intervalo PR e QT)

Adaptado de Park MK. *How to read pediatric ECGs*. 2006

O intervalo PR aumenta com a idade (Quadro III) e diminui com a estimulação do Sistema Nervoso Simpático. Um intervalo PR acima do limite superior para o grupo etário indica um bloqueio auriculo-ventricular (BAV)^{1,3,7}.

5. Complexo QRS

O complexo QRS reflecte a despolarização ventricular e, tanto o seu eixo como morfologia variam com a idade^{2,5} (Quadro III).

A despolarização ventricular normal divide-se em duas fases sequenciais: a primeira fase com despolarização do septo interventricular da esquerda para a direita, e a segunda fase com despolarização da massa ventricular normalmente dominada pelo VE (após o 1º mês).

O eixo eléctrico do QRS descreve a orientação média do vector QRS em relação às seis derivações do plano frontal e os valores de referência variam com a idade^{2,5,9}. De uma forma simplificada o seu método de cálculo consiste em dividir o plano frontal em quatro quadrantes utilizando as derivações DI e aVF. Como as derivações são ortogonais, pode-se estimar a direcção e a amplitude do vector.

Análise do complexo QRS

5.1. Eixo do QRS

As características da circulação fetal previamente referidas condicionam no recém-nascido uma hipertrofia VD relativa com um eixo do QRS no plano frontal habitualmente entre $+110^\circ$ a $+180^\circ$ (“desvio direito do eixo”). Habitualmente, após o primeiro mês de vida e ao longo dos primeiros anos de vida, em relação com a regressão das forças ventriculares direitas, verifica-se uma relativamente rápida alteração do eixo com desvio para a esquerda (Quadro IV)^{1,2,4,6,7}.

Quadro IV. Desvios do eixo do QRS – classificação

Idade	Desvio direito	Desvio esquerdo
1º mês	$+160^\circ$ a -90°	$+60^\circ$ a -90°
3º mês	$+105^\circ$ a $+180^\circ$	0° a -90°
6 meses	$>^* +100^\circ$	$<^† -30^\circ$

* superior a...; †inferior a...; Adaptado de *Eur Heart J* 2001; 22: 702-711

5.2. Componentes do complexo QRS

Ondas R e S: No período neonatal, as derivações précordiais direitas (V_3R, V_4R, V_1) apresentam uma onda positiva (R) maior do que a negativa (S), enquanto as derivações esquerdas (V_5, V_6) demonstram uma relação R/S inferior a um. Ondas r secundárias (r' ou R') são frequentes nas derivações direitas dos RNs (3). Uma onda R dominante em V_6 torna-se aparente ao fim de alguns dias de vida, reflectindo a rápida progressão das forças ventriculares esquerdas⁴.

Com a idade há tendência para a amplitude da onda R diminuir nas derivações direitas e aumentar nas esquerdas. No entanto pode haver persistência, meses a anos (normal até aos três anos, ocasionalmente até aos oito a doze anos), da relação

R/S superior a um à direita, reflectindo um VD ainda relativamente espesso^{1,3,4,6,7}.

Onda Q: A onda Q (1ª deflexão negativa do QRS) nas derivações précordiais esquerdas reflecte a despolarização septal que habitualmente ocorre da esquerda para a direita^{1,3}. As ondas Q são frequentes no ECG pediátrico, aspecto por vezes valorizado como patológico, no entanto são poucas as situações em que a sua presença tem significado clínico^{7,8}. Os valores normais da onda Q variam com a derivação e com a idade. Na maioria das derivações com onda Q – derivações esquerdas (DI, DII, DIII, aVF, V₅ e V₆) - há tendência a esta duplicar de amplitude nos primeiros meses de vida, atingindo um máximo ($\leq 0,5\text{mV}$) entre os três a cinco anos, com posterior diminuição ($<0,3\text{ mV}$)¹. A sua duração não deve exceder 0,02 seg (0,5 mm)^{3,7}.

Duração do QRS: A duração do QRS está relacionada com a normal sequência de activação e interacção dos ramos do feixe de His e fibras de Purkinje. Permanece relativamente estável até aos 3 anos de vida e posteriormente aumenta de forma linear até à adolescência - relacionado com o aumento da massa muscular^{1,4,7,8}.

Para a sua avaliação é mais indicado seleccionar uma derivação com onda Q (ex^o V₅, V₆). Valores superiores aos indicados na tabela IV podem ser sugestivos de bloqueio de ramo.

Amplitude do QRS: A amplitude do QRS mede de forma quantitativa a massa ventricular e varia com a idade. Alterações da amplitude do QRS (Quadro III) podem ser sugestivas de algumas patologias^{3,7,8}.

6. Intervalo QT

Corresponde ao período de tempo desde o início da despolarização ventricular até ao final da repolarização ventricular, reflectindo principalmente esta última^{2,3,5,7}. A sua avaliação (Figura 6) é habitualmente efectuada em DII, V₅ e V₆, tendo como referência o maior valor obtido. A sua medição nem sempre é fácil pela dificuldade em avaliar o ponto em que a onda T intercepta a linha isoeletrica³.

O intervalo QT varia inversamente com a FC, pelo que deve ser corrigido para a FC (QT corrigido) mediante a fórmula de Bazett: $QTc\text{ (ms)} = QT\text{(ms)} / \sqrt{R-R\text{ precedente(ms)}}$, cujo valor deve ser inferior a 440 mseg.

Esta avaliação pode não ser muito correcta se a FC for muito rápida ou muito lenta ou se houver alterações no intervalo RR¹. Indivíduos com QTc prolongado estão em risco de arritmias potencialmente fatais, pelo que é essencial a sua correcta avaliação na leitura de um ECG^{1,7}.

7. Segmento ST

O segmento ST é o segmento compreendido entre o final do QRS até ao início da onda T, ie, o período após a despolarização ventricular e antes do início da sua repolarização. Em condições normais é isoeletrico (potencial de acção=0). Desvios até 1 mm nas derivações frontais ou 2 mm nas precordiais

podem não ser patológicos (considerar segmento TP como linha isoeletrica). Não deve estar deprimido mais de 0,5mm em qualquer derivação^{2,5,7}. A interpretação de aparentes anormalidades deste segmento exige cuidadosa atenção à situação clínica e à variação com a idade⁸. Uma ligeira elevação do ST pode ocorrer na síndrome de repolarização precoce da adolescência em que a repolarização se inicia antes da despolarização ter terminado^{4,8}.

8. Onda T

A onda T indica-nos a repolarização ventricular, processo electricamente oposto da despolarização (ie, do epi para o endocárdio), pelo que o vector médio da onda T deve ter a mesma orientação que o QRS^{2,5,7}.

Progressão da onda T com a idade: Ao nascimento são normais ondas T positivas nas derivações précordiais direitas (V_{3R}, V_{4R}, V₁) que posteriormente ficam negativas, geralmente nas primeiras 48 horas de vida. Ondas T positivas persistentes após a primeira semana de vida em V_{3R}, V_{4R} ou V₁ são um achado anormal, podendo sugerir hipertrofia VD^{1,3,4,7}.

Após a primeira semana de vida, e geralmente prolongando-se até à adolescência, a onda T em V₁ é negativa⁷. A onda T em V₁ não deverá ser positiva antes dos seis anos de idade, constituindo esta uma das mais importantes diferenças entre o ECG pediátrico e de adulto⁴. Em todas as idades as ondas T devem ser positivas em V₅ e V₆¹.

Amplitude das ondas T: A onda T deve ter uma amplitude superior ou igual a 2 mm e inferior ou igual a 7 mm (nas derivações frontais) ou a 10 mm (nas derivações précordiais), em qualquer idade. As alterações mais frequentes na onda T reflectem alterações funcionais e não traduzem patologia cardíaca. Exemplos disso são a inversão das T numa derivação após período de hiperventilação ou ainda o padrão de “repolarização precoce” frequente nos adolescentes com elevação do ponto J (ponto onde termina onda R) ($<4\text{mm}$) e ondas T altas⁷.

9. Onda U

A onda U representa a repolarização do sistema His-Purkinje e nem sempre é visível no ECG. Apresenta o mesmo eixo que a onda T mas de menor amplitude que esta (nunca deve ser superior a 50% da amplitude da onda T). Pode estar aumentada na hipocaliemia, com o uso de antiarrítmicos e no síndrome do QT longo.

Discussão

O ECG é um exame extremamente informativo que permite identificar alterações cardíacas, eléctricas e estruturais, mesmo em recém-nascidos ou crianças assintomáticas¹¹.

O ECG na idade pediátrica apresenta algumas particularidades que se prendem essencialmente às adaptações fisiológicas cardíacas da passagem da vida intra para extra-uterina. No recém-nascido pode recorrer-se a derivações adicionais à direita (V_{3R} e V_{4R}) que permitem uma melhor caracterização

do coração direito. Neste período verifica-se habitualmente a uma redução progressiva das forças direitas com aumento das esquerdas.

Os intervalos do ECG após o primeiro ano de vida, tendem a aumentar, reflexo da maturação a inervação vagal do nó sinusal, sendo habitual encontrar-se FC mais rápidas nos lactentes. O intervalo QT é um parâmetro que deve ser sempre avaliado e corrigido para a FC usando a *fórmula de Bazett*, sob risco de não detectar situações com risco de arritmias potencialmente fatais. A onda Q nas crianças, ao contrário dos adultos, é frequente e raramente traduz patologia. A onda T nas derivações direitas deverá ser positiva na primeira semana vida, mantendo-se negativa até ao início da adolescência.

Os adolescentes também apresentam algumas características próprias no ECG, nomeadamente elevação discreta do segmento ST e um padrão de repolarização precoce com elevação do ponto J e ondas T altas.

Referências

1. Dickinson D. Essential ECG in childhood and adolescence. *Heart* 2005; 91: 1626-30.
2. Goodacre S, McLeod K. ABC of clinical electrocardiography, Paediatric electrocardiography. *BMJ* 2002; 324: 1382-6.
3. Schwartz PJ, Garson A, Paul T, Stramba-Badiale M, Vetter VL, Villain E et al. Guidelines for the interpretation of the neonatal electrocardiogram, a Task Force of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2002; 23: 1329-44.
4. Daniel Bernstein. Electrocardiography in: Kliegman, Behrman, Jenson, Stanton. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 18th edition, Philadelphia. Saunders Elsevier; 2007.
5. A Goldberger. Electrocardiography in: Fauci, Braunwald, Kasper, Hauser, Longo, Jameson, Loscaldo. *Harrison's principles of Internal Medicine*. 17th edition, USA. McGraw-Hill; 2008.
6. Rijnbeek PR, Witsenbeurg M, Schrama E, Hess J, Kors A. New normal limits for the paediatric electrocardiogram. *Eur Heart J* 2001; 22: 702-11.
7. Quirante N. La interpretación del electrocardiograma in: Benito J. *Técnicas y procedimientos mas habituales en urgências de pediatria*. 1ª edición. Ergón; 2005.
8. Benson Woodrow. The normal electrocardiogram in: Moss and Adams; *Heart Disease in Infants, Children and Adolescents*. 5th ed. Philadelphia. Williams & Williams Baltimore; 1995.
9. Davignon A, Rautaharju P, Boisselle E, Soumis F, Megelas M, Choquette. Normal ECG standards for infants and children. *Pediatr Cardiol* 1979; 1: 123-31.
10. Park MK, Warren G. Guntheroth. *How to read pediatric ECGs*. 4th ed. San Antonio: Mosby; 2006.
11. Quaglini S, Rognoni C, Spazzolini C, Priori S, Mannarino S, Schwartz P. Cost-effectiveness of neonatal ECG screening of the long QT syndrome. *Eur Heart J* 2006; 27: 1824-32.