

Eletrocardiograma: recomendações para a sua interpretação

José Feldman¹, Gerson P. Goldwasser²

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Medicina Souza Marques, Universidade Gama Filho

Palavras-chave: Eletrocardiograma normal, Sistematização do eletrocardiograma, Ativação cardíaca

Resumo

O eletrocardiograma constitui-se no primeiro exame complementar no diagnóstico cardiológico, tornando fundamental o conhecimento da interpretação do ECG normal e patológico. Os autores apresentam uma revisão sumária da ativação elétrica do coração, a base para o entendimento e a interpretação do traçado. Apresentam um método de sistematização na interpretação do eletrocardiograma normal, a propedêutica eletrocardiográfica, e acrescentam notas práticas que auxiliam no diagnóstico de algumas das alterações observadas na clínica cardiológica.

Introdução

Willen Einthoven, em 1902, idealizou um aparelho para registrar as correntes elétricas que se originavam no coração. Surgiu o eletrocardiógrafo e o eletrocardiograma. Nestes mais de cem anos, tanto os aparelhos quanto a própria metodologia de interpretação se modernizaram. Surgiram novas aplicações, fazendo com que o eletrocardiograma continue sendo um exame de extrema importância. É de fácil manuseio, reproduzível e de baixo custo operacional. O estudo minucioso e a análise metódica das ondas, dos intervalos e dos segmentos

formam a base para a interpretação do eletrocardiograma normal, das patologias cardiocirculatórias e de condições extracardíacas que modifiquem o traçado.

A Sociedade Brasileira de Cardiologia, em comemoração a estes cem anos do eletrocardiograma (ECG), realizou a Diretriz de Interpretação do Eletrocardiograma de Repouso¹, sistematizando a interpretação do eletrocardiograma normal e das diversas alterações cardíacas e não-cardíacas. Os dados aqui citados seguem as normas da referida diretriz.

Ativação elétrica do coração

A análise dedutiva é a base fundamental na interpretação do ECG e requer o conhecimento do significado do processo de ativação do coração².

Ativação ou despolarização cardíaca, em condições normais, tem origem no nódulo sinusal (nódulo de Keith-Flack), região do marca-passo cardíaco, localizado no átrio direito, sendo esta a primeira área do coração a se despolarizar. O estímulo alcança, em seqüência, o átrio esquerdo, o nódulo atrioventricular (nódulo de Aschoff-Tawara), o feixe de His e seus ramos (esquerdo e direito), a rede de Purkinje, os ventrículos e, por fim, se extingue.

Durante a atividade cardíaca desencadeada pelo processo de ativação do coração, fenômenos elétricos são originados na despolarização e repolarização, podendo ser registrados pelo eletrocardiógrafo³.

¹ Professor da Faculdade de Medicina da UFRJ. Livre docente de Cardiologia da Faculdade de Medicina da UFRJ
Ex-Pesquisador do Instituto Nacional de Cardiologia - México

² Mestre em Cardiologia pela UFRJ. Professor da Escola de Medicina Souza Marques e Universidade Gama Filho
Santa Casa da Misericórdia (RJ) – 9ª Enfermaria – Serviço do Prof. E.L. Pontes

Ativação atrial inicia-se no átrio direito (AD) e se estende ao átrio esquerdo (AE), sendo representados por dois vetores do AD que se orientam para baixo e um pouco para frente, e do AE que se orientam para trás e mais para esquerda. O vetor resultante final, que determina o eixo elétrico, orienta-se para a esquerda, para baixo em paralelo ao plano frontal (Figura 1). A deflexão resultante é denominada ONDA P.

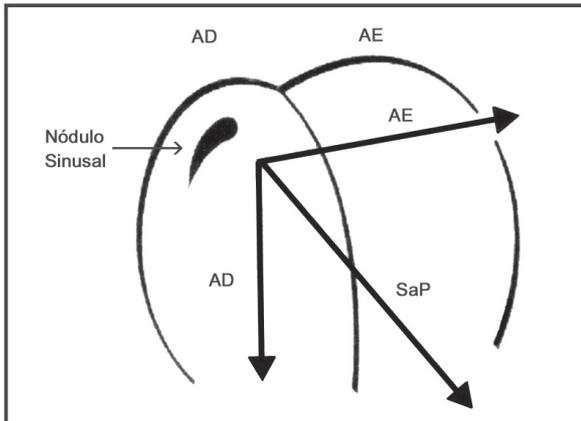


Figura 1
Orientação dos vetores das despolarizações dos átrios direito e esquerdo e da resultante (SâP)

Ativação do nódulo atrioventricular e do feixe de His não produz ondas registráveis no ECG convencional.

Ativação ventricular é representada por quatro vetores cardíacos (Figura 2): vetores 1 e 2 correspondem às despolarizações das regiões do septo interventricular; vetores 3 e 4 correspondem às despolarizações das paredes dos ventrículos com amplo predomínio vetorial do ventrículo esquerdo. O vetor resultante final, que determina o eixo elétrico, orienta-se para a esquerda e algo para trás.

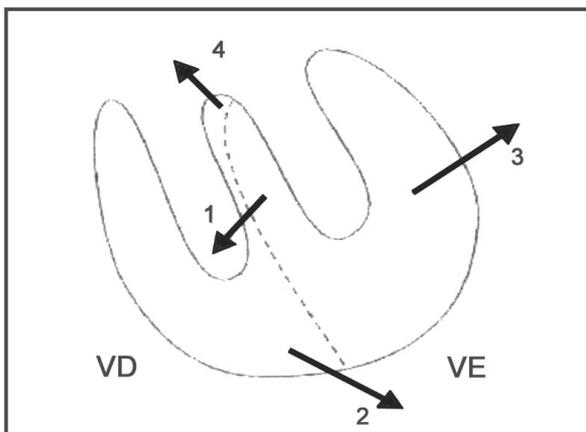


Figura 2
Despolarização ventricular representada por 4 vetores cardíacos

A deflexão resultante é denominada COMPLEXO QRS.

A repolarização ventricular inicia-se ao fim da ativação ventricular. Inicialmente as correntes elétricas desenvolvidas não são intensas e não causam deflexão, sendo inscrita uma linha isoeletrica. A seguir surgem potenciais mais intensos que determinam a inscrição da deflexão resultante, denominada ONDA T.

A repolarização atrial (ONDA Ta) não é identificada no ECG normal.

Registro do Eletrocardiograma

O eletrocardiograma constitui-se basicamente em doze derivações de registro, seis do plano elétrico frontal: as derivações periféricas D1, D2, D3 (bipolares ou standards), aVR, aVL e aVF (unipolares), e seis do plano elétrico horizontal: as derivações precordiais V1 a V6 (unipolares).

Existe uma correlação entre a região ventricular esquerda estudada e as derivações:

- Região lateral alta: D1-aVL,
- Região inferior: D2-D3-aVF,
- Região anterior extensa: V1 a V6, D1-aVL,
- Região ântero-septal: V1 a V4,
- Região ântero-lateral: V4 a V6, D1- aVL.

Em situações especiais podem-se acrescentar mais derivações, as cardíacas direitas que exploram o VD, V3R a V6R, e as cardíacas posteriores que exploram a parede posterior do VE, V7 e V8.

O papel de registro do ECG tem o desenho de pequenos quadrados de 1mm de lado. A abscissa marca o intervalo de tempo, onde cada 1mm corresponde a 40ms, considerando-se a velocidade padrão de 25mm/s; a ordenada marca a voltagem, em que 1mm corresponde a 0,1mV. No aparelho devidamente ajustado, a calibração corresponde a 10mm ou 1mV (Figura 3).

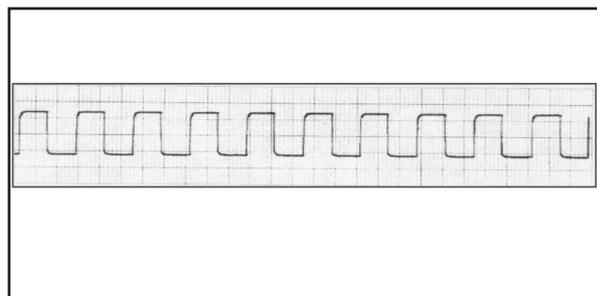


Figura 3
Calibração do aparelho: cada 1mm corresponde a 40ms na horizontal e a 0,1mV na vertical

Propedêutica eletrocardiográfica

A sistematização na interpretação do eletrocardiograma, cuja finalidade é facilitar o diagnóstico, deve seguir as seguintes etapas^{4,5,6}:

1. Frequência cardíaca (FC)
2. Ritmo cardíaco (RIT)
3. Onda P (OP)
4. Segmento PR (sPR)
5. Intervalo PR (iPR)
6. Complexo QRS
7. Ponto J e segmento ST (sST)
8. Onda T (OT)
9. Intervalo QT (iQT)
10. Onda U (OU).

1. Frequência cardíaca - Calculada pela divisão de 1500 pelo número de quadrados pequenos entre dois complexos QRS ou duas OP contíguas. A FC normal situa-se entre 60bpm e 100bpm. Bradicardia e taquicardia sinusal são consideradas quando a FC está menor que 60bpm (ou 50bpm segundo alguns autores) ou maior que 100bpm, respectivamente, podendo ser encontradas nos indivíduos com ou sem doença cardíaca subjacente. Bradicardia é observada com mais frequência em: hipertonia vagal, nos atletas bem condicionados, uso de medicações como betabloqueadores, antagonistas dos canais de cálcio, digital, morfina, no hipotireoidismo e uremia, na hiperpotassemia, na hipertensão endocraniana, na disfunção do nódulo sinusal (comum no idoso) e infarto do miocárdio. A taquicardia ocorre: após exercícios físicos, ansiedade, estados hipercinéticos, hipertireoidismo, uso de álcool, cafeína, nicotina, substâncias adrenérgicas, vasodilatadores, atropina, na insuficiência cardíaca e no infarto do miocárdio.

Nota prática: Bradicardia com FC menor que 40bpm e taquicardia com FC maior que 160bpm, ao repouso, requerem uma análise mais precisa para identificar outras arritmias.

Observação: as causas citadas das alterações no ECG, em todas as etapas, são as mais frequentes e não a sua totalidade.

2. Ritmo cardíaco - Avaliado pela medida dos intervalos entre os ciclos cardíacos, mais facilmente aferidos entre as espículas dos QRS - os intervalos R-R. O ritmo cardíaco é regular quando estes intervalos são iguais ou constantes e irregular quando os intervalos são diferentes ou inconstantes. Pequenas variações podem estar presentes normalmente⁷.

Nota prática: na arritmia sinusal estes intervalos são diferentes entre si, com diferenças superiores a 160ms entre o maior e o menor intervalo R-R.

Na criança geralmente é fisiológica, estando relacionada ao ciclo respiratório (arritmia fásica), sendo que a FC aumenta na inspiração e diminui na expiração. No idoso, está mais relacionada à disfunção do nódulo sinusal (não-fásica).

3. Onda P - A primeira onda do ECG normal. Deve-se identificar a onda P em todos os ciclos cardíacos, observando a sua morfologia: onda arredondada, simétrica, de pequena amplitude - menor que 2,5mm e duração menor que 110ms. O ritmo normal do coração - ritmo sinusal, se traduz pela presença da onda P positiva nas derivações D1, D2, aVF, V2 a V6 e negativa em aVR. A orientação vetorial (SâP) situa-se entre 0° e +90°, próximo de +60°.

Nota prática: observar a relação da OP com o QRS. Toda onda P deve estar seguida do QRS, relação atrioventricular 1:1. Ausência da onda P constitui arritmias, como exemplos, os bloqueios atrioventriculares (BAV) do 2° e 3° graus, flutter ou fibrilação atrial e ritmo juncional. Onda P alargada, entalhada ou bimodal, pode prenunciar o aparecimento de fibrilação atrial. Onda P com medida entre 2,5mm e 3,0mm e duração entre 100ms e 120ms deve ser analisada no contexto do quadro clínico, pois pode corresponder a crescimento atrial. Onda P de amplitude aumentada maior que 3mm e apiculada, correlaciona-se com o crescimento do AD e, de duração aumentada maior que 120ms e com entalhes, com o crescimento do AE.

4. Segmento PR - Segmento de linha que conecta a onda P ao QRS. Deve estar ao nível da linha de base do traçado.

Nota prática: desnivelamento do sPR pode ser observado na pericardite aguda ou infarto atrial. Para o diagnóstico de crescimento do átrio esquerdo, pode-se também utilizar o índice de Macruz, que estabelece uma relação entre as durações da onda P e do sPR, sendo positivo quando o resultado for maior que 1,7 na derivação D2.

5. Intervalo PR - Intervalo de tempo medido entre o início da OP e o início do QRS. Varia de 120ms a 200ms, mantendo-se constante. Dentro deste limite o iPR será maior na bradicardia e menor na taquicardia. IPR maior que 210ms (e constante) caracteriza o BAV do 1° grau, e menor que 120ms a síndrome de pré-excitação ventricular. Com fins práticos, utiliza-se a seguinte tabela de valores máximos normais do iPR (Tabela 1).

6. Complexo QRS - A segunda onda do ECG normal. Deve-se identificar o complexo QRS em

Tabela 1
Valores Máximos Normais do iPR

Frequência Cardíaca/min	Idade	
	18 a 40 anos iPR em ms	Mais de 40 anos iPR em ms
Menos de 70	200	210
71 a 90	190	200
91 a 110	180	190
111 a 130	170	180
131 a 150	160	170
Mais de 150	150	160

todos os ciclos cardíacos, observando a sua morfologia: deflexão espiculada, estreita, com duração entre 60ms e 100ms e amplitude variada. Denomina-se onda Q a primeira deflexão negativa; onda R a primeira deflexão positiva; e onda S a deflexão negativa que segue a R; onda R' a deflexão positiva que segue a S; e S' a deflexão negativa que segue a R'. Nas derivações D1 até aVF, existem diferenças nas morfologias dos QRS entre os indivíduos em razão das rotações cardíacas. O padrão aproximado em V1/V2 é rS (r minúsculo/S maiúsculo), em V3/V4, RS (R maiúsculo/S maiúsculo) e em V5/V6, qRs (q minúsculo/R maiúsculo/s minúsculo). A orientação vetorial (SâQRS), isto é, o eixo elétrico situa-se entre 0° e +90°.

Onda Q anormal ou patológica tem a duração aumentada maior que 30ms, e amplitude aumentada maior que 3mm ou 25% do tamanho do QRS, correlacionando-se com área eletricamente inativa (necrose) ventricular; QRS largo tem a duração igual ou maior que 120ms; QRS de baixa voltagem tem a amplitude menor que 5mm nas derivações standards e menor que 8mm nas precordiais e pode ser observada em obesos, enfisema pulmonar, miocardite, mixedema e derrame pericárdico; alterações morfológicas dos QRS permitem identificar as hipertrofias ventriculares e os bloqueios de ramos; QRS de amplitude aumentada pode corresponder ao crescimento (ou hipertrofia) do VE e entre os índices para este diagnóstico, o mais frequentemente utilizado é de Sokolow-Lyon, calculado pela soma, em milímetros, das maiores amplitudes da onda S de V1 ou V2 com a onda R de V5 ou V6, sendo positivo quando o resultado for igual ou maior a 35mm.

Nota prática: especialmente em D3, onda Q profunda pode não ser necrose. Para esta diferenciação, repete-se o D3 em inspiração. Se a onda Q diminui ou desaparece, não é patológica, devendo-se à rotação cardíaca normal.

7. Ponto J e segmento ST - Ponto J é o ponto de junção entre o final do QRS e o início do segmento ST e situa-se ao nível da linha de base. Segmento ST é o segmento de linha que une QRS à onda T e corresponde à fase inicial da repolarização ventricular. A sua morfologia não é em linha reta, mas algo curvo, côncavo para cima. Deve estar também ao nível da linha de base do traçado, linha isoeletrica. Pequenos desnivelamentos do ponto J e sST, de até 1mm nas derivações periféricas ou até 2mm nas precordiais, com sST côncavo para cima, podem ser observados em indivíduos sem cardiopatias, simpaticotônicos ou vagotônicos, sugerindo repolarização ventricular precoce.

Nota prática: observar cuidadosamente os desnivelamentos do sST, maiores que o citado, sejam por supradesnivelamento com aspecto convexo para cima ou infradesnivelamento com aspecto côncavo para cima, pois sugerem lesão miocárdica.

8. Onda T - A terceira onda do ECG normal. Corresponde à repolarização ventricular em sua quase totalidade. Onda algo arredondada e assimétrica, com a fase ascendente mais lenta e a descendente mais rápida. Amplitude variável, menor que o QRS. Polaridade positiva em D1-D2-aVF-V2 a V6 e negativa em aVR. A orientação vetorial (SâT) situa-se entre 0° e +90°, próximo de +45°.

Mudanças em sua forma e polaridade podem ser observadas numa série de situações: na criança e no adolescente pode estar negativa de V1 a V4, denominada de onda T infantil ou juvenil; no adulto obeso ou brevilíneo ou na mulher ou na raça negra, pode estar negativa em V1 e V2; no atleta pode estar negativa em várias derivações. No tabagista, ou após a ingestão de álcool ou hiperventilação, a onda T pode se tornar aplanada, de pequena amplitude ou mesmo pouco negativa, configurando as alterações inespecíficas da repolarização ventricular.

Nota prática: alteração primária da repolarização ventricular refere-se à onda T pontiaguda e simétrica, sugestiva de isquemia miocárdica. Onda T apiculada, de base estreita e ampla, ultrapassando quase sempre o tamanho do QRS (onda em tenda) sugere hiperpotassemia.

9. Intervalo QT - Intervalo de tempo medido entre o início do QRS ao final da OT. Corresponde à sístole elétrica total ventricular. Intervalo QT varia inversamente em relação à frequência cardíaca, sendo menor na FC mais rápida e maior na FC mais lenta. IQTC é o corrigido à frequência cardíaca (Tabela 2). Em geral, os limites do iQTC são de 300ms a 440ms.

Tabela 2

Valores do iQTC em relação à Frequência Cardíaca

FC	iQTC(s)	FC	iQTC(s)
40	0,42	45	0,41
50	0,40	55	0,39
60	0,38	65	0,37
70	0,36	75	0,35
80	0,34	85	0,33
90	0,32	95	0,31
100	0,30	105	0,29
110	0,28	115	0,27
120	0,26	125	0,25
130	0,24		

Nota prática: IQTC prolongado pode ter origem congênita ou ser adquirido. Este último pode ser causado pelo uso de drogas antiarrítmicas, principalmente dos grupos I e III, efeitos pró-arrítmicos destas drogas, pelos antidepressivos tricíclicos e por distúrbios eletrolíticos. IQTC prolongado é fator de risco para arritmias ventriculares. A digital encurta o IQTC.

10.Onda U - Ocasionalmente pode ser identificada a onda U, quarta onda do ECG, vindo logo após a onda T: onda arredondada, de curta duração, de pequena amplitude e de mesma polaridade da onda T precedente.

Nota prática: Onda U de duração e amplitude aumentadas é observada na hipopotassemia e negativa na isquemia miocárdica.

Após a onda T (ou a onda U quando esta existir), o traçado segue numa linha de base isoeletrica, a linha de base do eletrocardiograma que representa a diástole ou o repouso elétrico do coração, interrompido por um novo ciclo cardíaco e assim sucessivamente (Figuras 4 e 5).

Comentários Finais

Ao completar cem anos, o eletrocardiograma continua sendo um exame absolutamente necessário e fundamental no diagnóstico de doenças cardiovasculares e em várias situações clínicas. Os aparelhos se tornaram menores e práticos, de fácil manuseio e de registro simultâneo das doze derivações. A transmissão dos dados por via telefônica e a interpretação por meio do computador vieram agilizar ainda mais a análise do ECG^{8,9}.

O teste ergométrico, a eletrocardiografia dinâmica - sistema Holter, o ECG esofágico, a eletrocardiografia endocavitária com mapeamento das vias de condução normais e das acessórias, as técnicas de ampliação da onda atrial e ventricular, o ECG de alta resolução, a técnica de registro dos potenciais tardios e o mapeamento epicárdico para análise do segmento ST, trouxeram a modernidade, fazendo com que o eletrocardiograma continue sendo o exame de primeira escolha para o médico clínico generalista e para o especialista em Cardiologia.

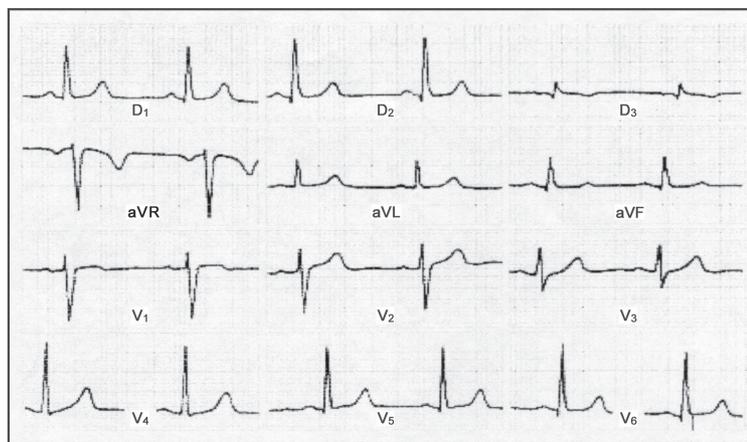


Figura 5

ECG normal

Observar a seqüência de análise:

FC=70bpm; RIT: regular; OP sinusal (ritmo sinusal); relação A-V=1 / 1; iPR=160ms; sPR= nivelado na linha de base; QRS= de morfologia normal, duração de 80ms; sST= nivelado na linha de base; OT= morfologia e polaridade normais; iQT=360ms.

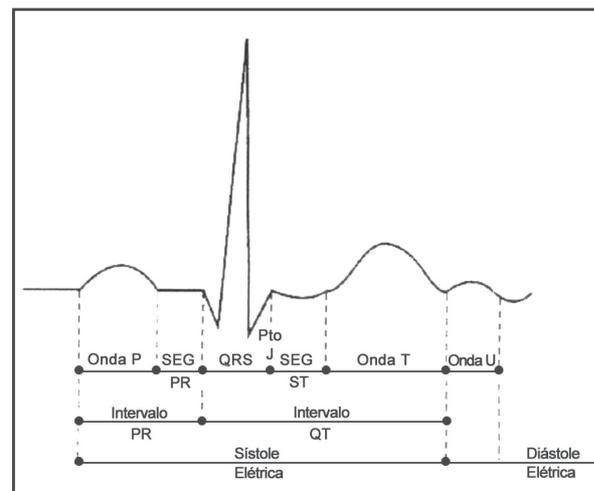


Figura 4

Elementos do eletrocardiograma normal

Referências bibliográficas

1. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretriz de Interpretação de Eletrocardiograma de Repouso. Arq Bras Cardiol 2003;80(supl II).
2. Sodi-Pallares D, Medrano GA, Bisteni A, Ponce de Leon J. Electrocardiografía Clínica: Análises Deductivas. Inst. Nacional de Cardiología de México; 1968.
3. Tranches J. Eletrocardiograma normal e patológico: Noções de Vetocardiografia. Revisada por Moffa PJ, Sanches PCR. São Paulo: Roca; 2001.
4. Mirvis DM, Goldberger AL. Electrocardiography. In: Braunwald E (ed). Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 6th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2001:82.
5. Castellanos A, Interian A, Myerburg RJ. The resting electrocardiogram. In: Hurst JW (ed). The Heart. 10th ed. New York: McGraw Hill; 2001:281.
6. Goldwasser GP. Eletrocardiograma orientado para o clínico. 2^a ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2002.
7. Surawicz B, Knilans TK. Chou's Electrocardiography in Clinical Practice. 5th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2001.
8. Bayés de Luna A. Electrocardiografía Clínica. Barcelona: Doyma; 1992.
9. Moffa PJ. Eletrocardiografia: Início, evolução, estágio atual. In: Souza AGMR, Mansur AJ. Ed. SOCESP – Cardiologia: 2^o Volume. São Paulo: Atheneu; 1997:79.