

Aktifitas Listrik pada Otot Jantung

Lili Irawati

Abstrak

Kontraksi sel otot jantung terjadi oleh adanya potensial aksi yang dihantarkan sepanjang membran sel otot jantung. Jantung akan berkontraksi secara ritmik, akibat adanya impuls listrik yang dibangkitkan oleh jantung sendiri. Potensial aksi pada membran saraf dan otot rangka dapat terjadi bila ada rangsangan dari luar sedangkan pada membran sel otot jantung potensial aksi dapat terjadi tanpa adanya rangsangan. Berbeda dari sel saraf dan sel otot rangka yang memiliki potensial membran istirahat. Sel-sel khusus jantung tidak memiliki potensial membran istirahat. Sel-sel ini memperlihatkan aktivitas “pacemaker” (picu jantung) berupa depolarisasi lambat yang diikuti oleh potensial aksi apabila potensial membran tersebut mencapai ambang tetap. Hal ini menimbulkan potensial aksi secara berkala yang akan menyebar keseluruh jantung untuk menyebabkan jantung berdenyut secara teratur tanpa adanya rangsangan melalui saraf. Potensial aksi sel otoritmik jantung mempunyai 4 fase: fase 0 (depolarisasi cepat), fase 1 (repolarisasi awal), fase 2 (plateau), fase 3 (repolarisasi cepat), fase 4 (istirahat).

Kata kunci: aktifitas listrik otot jantung, potensial aksi

Abstract

The heart muscle cells contraction occur by potential act delivered throughout heart muscle cell. The heart will contract rythmically, result from existence of electric impulses excited by heart its self. The potential act at cells membrane of nerve cells and striated muscle can occur when there is stimuli from outer, while cells membrane of heart muscle can occur without stimuli. Nerve cells and striated muscle cells have rest potential membrane, specific heart cells have no rest potential membrane. These cells show “pacemaker activity, are slow depolarization followed with potential act when the potential membrane reach the stable threshold. Therefore, the potential act appear periodically that will spread throughout the heart and cause heart bite regularly without stimuli via nerve. The potential act of heart autorhythmic cell have 4 phase: phase 0 (fast depolarization), phase 1 (initial repolarization), phase 2 (plateau), and phase 4 (resting).

Keywords: electric activity, heart muscles, potential act.

Affiliasi penulis: Bagian Fisika Fakultas Kedokteran Universitas Andalas Padang

Korespondensi: Lili Irawati, E-mail: lili.irawati@gmail.com, Telp: 08126619536

PENDAHULUAN

Kontraksi sel otot jantung terjadi oleh adanya potensial aksi yang dihantarkan sepanjang membran sel otot jantung. Jantung akan berkontraksi secara ritmik, akibat adanya impuls listrik yang dibangkitkan oleh jantung itu sendiri yang disebut “*autorhythmicity*”. Terdapat dua jenis khusus sel otot jantung, yaitu: sel kontraktil dan sel otoritmik.

Sel kontraktil melakukan kerja mekanis, yaitu memompa, sedangkan sel otoritmik mencetuskan dan menghantarkan potensial aksi yang bertanggung jawab untuk kontraksi sel-sel pekerja. Berbeda dengan sel saraf dan sel otot rangka yang memiliki potensial membran istirahat. Sel-sel khusus jantung tidak memiliki potensial membran istirahat, tetapi memperlihatkan aktivitas “pacemaker” (picu jantung), berupa depolarisasi lambat yang diikuti oleh potensial aksi apabila potensial membran tersebut mencapai ambang tetap. Dengan demikian, timbulah potensial aksi secara berkala yang akan menyebar keseluruh

jantung dan menyebabkan jantung berdenyut secara teratur tanpa adanya rangsangan melalui saraf.^{1,2}

1. Potensial aksi pada sel saraf dan sel otot rangka

Suatu saraf atau membran otot pada keadaan istirahat (tidak adanya proses konduksi impuls listrik), konsentrasi ion Na⁺ lebih banyak di luar sel dari pada dalam sel sehingga di dalam sel akan lebih negatif dibanding luar sel. Apabila potensial diukur dengan galvanometer akan mencapai - 90 mVolt, membran sel ini disebut dalam keadaan polarisasi, dengan suatu potensial membran istirahat - 90 mVolt.

Apabila suatu rangsangan terhadap membran dengan mempergunakan listrik, mekanik atau zat kimia, maka butir-butir membran akan berubah dan beberapa ion Na⁺ akan masuk dari luar sel ke dalam sel. Di dalam sel akan menjadi kurang negatif dari pada di luar sel dan potensial membran akan meningkat. Keadaan membran ini di katakan menjadi depolarisasi. Suatu rangsangan yang cukup kuat mencapai titik tertentu sehingga dapat menimbulkan depolarisasi membran, titik tertentu ini disebut nilai ambang, dan proses depolarisasi akan berkelanjutan serta irreversible, ion-ion Na⁺ akan mengalir ke dalam sel secara cepat dan dalam jumlah yang banyak.

Pada keadaan ini potensial membran akan naik dengan cepat mencapai overshoot + 40 mVolt. Terjadinya depolarisasi sel membran secara tiba-tiba disebut potensial aksi, yang berlangsung kurang dari 1 mdetik. Segera setelah potensial aksi mencapai puncak, mekanisme pengangkutan di dalam sel membran dengan cepat mengembalikan ion Na⁺ ke luar sel sehingga mencapai potensial membran istirahat (- 90 mVolt) yang disebut repolarisasi.

Suatu rangsangan yang mencapai nilai ambang timbul potensial aksi kemudian mencapai repolarisasi dan berakhir dengan potensial membran istirahat, keseluruhan siklus ini mencapai 3 mdetik. Setelah timbul potensial aksi, sel membran akan mengalami repolarisasi. Proses repolarisasi sel membran disebut suatu tingkat refrakter. Tingkat refrakter ada dua fase yaitu periode refrakter absolut dan periode refrakter relatif.

Periode refrakter absolute terjadi selama tidak ada rangsangan, tidak ada unsur kekuatan untuk menghasilkan potensial aksi yang lain. Periode

refrakter relatif terjadi setelah sel membran mendekati repolarisasi seluruhnya maka dari periode refrakter absolut akan menjadi periode refrakter relatif, dan apabila ada stimulus yang kuat secara normal akan menghasilkan potensial aksi yang baru.^{3,4}

2. Elektrofisiologi Jantung

Kontraksi sel otot jantung dalam siklus di picu oleh aksi potensial yang menyebar ke seluruh membran sel otot. Terdapat dua jenis sel otot jantung yaitu:

- Sel kontraktile yang membentuk 99% dari sel-sel otot jantung, melakukan kerja mekanis memompa darah. Dalam keadaan normal, sel ini tidak membentuk sendiri potensial aksinya.
- Sel otoritmik, yang tidak berkontraksi tapi khusus memulai dan menghantarkan potensial aksi yang menyebabkan kontraksi sel-sel jantung kontraktile.

Sel otoritmik jantung merupakan sel otot khusus yang berbeda dari sel saraf dan sel otot rangka di mana sel otoritmik jantung tidak memiliki potensial istirahat. Sel ini memperlihatkan aktivitas pemicu yaitu potensial membran secara perlahan terdepolarisasi sampai ke ambang (potensial pemicu). Dengan siklus yang berulang tersebut, sel otoritmik memicu potensial aksi yang kemudian menyebar ke seluruh jantung untuk memicu denyut berirama tanpa rangsangan saraf apapun. Sel-sel jantung otoritmik ini membentuk area tersendiri di:

1. Nodus Sinoatrial (nodus SA), suatu daerah kecil khusus di dinding atrium kanan dekat pintu masuk vena cava superior.
2. Nodus Atrioventrikuler (nodus AV), suatu berkas kecil sel-sel otot jantung khusus yang terdapat pada dasar atrium kanan dekat septum, tepat diatas pertemuan atrium dan ventrikel.
3. Berkas His (berkas atrioventrikuler), suatu jaras sel-sel khusus yang berasal dari nodus AV dan masuk ke septum antar ventrikel. Disini berkas tersebut terbagi menjadi cabang berkas kanan dan kiri yang turun menyusuri septum, melengkung mengelilingi ujung rongga ventrikel dan berjalan balik kearah atrium di sepanjang dinding luar.
4. Serat Purkinje, serat-serat halus terminal yang menjulur ke seluruh miokardium ventrikel seperti ranting kecil dari suatu cabang pohon.^{1,5}

Sistem konduksi diatas di mulai dari nodus sinoatrial sebagai *pacemaker* yang berguna untuk memicu setiap siklus jantung. Nodus SA ini biasa di pengaruhi oleh sistem saraf pusat, seperti impuls dari saraf simpatis akan menambah kecepataannya dan saraf parasimpatis akan memperlambatnya. Hormon tiroid dan epinefrin yang dibawa oleh darah juga dapat mempengaruhi kecepatan impuls nodus SA. Setelah impuls listrik yang diinisiasi oleh nodus SA, impulsnya akan menyebar melalui kedua atrium sehingga menyebabkan kedua atrium berkontraksi secara berkesinambungan. Pada saat yang sama impuls tersebut mendepolarisasi nodus atrioventrikular yang berada dibawah atrium kanan.

Dari nodus AV ini, cabang dari serat konduksi yaitu berkas His melalui otot jantung sampai septum interventrikular. Berkas His ini kemudian bercabang menjadi cabang kanan (*right bundle*) dan cabang kiri (*left bundle*). Walaupun berkas His mendistribusikan energi listrik ini sampai melewati permukaan medial ventrikel, kontraksi sesungguhnya distimulasi oleh berkas purkinje (serat otot konduksi) yang muncul dari cabang bundle yang dilanjutkan ke sel miokardium ventrikel.^{1,5,6}

3. Potensial Aksi Sel Otoritmik Jantung

- Fase 0 (Depolarisasi Cepat)

Dibawah keadaan normal, serat otot jantung dapat berkontraksi sekitar 60-100 kali/menit oleh karena impuls listrik yang dihasilkan oleh nodus SA. Aksi ini merubah potensial istirahat membran dan membiarkan masuknya aliran Na⁺ (sodium) secara cepat ke dalam sel melalui *sodium channel*. Dengan masuknya ion natrium (bersifat positif) ke dalam sel, maka potensial dalam membran sel akan menjadi lebih positif sehingga ambang potensialnya akan naik (depolarisasi) sekitar 30 mV.

- Fase 1 (Repolarisasi Awal)

Segera setelah fase 0, channel untuk ion K⁺ (potassium) terbuka dan melewatkan ion kalium ke luar dari dalam sel. Hal ini membuat potensial membran sel menjadi lebih turun sedikit.

- Fase 2 (Plateu)

Segera setelah repolarisasi awal, untuk mempertahankan ambang potensial di membran sel

maka ion kalsium (Ca⁺) akan segera masuk sementara ion kalium tetap keluar. Dengan begini, ambang potensial membran sel akan tetap datar untuk mempertahankan kontraksi sel otot jantung.

- Fase 3 (Repolarisasi Cepat)

Aliran lambat ion kalsium berhenti, akan tetapi aliran ion kalium yang keluar membran sel tetap terjadi sehingga potensial membran menjadi turun (lebih negatif) dan disebut dengan repolarisasi.

- Fase 4 (Istirahat/resting state)

Potensial membran menjadi ke fase istirahat dimana potensialnya sekitar - 90 mV. Dikarenakan ion natrium yang berlebihan di dalam sel dan ion kalium yang berlebihan di luar sel dikembalikan ke tempat semula dengan pompa natrium-kalium, sehingga ion natrium kembali ke luar sel dan ion kalium kembali ke dalam sel.^{1,2,5,7,8}

Pada otot jantung, ion Na⁺ mudah bocor sehingga setelah repolarisasi, ion Na⁺ akan masuk kembali ke sel disebut depolarisasi spontan (nilai ambang dan potensial aksi tanpa memerlukan rangsangan dari luar). Sel otot jantung akan mencapai nilai ambang dan potensial aksi pada kecepatan yang teratur disebut *Natural Rate / kecepatan dasar membran sel*.^{3,4}

KESIMPULAN

Potensial aksi pada membran saraf dan otot rangka dapat terjadi bila ada rangsangan dari luar sedangkan pada membran sel otot jantung potensial aksi dapat terjadi tanpa adanya rangsangan. Kontraksi sel otot jantung terjadi oleh adanya potensial aksi yang dihantarkan sepanjang membran sel otot jantung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. 11th edition. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2006.
2. Ganong WF. Fisiologi kedokteran. Edisi ke- 14. Jakarta: EGC. hlm. 669-708.
3. Gabriel JF. Fisika Kedokteran. Jakarta: EGC;1996.
4. Cameron JR,. Fisika tubuh manusia. Edisi ke-2. Jakarta: EGC; 2006.
5. Sherwood L. Human physiology: from cell to system. 7th edition. Toronto: Brooks/Cole Cengage Learning; 2010.

-
6. Tortora GJ, Rerrickson B. Principles of anatomy and physiology. 11th edition. New Jersey: John and Sons; 2007. pp.725-30.
 7. Junqueira LC, Carneiro J, Kelly RO. Histologi dasar. Edisi ke-8. Jakarta : 2002. pp.210-25.
 8. Moore KL, Dalley AF. Clinically oriented anatomy. 5th edition. United States: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. p.135-50.