

Clinical Implications of Low-voltage Electrocardiogram

Andrianto, Putri Rachmawati Dewi

Department of Cardiology and Vas-
cular Medicine, Faculty of Medicine
Airlangga University - RSUD Dr.
Soetomo, Surabaya

Low-voltage on the surface electrocardiogram (ECG) is classically defined as peak-to-peak QRS voltage less than 5 mm in all limb leads and less than 10 mm in all precordial leads. There are many causes of low QRS voltage (LQRSV), and they can be differentiated into those due to the deficient heart's generated potentials (cardiac causes) and those due to the attenuating influences of the pericardial space and pericardium, or the passive body volume conductor, enveloping the heart (extracardiac causes). In some patients, LQRSV voltage may only represent a normal variant. The ECG challenge for this issue is to examine the physiological, anatomical and electrical equipment problems of low-voltage, or low-amplitude, ECG and to suggest methods for troubleshooting the low-voltage ECG to ensure reliable cardiac monitoring.

(J Kardiol Indones. 2016;37:206-12)

Keywords: low QRS voltage, electrocardiogram, clinical manifestation

Implikasi Klinis Gambaran Elektrokardiogram *Low-voltage*

Andrianto, Putri Rachmawati Dewi

Gambaran *low-voltage* pada elektrokardiogram (EKG) secara klasik didefinisikan sebagai voltase QRS dari puncak ke puncak kurang dari 5 mm pada seluruh elektroda ekstremitas dan kurang dari 10 mm pada seluruh elektroda prekordial. Terdapat banyak penyebab dari gambaran EKG *low-voltage*, yang dapat dibedakan menjadi akibat defisiensi pembentukan aksi potensial jantung (penyebab kardiak) dan akibat pengaruh rongga perikard dan perikard, atau konduksi pasif volume tubuh yang melingkupi jantung (penyebab ekstrakardiak). Pada beberapa pasien, gambaran EKG *low-voltage* dapat merupakan variasi normal. Tantangan para klinisi dalam menghadapi gambaran EKG ini adalah menyesuaikan kembali temuan pemeriksaan fisik, anatomis, dan permasalahan teknis EKG untuk menelaah kembali gambaran EKG *low-voltage* dalam hubungannya dengan monitoring masalah jantung.

(J Kardiol Indones. 2016;37:206-12)

Kata kunci: *low QRS voltage*, elektrokardiogram, manifestasi klinis

Latar Belakang

Mioskard normal umumnya akan menghasilkan voltase kompleks QRS pada elektrokardiogram (EKG) yang mengindikasikan viabilitas miokardium tersebut. Apabila amplitudo voltase dari EKG mengalami pengurangan dari batasan standar, hal ini dapat mengarah kepada diagnosis tertentu. EKG *low-voltage* dapat dikaitkan dengan berbagai macam kondisi kardiak maupun nonkardiak serta dapat pula akibat dari kesalahan penempatan elektroda dan

masalah teknis lainnya.^{1,2}

Terdapat pula hal-hal yang tidak terkait dengan viabilitas miokard yang dapat memberikan perubahan pada voltase EKG, di antaranya adalah ketebalan dinding dada, jarak jantung dari dinding dada, abnormalitas dari ekspansi paru-paru, dan sebab lain yang mengubah kavitas daerah dada, seperti abnormalitas mediastinum dan penyakit pada pleura dan perikard. Gambaran EKG *low-voltage* juga dapat muncul sebagai variasi normal tanpa ada penyakit jantung yang mendasarinya.¹

EKG *low-voltage* dapat menimbulkan masalah dalam hal pemantauan penyakit jantung, seperti alarm aritmia ganas palsu pada monitor sentral dan beberapa alarm palsu lainnya.²

Alamat Korespondensi

Andrianto dr. SpJP(K), FIHA, FAsCC. Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular FK Universitas Airlangga-RSUD Dr. Soetomo, Surabaya. E-mail: andricor9@yahoo.co.id

Definisi *Low-voltage*

Amplitudo gelombang QRS bervariasi sepanjang hidup, dengan nilai yang lebih besar pada pria dibandingkan pada wanita dan tergantung juga kepada variasi terhadap individu. Voltase QRS diukur dari dasar sampai puncak kompleks QRS. Kriteria yang merupakan EKG *low-voltage* yaitu:

- Voltase total kompleks QRS pada sadapan prekordial kurang dari 10 mm (1 mV).
- Voltase total kompleks QRS pada sadapan ekstremitas kurang dari 5 mm (0,5 mV).^{1,2,3}

Low-voltage dapat terlihat pada sadapan ekstremitas saja, sadapan prekordial saja, atau keduanya. *Low-voltage* yang muncul pada sadapan ekstremitas dan tidak muncul pada sadapan prekordial disebut sebagai diskordansi voltase. Diskordansi voltase didefinisikan sebagai amplitudo QRS 5 mm atau kurang pada sadapan ekstremitas ketika setidaknya ada dua sadapan prekordial berurutan memiliki voltase lebih besar dari 10 mm. Pada suatu studi ditemukan bahwa gambaran EKG *low-voltage* di sadapan ekstremitas dan prekordial memiliki spesifisitas yang lemah terhadap suatu kondisi klinis, sehingga beberapa studi hanya fokus terhadap gambaran *low-voltage* di sadapan ekstremitas saja. Kondisi klinis yang berkaitan dengan gambaran *low-voltage* hanya pada sadapan ekstremitas di antaranya adalah kardiomiopati infiltratif, efusi perikard dan efusi pleura masif, PPOK, dan obesitas.^{2,3,4}

Terdapat banyak penyebab dari gambaran EKG *low-voltage*, hal ini dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu penyebab kardiak—ketika terdapat gangguan pembentukan arus di jantung—dan penyebab nonkardiak. Terdapat pula kondisi nonpatologis yang dapat menimbulkan gambaran *low-voltage* pada EKG, di antaranya adalah kesalahan penempatan elektroda, alat tidak berfungsi dengan baik, variasi normal tubuh, dan kondisi obesitas. Variasi normal tubuh adalah kasus ketika terdapat gambaran EKG *low-voltage* tetapi

tidak didapatkan kesalahan teknis maupun tidak ada kondisi kelainan medis yang menyertainya.^{2,3}

Kondisi patologis yang terkait dengan gambaran *low-voltage* pada EKG terbagi menjadi dua kondisi, yaitu kondisi ketika bangkitan voltase sangat rendah dan kondisi ketika transmisi voltase yang normal terganggu. Beberapa kondisi juga dapat melibatkan kombinasi gangguan transmisi dan pembangkitan, misalnya pada tamponade kardiak, saat jaringan miokard terkompresi akibat adanya cairan yang menyelubungi jantung yang dapat mengubah pembacaan EKG.²

Kondisi yang dapat menurunkan bangkitan voltase di antaranya adalah menurunnya massa miokard yang aktif (kardiomiopati dilatatif), jaringan parut yang mengubah pengukuran gelombang dan voltase pada permukaan tubuh (infark miokard multipel), dan deposisi patologis serabut protein di jaringan miokard (amiloidosis kardiak). Sedangkan kondisi yang dapat mengganggu transmisi voltase di antaranya adalah kondisi yang mengubah konduktivitas jaringan antara elektroda dan pembangkit voltase atau pengaruh jarak antara elektroda dan jantung. Kondisi yang termasuk gangguan transmisi voltase dapat ditemui pada kasus tamponade kardiak, penyakit paru obstruktif kronik (terutama emfisema), pneumotoraks, efusi pleura, edema perifer, emfisema subkutis, dan obesitas. Berkurangnya volume darah di jantung juga dapat menurunkan konduksi aktivitas listrik ke permukaan elektroda.²

Kondisi yang terkait dengan gambaran EKG *low-voltage* dapat dilihat pada Tabel 1.

Menelaah Gambaran EKG *Low-voltage* dalam Sistem Monitoring Jantung

Pada tahun 2004 American Heart Association telah menetapkan standar untuk monitoring jantung bagi pasien rawat inap, yaitu pemantauan yang

Tabel 1. Kondisi yang terkait dengan gambaran EKG *low-voltage*²

Kardiak (pembangkitan voltase)	Ekstrakardiak (transmisi)	Nonpatologis
- Hipotiroid (miksedema)	- Efusi perikard	- Kesalahan penempatan elektroda
- Miokarditis	- PPOK	- Efek Brody
- Penyakit infiltratif (amiloidosis, sarkoidosis, hemokromatosis, dan skleroderma)	- Pneumotoraks	(hipovolemia, hipalbuminemia, hematokrit meningkat)
- Infark miokard masif/multipel	- Emfisema subkutis	- Malfungsi elektronik
- Kardiomiopati dilatatif	- Edema perifer	- Variasi normal
- Perikarditis konstruktif	- Efusi pleura	- Obesitas/lemak epikardial

mencakup interpretasi aritmia, monitoring segmen ST, monitoring interval QT, dan posisi dari elektroda prekordial dengan tiap elektroda memiliki kepentingan monitoring yang berbeda. Sadapan V1 atau V6 untuk monitoring aritmia, sadapan V3 atau V5 untuk monitoring segmen ST, dan sadapan yang memiliki interval QT paling lebar digunakan untuk monitoring interval QT.²

Gambaran *low-voltage* memberikan suatu tantangan tersendiri dalam hal monitoring jantung karena sering kali memberikan alarm peringatan yang salah. Apabila pada semua sadapan ekstremitas menunjukkan gambaran *low-voltage*, sistem monitor tidak dapat menangkap adanya gelombang QRS pada sadapan ekstremitas. Demikian halnya jika dijumpai pada sadapan prekordial. Pada kasus seperti ini, kita dapat memilih sadapan prekordial dengan kompleks QRS tertinggi untuk keperluan monitoring. Pendekatan sistematis yang dapat dilakukan untuk menelaah kembali gambaran *low-voltage* pada EKG di antaranya adalah:

1. Memeriksa kembali penempatan elektroda dan memastikan bahwa elektroda ekstremitas tidak tertukar.
2. Menyingkirkan adanya masalah teknis, baik dari segi peralatan maupun listrik.
3. Memeriksa semua 12 sadapan EKG dan memastikan bahwa pasien tersebut memang memiliki gambaran *low-voltage*.

Setelah memeriksa kembali EKG, pilihlah sadapan prekordial dengan amplitudo tertinggi di antara 12 sadapan tersebut dan tempatkan elektroda monitoring dada di posisi itu.²

Penyebab Kardiak Gambaran EKG *Low-voltage*

1. Hipotiroid (Miksedema)

Efek hormon tiroid terhadap sistem kardiovaskular di antaranya adalah menurunkan resistensi perifer, meningkatkan denyut nadi istirahat, kontraktilitas ventrikel kiri, dan volume darah. Pada kondisi hipotiroid, berbagai pengaruh tersebut akan terhambat sehingga *cardiac output* akan menurun sebanyak 30%-50%. Pada hipotiroid juga dapat terjadi kondisi hiperkolesterolemia, hipertensi diastolik, dan pemanjangan interval QT yang menyebabkan iritabilitas ventrikular.⁵

Mekanisme mengenai terjadinya gambaran EKG *low-voltage* pada hipotiroid masih belum banyak diketahui. Kemungkinan hal ini dapat dikaitkan dengan adanya kombinasi dari efusi perikard, peningkatan resistensi kulit, edema miokard, atau infiltrasi nonspesifik dari miokard. Dari suatu studi dikatakan bahwa 3%-6% penderita hipotiroid mengalami efusi perikard. Munculnya kondisi efusi perikard ini terkait dengan derajat keparahan hipotiroid itu sendiri. Efusi perikard merupakan manifestasi yang sering terjadi pada kondisi miksedema, suatu tahap lanjut yang berat dari hipotiroid, tetapi jarang terjadi pada kondisi hipotiroid biasa.^{1,6}

2. Gagal Jantung Kongestif

Meskipun edema perifer tidak muncul secara masif, pada pasien dengan gagal jantung kongestif dapat terjadinya akumulasi beberapa liter cairan interstisial sebelum edema perifer dapat terlihat nyata secara klinis. Hal ini dapat ditandai dengan kenaikan berat badan yang mengindikasikan adanya kelebihan sejumlah besar cairan. Adanya jaringan edematous yang mengelilingi jantung dapat menurunkan perpindahan impedansi listrik sehingga potensial listrik di permukaan EKG melemah. Mekanisme pelemahan kompleks QRS demikian terjadi pada pasien gagal jantung kongestif akibat berbagai sebab termasuk miokarditis.⁷

Pasien dengan miokarditis sering kali disertai adanya gagal jantung kongestif yang parah dan adanya edema perifer. Miokarditis dikaitkan dengan banyaknya perubahan yang muncul pada EKG, di antaranya adalah perubahan segmen ST-T, gelombang Q yang menyerupai infark, elevasi segmen ST, hambatan konduksi atrioventrikular dan intraventrikular, takiaritmia atrial dan ventrikular, dan gambaran EKG *low-voltage*. Dari beberapa hal tersebut, yang paling banyak dibahas adalah gambaran EKG *low-voltage*. Perubahan gambaran voltase EKG pada pasien miokarditis ini bersifat temporer dan terkait dengan perubahan berat badan yang terjadi.⁷

3. Amiloidosis Jantung

Pada amiloidosis, terjadi penggabungan dari beberapa protein toksik yang tidak larut yang berasal dari turunan N-terminus imunoglobulin monoklonal rantai ringan yang tersimpan sebagai fibril pada beberapa jaringan. Amiloidosis jantung adalah salah satu manifestasi amiloidosis sistemik. Amiloidosis jantung

adalah penyakit miokard yang ditunjukkan dengan adanya infiltrasi amiloid ekstraselular di seluruh jantung. Deposit amiloid ini muncul di ventrikel, atrium, perivaskular (terutama pembuluh darah kecil), dan di katup. Proses infiltratif ini menyebabkan adanya penebalan dinding biventrikel tanpa adanya dilatasi ventrikel. Kecurigaan terhadap amiloidosis jantung umumnya dipicu adanya penyakit jantung sebagai bagian dari gangguan multiorgan.⁸

EKG dengan 12 elektroda dapat mengungkap sifat infiltratif penyakit ini dengan adanya gambaran *low-voltage* yang sering didapatkan pada banyak kasus amiloidosis jantung dan sering kali disertai adanya deviasi aksis ke kiri atau kanan yang ekstrem. Jarang ditemukan adanya peningkatan voltase di sadapan ekstremitas atau prekordial dan jika terjadi, umumnya terkait dengan kondisi lain seperti hipertensi. Variasi EKG lain yang jarang ditemukan adalah pola pseudoinfark pada sadapan prekordial bagian anterior dan atau sadapan ekstremitas bagian inferior dan abnormalitas konduksi seperti blok fasikular atau blok atrioventrikular dengan derajat yang bervariasi. Kombinasi dari gambaran EKG berupa voltase QRS yang rendah dan gambaran penebalan ventrikel kiri dari ekokardiografi menunjukkan suatu penanda yang spesifik, tetapi tidak sensitif terhadap suatu penyakit kardiomiopati infiltratif.^{4,8,9}

4. Infark Miokard

Adanya gambaran *low-voltage* pada EKG dalam kasus sindroma koroner akut dikaitkan dengan prognosis lanjutan pada beberapa penelitian retrospektif. Meskipun jarang ditemukan, gambaran *low-voltage* dapat menunjukkan adanya kerusakan miokard yang luas. Selain itu, jika potensi listrik secara umum menurun, voltase QRS yang rendah dikaitkan dengan jarak deviasi segmen ST yang lebih rendah, sehingga menyamakan penemuan EKG iskemia yang lain.¹⁰

Dari penelitian yang dilakukan Nigel, dkk. didapatkan bahwa EKG *low-voltage* pada pasien sindroma koroner akut dikaitkan dengan skor GRACE yang lebih tinggi, mortalitas saat rawat inap, dan re-infark. EKG *low-voltage* merupakan variabel bebas yang dapat memprediksi kejadian kematian atau re-infark pasien yang dirujuk ke rumah sakit, tetapi tidak berlaku untuk prediksi mortalitas dalam enam bulan.¹⁰

Patofisiologi terjadinya EKG *low-voltage* pada pasien sindroma koroner akut masih belum banyak diketahui. Meskipun demikian, hal tersebut dapat

menggambarkan adanya iskemia miokard dan injuri yang luas, dengan sedikit miosit yang dapat menghasilkan dan meneruskan potensial listrik.¹⁰

5. Kardiomiopati Dilatatif

Kardiomiopati dilatatif didefinisikan sebagai dilatasi ventrikel kiri dan disfungsi sistolik tanpa adanya penyakit arteri koroner atau kondisi abnormal lain yang mengakibatkan gangguan ventrikel kiri. Penyakit ini adalah gangguan pada otot jantung yang dapat merupakan kondisi primer (genetik, campuran, atau predominansi familial nongenetik atau bawaan) atau sekunder (inflamasi, autoimun, atau tirotoksikosis). Gambaran ekokardiografi penyakit ini menunjukkan adanya dilatasi ventrikel kiri dengan dinding hipokinetik. Dilatasi ventrikel ini tidak disertai dengan adanya hipertrofi sehingga meningkatkan rasio volume berbanding massa. Gambaran histologis yang khas dari kardiomiopati dilatatif adalah adanya fibrosis interstisial dan perivaskular dalam berbagai derajat. Diketahui pula bahwa prosentase volume fraksi kolagen pada miokard ventrikel kiri pada penderita kardiomiopati dilatatif lebih tinggi dibandingkan pada kardiomiopati iskemik.^{11,12}

Gambaran EKG yang dapat ditemukan pada pasien kardiomiopati dilatatif adalah voltase QRS yang rendah di sadapan ekstremitas dengan amplitudo sadapan prekordial yang normal atau voltase QRS yang rendah di sadapan ekstremitas dengan kompleks QRS tinggi pada sadapan prekordial dengan progresi gelombang R yang lambat. Hal ini disebut dengan Trias Goldberger. Trias Goldberger memiliki sensitivitas yang rendah (70%) dan nilai prediksi positif yang tinggi (95%) terhadap kejadian gagal jantung kongestif.^{4,3}

6. Perikarditis

Penemuan EKG yang umum pada kasus perikarditis berupa adanya depresi segmen PR difus dan elevasi segmen ST difus. Elevasi segmen ST umumnya melibatkan lebih dari satu teritorial pembuluh darah koroner dan umumnya tidak disertai perubahan resiprokal segmen ST antara sadapan III dan aVL.¹³

Gambaran EKG *low-voltage* pada kasus perikarditis dikaitkan dengan adanya penebalan perikard. Namun demikian perikardiotomi hanya sebagian saja mengembalikan amplitudo QRS, sehingga diduga adanya penyakit dasar pada miokard yang menyebabkan gambaran *low-voltage*.³

Penyebab Ekstrakardial Gambaran EKG *Low-voltage*

1. Efusi Perikard

Mekanisme terjadinya gambaran EKG *low-voltage* pada efusi perikard disebabkan karena adanya pemendekan jalur potensial listrik jantung yang ditransmisikan ke permukaan tubuh. Mekanisme ini dapat menjadi lebih kompleks dengan melibatkan tekanan intra-perikard, seperti pada kasus tamponade yang disertai dengan inflamasi. Adanya keterlambatan kembalinya voltase QRS setelah dilakukan perikardiosentesis atau adanya perbaikan kondisi tamponade menunjukkan bahwa penyebab gambaran EKG *low-voltage* pada perikarditis/efusi perikard/tamponade bersifat multifaktorial. Efusi perikard yang berukuran kecil dan ringan (didefinisikan sebagai adanya area jernih saat sistol dan diastol dengan ukuran <1 cm), tidak dipertimbangkan sebagai etiologi klasik dari gambaran EKG *low-voltage*.^{3,4}

2. Penyakit Paru

Pasien dengan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dapat memberikan gambaran *low-voltage* di EKG, terutama pada sadapan ekstremitas karena adanya penambahan jarak jantung atau dinding dada akibat hiperinflasi paru-paru, yang jika tidak terlalu parah diharapkan akan dapat meningkatkan potensial gelombang QRS dengan meningkatkan impedansi listrik. Meskipun demikian, gambaran EKG *low-voltage* saja bukan merupakan penanda yang spesifik atau sensitif terhadap pasien PPOK. Mekanisme yang sama ini juga terjadi pada pneumoperikard, pneumomediastinum, dan pneumotoraks—terutama yang terjadi di sisi kiri.^{3,4}

Edema pulmonal dapat menyebabkan gambaran EKG *low-voltage* karena adanya penurunan impedansi paru-paru akibat dari meningkatnya jumlah cairan pada paru-paru. Demikian halnya yang terjadi pada pneumonia dengan infiltrat yang meluas dan pada sindroma distress pernafasan orang dewasa, meskipun pembahasan mengenai hal ini masih sangat sedikit. Efusi pleura, terutama yang terjadi di sebelah kiri, yang tidak disertai dengan gagal jantung kongestif dapat menyebabkan gambaran EKG *low-voltage* ketika terjadi hubungan berbanding terbalik antara perluasan dari efusi dengan amplitudo kompleks QRS.³

3. Edema Perifer

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa edema perifer dengan berbagai etiologi berkaitan dengan munculnya gambaran EKG *low-voltage*. Edema perifer yang berkaitan dengan sepsis, efek samping obat (obat-obat antiinflamasi non-steroid, golongan thiazolidinedione), *cor pulmonale*, pemberian tambahan cairan perioperatif, gagal ginjal kronik, gagal jantung kongestif, sirosis hepatic, dan beberapa kondisi lainnya memberikan gambaran *low-voltage* yang reversibel. Selain itu edema perifer juga dapat menurunkan amplitudo gelombang P dan gelombang T, durasi gelombang P, kompleks QRS, dan interval QT.³

Penyebab Nonpatologis Gambaran EKG *Low-voltage*

1. Efek Brody

Salah satu hal yang dapat memengaruhi gambaran voltase QRS di EKG adalah jumlah darah yang masuk ke ventrikel kiri. Darah adalah konduktor listrik yang baik, yang dapat mengamplifikasi aktivasi transmural ke permukaan sehingga dapat menghasilkan kompleks QRS yang tinggi, hal inilah yang dinamakan Efek Brody.¹⁴

Adanya penurunan voltase QRS dapat mengikuti kejadian pengurangan volume jantung akibat beberapa faktor patologis, perdarahan, atau hipovolemia. Luka bakar yang luas dapat menyebabkan hipovolemia sehingga memberikan gambaran *low-voltage* pada EKG, meskipun hal ini juga terjadi akibat kontribusi hipoalbuminemia. Menurunnya volume darah di jantung berakibat terjadinya penurunan konduksi aktivitas listrik pada permukaan elektroda. Peningkatan hematokrit menyebabkan pengurangan perbedaan tahanan listrik dari massa darah intrakardial dengan area di sekitar miokard, sehingga menimbulkan gambaran *low-voltage*.^{2,3}

2. Obesitas

Pada individu dengan obesitas, gambaran EKG *low-voltage* disebabkan karena peningkatan lemak dinding dada dan lemak epikard. Dalam suatu studi ditemukan bahwa gambaran EKG *low-voltage* lebih banyak didapatkan pada komunitas individu dengan obesitas jika dibandingkan dengan individu normal. Sementara itu, frekuensi gambaran *low-voltage* menurun setelah pasien obesitas dalam studi tersebut menjalani operasi

pengurangan berat badan. Pada individu dengan obesitas juga ditemukan frekuensi EKG *low-voltage* di sadapan ekstremitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan individu normal.^{2,4}

Kesimpulan

Kriteria EKG *low-voltage* yaitu voltase total kompleks QRS pada sadapan prekordial kurang dari 10 mm (1 mV) dan atau voltase total kompleks QRS pada sadapan ekstremitas kurang dari 5 mm (0,5 mV). EKG *low-voltage* dapat dikaitkan dengan berbagai macam kondisi kardiak maupun nonkardiak serta dapat pula merupakan akibat dari kesalahan penempatan elektroda dan masalah teknis lainnya. Yang termasuk penyebab kardiak dari gambaran EKG *low-voltage* di antaranya adalah hipotiroid (miksedema), miokarditis, penyakit infiltratif (amiloidosis, sarkoidosis, hemokromatosis dan skleroderma), infark miokard masif/multipel, kardiomiopati dilatatif, dan perikarditis konstruktif. Sedangkan penyebab nonkardiak gambaran EKG *low-voltage* dapat ditemukan pada efusi perikard, PPOK, pneumotoraks, emfisema subkutis, edema perifer, dan efusi pleura. Gambaran *low-voltage* memberikan suatu tantangan tersendiri dalam hal monitoring jantung karena sering kali memberikan alarm peringatan yang salah, sehingga diperlukan ketelitian dalam menyaringnya.

Ucapan Terima Kasih

Muhammad Aminuddin, dr. Sp.JP(K) FIHA FASCC, selaku Kepala Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD dr. Soetomo, seluruh Staf Pengajar Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD dr. Soetomo.

Daftar Singkatan

EKG: elektrokardiogram/*electrocardiogram* (ECG)

LQRSV: *low QRS voltage*

PPOK: penyakit paru obstruktif kronis

Daftar Pustaka

1. Brooks HL. *Electrocardiography 100 diagnostic criteria*. 1987. Chicago: Year Book Medical Publishers, Inc; 1987. p300-1.
2. Hannibal G. Interpretation of the low-voltage ECG. *AACN Advanced Critical Care*. 2014;25(number 1):84-8.
3. Madias J. Low QRS voltage and its causes. *Journal of Electrocardiology*. 2008;41:498-500.
4. Chinitz JS, Cooper JM, Verdino RJ. Electrocardiogram voltage discordance: Interpretation of low QRS voltage only in the limb leads. *Journal of Electrocardiology*. 2008;41:281-6.
5. Klein I, Danzi S. Thyroid disease and the heart. *Circulation*. 2007;116:1725-35.
6. Kabadi UM, Kumar SP. Pericardial effusion in primary hypothyroidism. *American Heart Journal*. 1990 Dec;120(6 Pt 1):1393-5.
7. Madias J. Low-voltage ECG in myocarditis: peripheral edema as a plausible contributing mechanism. *PACE*. 2007;30:448-52.
8. Falk RH. Diagnosis and management of the cardiac amyloidosis. *Circulation*. 2005;112:2047-60.
9. Mussinelli R, Salinaro F, Alogna A, et al. Diagnostic and prognostic value of low QRS voltages in cardiac AL amyloidosis. *Ann Noninvasive Electrocardiology*. 2013;18(3):271-80.
10. Tan NS, Goodman SG, Yan RT, et al. Prognostic significance of low QRS voltage on the admission electrocardiogram in acute coronary syndrome. *International Journal of Cardiology*. 2015;190:34-9.
11. Japp AG, Gulati A, Cook SA, et al. Diagnosis and evaluation of dilated cardiomyopathy. *Journal of the American College of Cardiology*. 2016;67:2996-3010.
12. Sisakian H. Cardiomyopathies: Evolution of pathogenesis concepts and potential for new therapies. *World Journal of Cardiology*. 2014;6(6):478-94.
13. Rahman A, Liu D. Pericarditis: Clinical features and management. *Australian Family Physician*. 2011;40:791-6.
14. Ozkanlar Y, Nishijima Y, Cunha D, et al. A clinical application of the "Brody Effect". *Heart Research Open Journal*. 2015;2(3):95-9.