

Diagnóstico eletrocardiográfico de arritmias cardíacas com novo dispositivo móvel de eletrodos ativos

Electrocardiographic diagnosis of heart arrhythmias through a new portable device consisting of active electrodes

Otoni Moreira Gomes¹, Elias Kallás², Eros Silva Gomes³

RESUMO

Introdução: as arritmias cardíacas contribuem significativamente para a morbimortalidade intra e extra-hospitalar, sendo o seu diagnóstico precoce elemento decisivo para o sucesso terapêutico e prevenção de complicações muitas vezes letais. **Objetivo:** avaliar a eficiência de um novo dispositivo de eletrocardiografia móvel constituído de eletrodos ativos. **Método:** com a aprovação da Comissão de Ética Médica da Instituição foram realizados registros de eletrocardiograma (ECG) com o Dispositivo Móvel de Eletrodos Ativos (Santa Rita Bioeletrônica Ltda. Vale do Sapucaí, MG-Brasil, Pat. INPI, MG - Brasil) em 10 adultos, com idades entre 42 e 70 anos, clínica e hemodinamicamente estáveis, todos com consentimento pleno e devidamente informado. **Resultado:** foram obtidos registros de ECG normal em oito, fibrilação atrial em um e estimulação cardíaca por marca-passo artificial em outro pacientes. **Conclusão:** o dispositivo de eletrocardiografia móvel sem cabos para transmissão e captação de registros possibilitou diagnóstico eletrocardioscópico eficiente nos casos estudados.

Palavras-chave: Arritmias Cardíacas; Monitoramento; Eletrocardiografia; Eletrocardiografia/instrumentação; Eletrocardiografia Ambulatorial; Técnicas e Procedimentos Diagnósticos.

ABSTRACT

Introduction: Heart arrhythmias are significant causes of both intra and extra-hospital morbimortality, their early diagnosis constituting a decisive element for treatment success and prevention of often lethal complications. **Objective:** To assess the efficiency of a new portable electrocardiography device consisting of active electrodes. **Method:** Ten clinically and hemodynamically stable adults of 42-70 years old had their electrocardiogram (ECG) recorded with a portable device consisting of active electrodes (Santa Rita Bioeletrônica Ltd., Vale do Sapucaí, Minas Gerais, Brazil, Pat. INPI, MG-Brazil). All patients provided informed consent, and the procedures were previously approved by the Medical Ethical Committee of the Medical Institution. **Results:** Eight patients had normal ECG records, 1 had atrial fibrillation records, and 1 patient had pacemaker stimulation. **Conclusion:** The portable electrocardiography device for wireless data record and transmission provided efficient diagnosis in all cases studied.

Key words: Heart arrhythmias; Monitoring; Electrocardiography; Electrocardiography/Instrumentation; Ambulatory Electrocardiography; Diagnosis Techniques and Procedures.

¹Prof. Titular do Departamento de Cirurgia da FMUFMG, Diretor Científico da Fundação Cardiovascular São Francisco de Assis - Verdade é Jesus Belo Horizonte, MG - Brasil.

²Prof. Titular de Cirurgia Cardiovascular da FACIMPA-UNIVAS, Coordenador Científico da Fundação Renó & Kallás. Santa Rita do Sapucaí, MG - Brasil.

³Coordenador de Cardiologia do Hospital Servcor. Belo Horizonte, MG - Brasil.

Recebido em: 01/08/2011
Aprovado em: 01/09/2011

Instituição
Fundação Cardiovascular São Francisco Verdade é Jesus.
Hospital ServCor

Endereço para correspondência:
Prof. Dr. Otoni Moreira Gomes
Rua José do Patrocínio, 522
Bairro: Santa Mônica
CEP: 31525-160
Belo Horizonte, MG - Brasil.
Email: gomes@servcor.com

INTRODUÇÃO

Em 1842, o físico italiano Carlo Matteucci¹ demonstrou que uma corrente elétrica acompanhava cada contração cardíaca. No ano seguinte, o fisiologista alemão Emil DuBois-Reymond, praticamente fundando a eletrofisiologia, descreveu o potencial de ação e confirmou a descoberta de Matteucci no coração de sapo.² Rudolph Von Koelliker e Heinrich Muller registraram, em 1856, pela primeira vez, o potencial de ação cardíaco. Gabriel Lippman, na França, em 1870, inventou o eletrômetro capilar composto de fino tubo de vidro com uma coluna de mercúrio embaixo de ácido sulfúrico. Pelas variações dos potenciais elétricos o menisco de mercúrio movia-se com deslocamentos observados por meio de um microscópio e John Burdon Sanderson e Frederick Page, fisiologistas britânicos, usando o eletrômetro de Lippman registraram, em 1878, as duas fases, despolarização e repolarização do ciclo cardíaco. Gabriel Lippman recebeu, em 1908, o prêmio Nobel por sua descoberta da fotografia em cores³⁻⁵ (Figura 1).

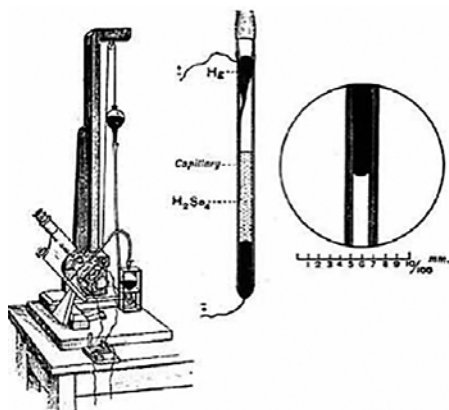


Figura 1 - O eletrômetro de Lippman⁴

Em 1876, Augustus Desirés Waller, fisiologista da St. Mary's Medical School de Londres, realizou estudos experimentais registrando o eletrocardiograma (ECG) em seu cachorro, Jimmy, mantido com as patas imersas em balde com solução salina. Por isto, quase foi condenado pelo governo no "Cruelty to Animals Act" de 1876^{5,6} (Figura 2). Em 1887, Waller realizou o primeiro ECG humano, tendo como paciente o técnico Thomas Goswell, que trabalhava no seu laboratório.^{7,8} Waller também foi quem introduziu o termo ECG em Ciência.

Em 1890, Burch, da Universidade de Oxford, conseguiu uma correção aritmética para facilitar a interpretação dos registros do eletrômetro de Lippman, que apresentava muita oscilação, dificultando a interpretação.



Figura 2 - Waller e seu bulldog Jimmy

O aperfeiçoamento permitiu a visualização real do ECG, mas exigia inúmeros cálculos.⁹

Em 1891, William Bayliss e Edward Starling, fisiologistas da University College London, aperfeiçoaram o eletrômetro capilar conectando os terminais à mão direita e na pele sobre o apex cardíaco, região do ictus cordis no tórax, e conseguiram o registro de uma "variação trifásica", posteriormente designadas por Einthoven como P, QRS e T, precedendo cada batimento cardíaco.^{10,11} Einthoven, em 1895, utilizando eletrômetro aperfeiçoado e uma fórmula de correção diferente da usada por Burch, em 1890, identificou cinco deflexões a que denominou com as letras P, Q, R, S e T.¹²

Foi muito importante para o desenvolvimento da eletrocardiografia a invenção de Clement Ader, engenheiro francês que em 1897 publicou seu sistema de amplificação denominado "galvanômetro de corda" para uso em linhas telegráficas submarinas.¹³

Em 1901, Einthoven modificou esse galvanômetro de cordas para registro do ECG. Esse galvanômetro pesava 600 libras (cerca de 270 kg).¹⁴ Em 1902, publicou o primeiro ECG registrado por um galvanômetro de cordas¹⁵ (Figura 3).

Poucos anos mais tarde, por sugestão de seu amigo Johannes Bosscha Einthoven, conectou seu galvanômetro com linha telefônica, conseguindo transmitir as ondas elétricas dos pacientes do hospital para seu laboratório. No dia 22 de março de 1905, um domingo, con-

seguiu registrar o primeiro ECG à distância, do hospital para seu laboratório, a 1,5 km de distância. Por meio de microfone ajustado no tórax transmitiu também por telefonia a ausculta cardíaca, gerando a telemedicina^{2,16,17}

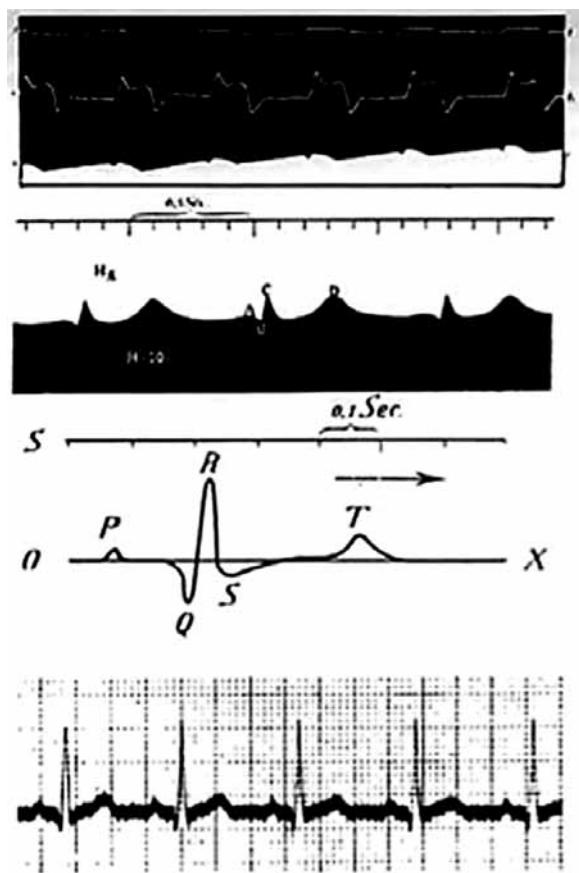


Figura 3 - Imagens do ECG: a) Com eletrômetro capilar de Lippman. b) No eletrômetro capilar com a interpretação matemática proposta por Einthoven. c) Registro pelo galvanômetro de cordas.⁶

Em 1906, Einthoven realizou a primeira publicação didática do ECG obtido por galvanômetro de cordas, identificando corações normais e patológicos, documentando hipertrofias atriais e ventriculares direitas e esquerdas, o primeiro registro da onda U, entalhamento do QRS, extrassístoles ventriculares, bigeminismo ventricular, flutter atrial e bloqueio A-V completo.¹⁸

Em 1912, Einthoven apresentou sua descoberta na *Chelsea Clinical Society*, em Londres, descrevendo as três derivações bipolares ou standard dos membros (D_1 , D_2 e D_3), representadas em triângulo equilátero com o coração no centro (triângulo de Einthoven), já naquela época definindo que no ECG, em qualquer instante dado, qualquer onda da derivação D_2 é igual à soma dos potenciais das derivações D_1 e D_3 (Lei de Einthoven).³

Em sua publicação, pela primeira vez empregou a abreviatura “ECG”.¹⁹

Em 1928, Ernstine e Levine empregaram sistema de tubo de vácuo aperfeiçoando a eletrocardiografia, substituindo a amplificação mecânica do galvanômetro de cordas²⁰ e, em 1931, Frank Wilson²¹⁻²³ desenvolveu o sistema de derivações unipolares, tendo Einthoven definido como favorável a derivação unipolar obtida pela ligação entre as duas mãos.

A simplicidade e a utilidade clínica do emprego de derivações unipolares favoreceram e motivaram a industrialização dos primeiros eletrocardiógrafos (Figura 4). Possibilitaram, também, o aperfeiçoamento dos eletrocardiógrafos como aparelhos portáteis, facilmente transportáveis para uso comunitário. Surgiram, assim, os minieletrôcardiógrafos “de bolso” ativados com pilhas comuns, sem necessidade de rede elétrica.

A versatilidade e eficiência dos sistemas *bluetooth* e *wireless* utilizados nos telefones celulares motivou a idealização, desenvolvimento e construção do sistema de eletrodos ativos, constituindo a eletrocardiografia móvel sem cabos para transmissão e captação de registros por telefones celulares, sendo objetivo do presente artigo a apresentação de diagnósticos eletrocardiográficos comprovando sua eficiência.

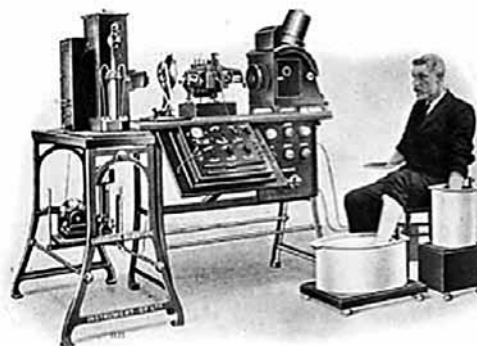


Figura 4 - Eletrocardiógrafo usado por Lewis, em 1911 Construído pela Cambridge Scientific Instrument of London⁶

CASUÍSTICA E MÉTODOS

Com a aprovação da Comissão de Ética Médica da Instituição são apresentados registros de diagnósticos ambulatoriais do ECG com o Sistema de Eletrodos Ativos, obtidos com consentimento pleno, 10 adultos, masculinos, com idades entre 42 e 70 anos, clínica e hemodinamicamente estáveis, devidamente informados. Os diagnósticos foram feitos com o sistema de eletrodos ativos fabricado por Santa Rita Bioeletrônica Ltda. Vale

do Sapucaí – MG (Patente INPI.MG.Brasil), em dispositivo pequeno, compacto, portátil e de uso fácil, medindo 112 x 68 x 14 mm, com peso total de 88 g (Figura 5A), ativado por minibaterias Li-ion 3.7 VDC recarregáveis.



Figura 5A - Dispositivo de ECG com Eletrodos Ativos para ECG Wireless

Possui eletrodos ativos embutidos de longa duração e sensibilidade para análise da frequência cardíaca até 200 bpm com intervalos QRS < 0,20 seg. Adaptado para uso interno e externo em ambientes com temperaturas entre +5 0C e +550C, com umidade relativa entre 10% e 90%. Os sinais de ECG foram transmitidos com tecnologia *bluetooth* usual, sem cabos de conexão para exibição em telefone celular modelo LG Scarlet II. Os registros apresentados foram obtidos em derivações unipolares com o aparelho sustentado pelos polegares e indicadores das mãos do paciente (Figura 5B).

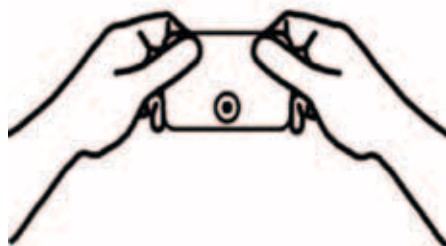


Figura 5B - Posição para obtenção do ECG

RESULTADOS

As figura 6-A apresenta registro de ECG normal obtido na tela do telefone celular, as figuras 6-B e C apresentam registros respectivos de fibrilação atrial e estimulação cardíaca por marcapasso artificial.



Figura 6A - Ritmo sinusal



Figura 6B- fibrilação atrial



Figura 6C - Com marcapasso artificial

DISCUSSÃO

A eletrocardiografia representou extraordinário avanço para a propedêutica complementar no século XX e, ainda, continua indispensável, em termos de disponibilidade, custos e benefícios, no início deste novo milênio.

Fundamentalmente, registra as variações de potencial na despolarização e repolarização da membrana celular miocárdica, estando, portanto, limitada aos eventos patogênicos, atingindo a membrana celular. É do conhecimento sedimentado a possibilidade de dissociação eletromecânica ventricular quando inexistente a contração, porém mantendo o registro do QRS referente à sístole elétrica ventricular, fato bem demonstrado em estudos de corações isolados com uso de bloqueadores dos canais de cálcio e beta-bloqueadores.²⁴⁻²⁸

Sendo um detector de alterações de membrana celular, o ECG pode falhar na identificação de alterações degenerativas subcelulares. Por isso, em pacientes evoluindo com miocardiopatias, o ECG pode ser normal até que a extensão da lesão celular altere o fluxo iônico e a fisiologia de potenciais da membrana. Embora existindo hoje substitutos diagnósticos de alta resolução, como a própria ecocardiografia, cintilografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética, o eletrocardiógrafo sendo aparelho portátil e facilmente transportável continua perfeitamente inserido entre os recursos de propedêutica complementar passíveis de utilização em ambiente hospitalar e extra-hospitalar, oferecendo importante espectro de diagnósticos e orientações de condutas.

O eletrocardiógrafo foi muito aperfeiçoado nos últimos anos, com a possibilidade de transmissão de registros por *internet* em redes nacionais e internacionais, para interpretação local ou à distância via *internet*. Contudo, continua mantendo ainda o sistema original de captação de sinais por eletrodos unidos por cabos ao aparelho de registro e nos monitores ou computadores.

A consolidação histórica da importância das derivações unipolares²⁹⁻³¹ e a versatilidade, eficiência e segurança notoriamente conhecida dos sistemas *bluetooth* e *wireless* utilizados nos telefones celulares motivaram a idealização, desenvolvimento e construção do atual dispositivo de eletrodos ativos.

CONCLUSÃO

Os resultados de registros de ECG obtidos mostram o valor concreto da eficiência do modelo de dispositivo de eletrodos ativos na captação e exibição do ECG, sem a necessidade de cabos de conexão para diagnóstico na tela do telefone celular utilizado, respeitadas as limitações inerentes ao número reduzido de observações descritas no presente relato e a delimitação da captação de sinais em posição de

padronização única de contato dos eletrodos com as mãos dos pacientes.

Em análise geral, respeitadas as condições da presente investigação, pode-se concluir que o dispositivo de eletrocardiografia móvel sem cabos para transmissão e captação de registros possibilitou diagnóstico eletrocardioscópico eficiente nos casos estudados.

AGRADECIMENTOS

Aos Engenheiros Júlio César S. Costa (*in memoriam*), Antônio S. Pineschi e Paulo Rocha C. Júnior e ao Sr. Elton Silva Gomes pela muito importante colaboração.

REFERÊNCIAS

1. Matteucci C. Sur un phenomene physiologique produit par les muscles en contraction. *Ann Chim Phys.* 1842; 6:339-41.
2. Fye WB. A history of the origin, evolution and impact of electrocardiography. *Am J Cardiol.* 1994; 73:937-49.
3. ECG Library - A (not so) brief history electrocardiography. [Cited 2011 jul 29]. Available from: <http://www.ecglibrary.com/ecghist.html>
4. Aquilina O.A brief history of cardiac pacing. *Images Paediatr Cardiol.* 2006; 27:1781.
5. Giffoni RT, Torres RM. Breve história da eletrocardiografia. *Rev Med Minas Gerais.* 2010; 20(2):263-70
6. Jenkins D, Gerred S.A concise history of the ECG. [Cited 2011 jul 29]. Available from: http://en.ecgpedia.org/wiki/A_Concise_History_of_the_ECG.
7. Waller AD. A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat. *J Physiol (London).* 1887; 8:229-34.
8. Waller AD. On the electromotive changes connected with the beat of the mammalian heart, and on the human heart in particular. *Phil Trans R Soc.* 1889; 180:169-94.
9. Burch GJ. On a method of determining the value of rapid variations of a difference potential by means of a capillary electrometer. *Proc R Soc Lond (Biol).* 1890; 48:89-93.
10. Bayliss WM, Starling EH. On the electrical variations of the heart in man. *Proc Phys Soc. (14th November) in J Physiol (London)* 1891; 13.
11. Bayliss WM, Starling EH. On the electromotive phenomena of the mammalian heart. *Proc R Soc (London).* 1892; 50:211-4.
12. Einthoven W. Ueber die Form des menschlichen Electrocardiogramms. *Arch f d Ges Physiol.* 1895; 60:101-23.
13. Ader C. Sur un nouvel appareil enregistreur pour cables sous-marins. *C R Acad Sci (Paris).* 1897; 124:1440-2.
14. Einthoven W. Un nouveau galvanometre. *Arch Neerl Sc Ex Nat.* 1901; 6:625-33.

15. Einthoven W. Galvanometrische registratie van het menschlijk electrocardiogram. In: Roseinstein SS. Herinneringsbundel Professor. Leiden: Eduard Ijdo; 1902. p. 101-7.
16. Fisch C. Centennial of the string galvanometer and the electrocardiogram. *J Am Coll Cardiol*. 2000; 36(6):1737-45.
17. Hjelm NM, Julius HW. Centenary of tele-electrocardiography and telephonocardiography. *J Telemed Telecare*. 2005; 11(7):336-8.
18. Einthoven W. Le telecardiogramme. *Arch Int de Physiol* 1906; 4:132-64. (translated into English) *Am Heart J*. 1957; 53: 602-15.
19. Einthoven W. The different forms of the human electrocardiogram and their signification. *Lancet*. 1912; (1):853-83.
20. Ernstine AC, Levine SA. A comparison of records taken with the Einthoven string galvanometer and the amplifier-type electrocardiograph. *Am Heart J*. 1928; 4:725-31.
21. Wilson FN, Johnston FD, Macleod AG, Barker PS. Electrocardiograms that represent the potential variations of a single electrode. *Am Heart J*. 1934; 9:447-71.
22. Wilson FN, Johnston FD, Rosenbaum FF, et al. The precordial electrocardiogram. *Am Heart J*. 1944; 27:19-85.
23. Wilson FN, Macleod AG, Barker PS. Potential variations produced by the heart beat at the apices of Einthoven's triangle. *Am Heart J*. 1931; 7: 207-11.
24. Gomes OM, Neves HJ, Lima WS, Gomes ES, Pitchon M. Volatile cardioplegia; Fast normothermic cardiac arrest induction and recovery with halothane in isolated rat hearts. *Braz J Med Biol Res*. 1997; 30:759-62.
25. Gomes OM, Gomes ES, Faraj M. Doença da discinesia miocrádica de estresse. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2004; 19(4):378-85
26. Gomes OM. *Fisiologia cardiovascular aplicada*. Belo Horizonte: Edicor; 2005.
27. Gomes OM, Gomes ES. Myocardial cell membrane stress ionic dyskinesia reversal by diltiazem. *Exp Clin Cardiol*. 2006; 11(3):239-42.
28. Gomes OM, Khaper N, Singal PK. Synergistic Effect of magnesium and diltiazem on reversal of myocardial cell membrane stress and dyskinesia. In: Wang P, Kuo C-H, Takeda N, Singal PK, editors. *Cell adaptation and challenges*. New Delhi, India: Publishing House Pvt; 2011. v.6
29. Goldberger E. A simple indifferent electrocardiographic electrode of zero potential and a technique of obtaining augmented, unipolar extremity leads. *Am Heart J*. 1942; 23:483-92.
30. Sokolow M. The Clinical Value of Unipolar Extremity (Av) Leads. *Ann Intern Med*. 1951; 34(4):921-47.
31. Ramos J, Melo AK, Borges S. Estudo Comparativo dos Três Tipos de Derivações Eletrocardiográficas (Clássicas, Unipolares das Extremidades e Precordiais Múltiplas) em Relação aos Exames Clínico e Radiológico. In: 3ª Reunião da Sociedade Brasileira de Cardiologia, Belo Horizonte de 25 a 29 de Julho de 1946. [Citado em 2011 jul 29]. Disponível em: <http://www.cardiol.br/tunel/ago/new/026.pdf>.