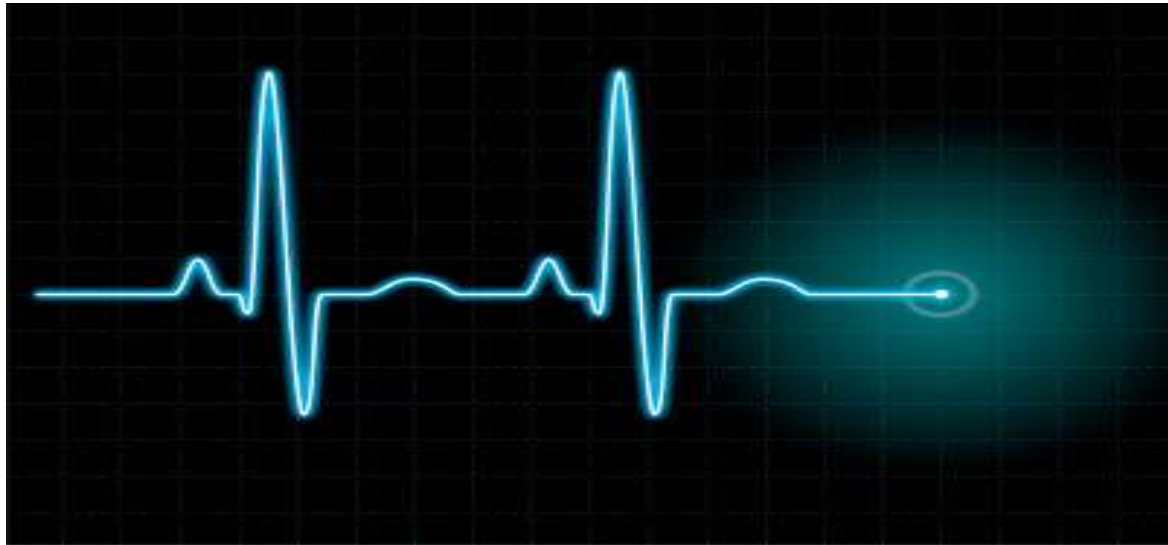




DOA BELAJAR

رَضِيتُ بِاللَّهِ رَبًّا وَبِالْإِسْلَامِ دِينًا وَبِمُحَمَّدٍ نَبِيًّا وَرَسُولًا
رَبِّي زِدْنِي عِلْمًا وَارْزُقْنِي فَهْمًا

“Aku ridho Allah SWT sebagai Tuhan ku, Islam sebagai agamaku, dan Nabi Muhammad sebagai Nabi dan Rasul, Ya Allah, tambahkanlah kepadaku ilmu dan berikanlah aku kefahaman”



KELISTRIKAN JANTUNG

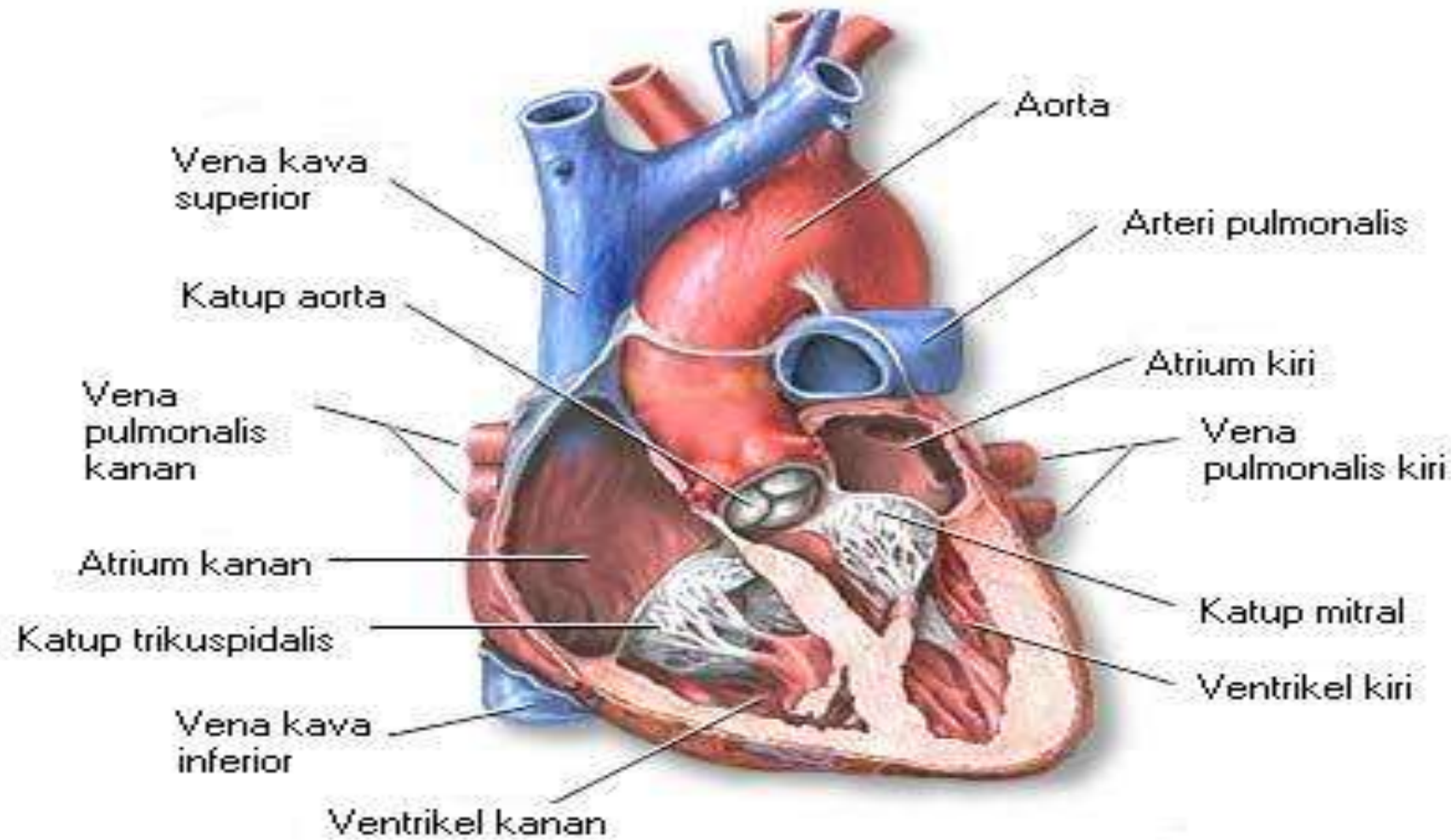
Elika Puspitasari, S.ST., M.Keb

Learning Objective

- To review anatomy of the heart
- To understand the physiology of cardiac muscle
- To understand the electrical activity of the heart
- To review the cardiac cycle



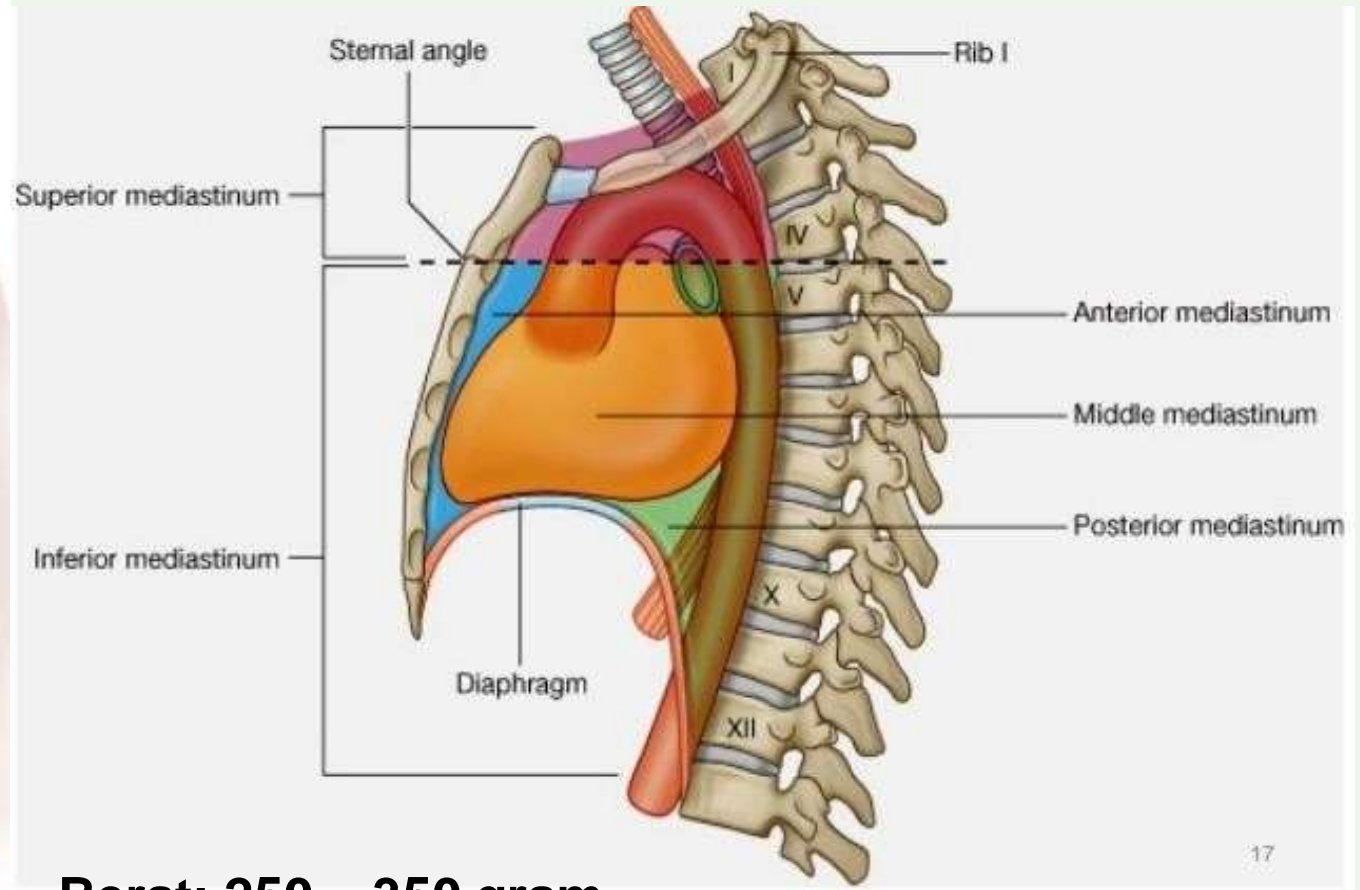
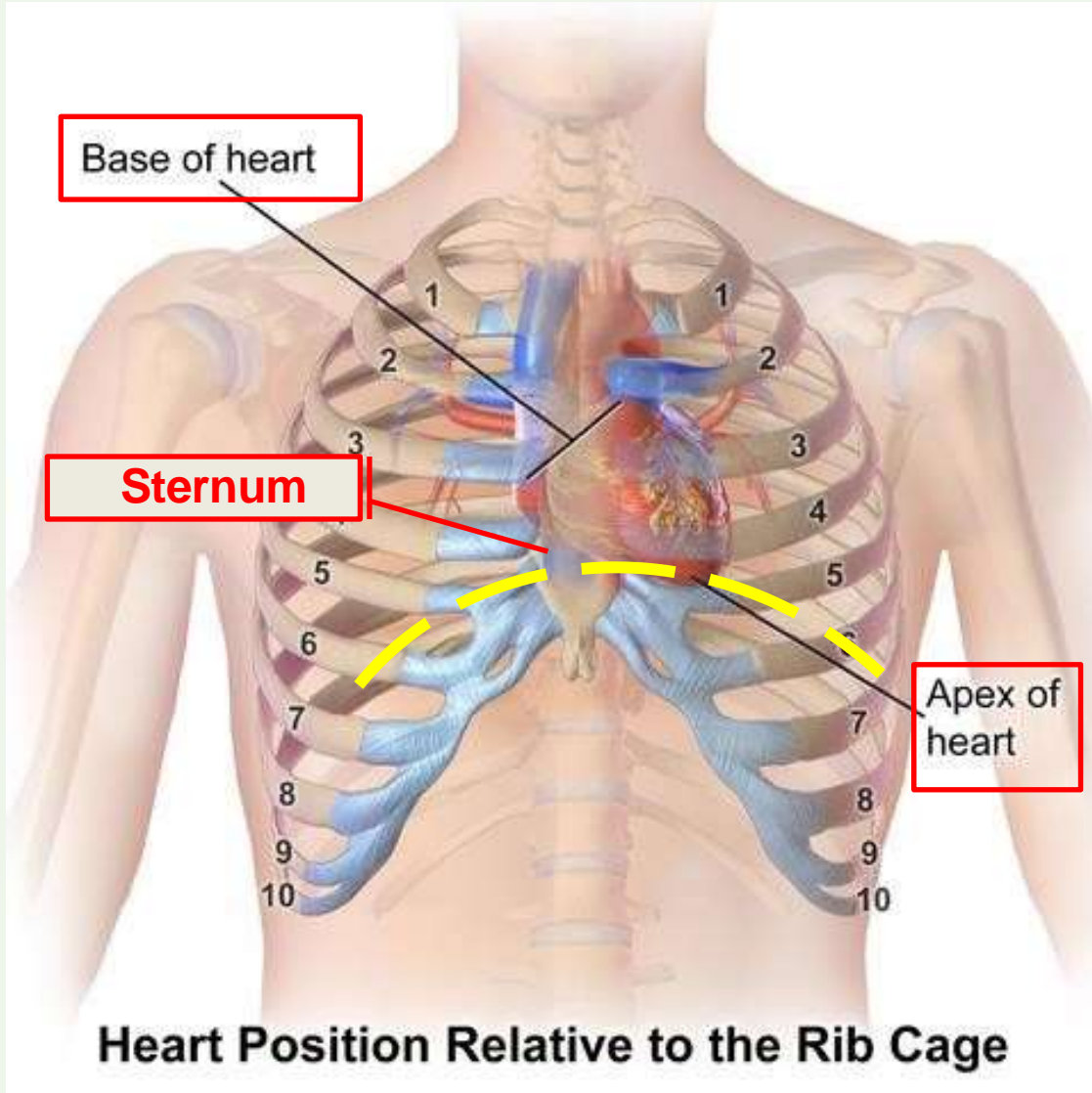
ANATOMI JANTUNG





Anatomy

HEART POSITION



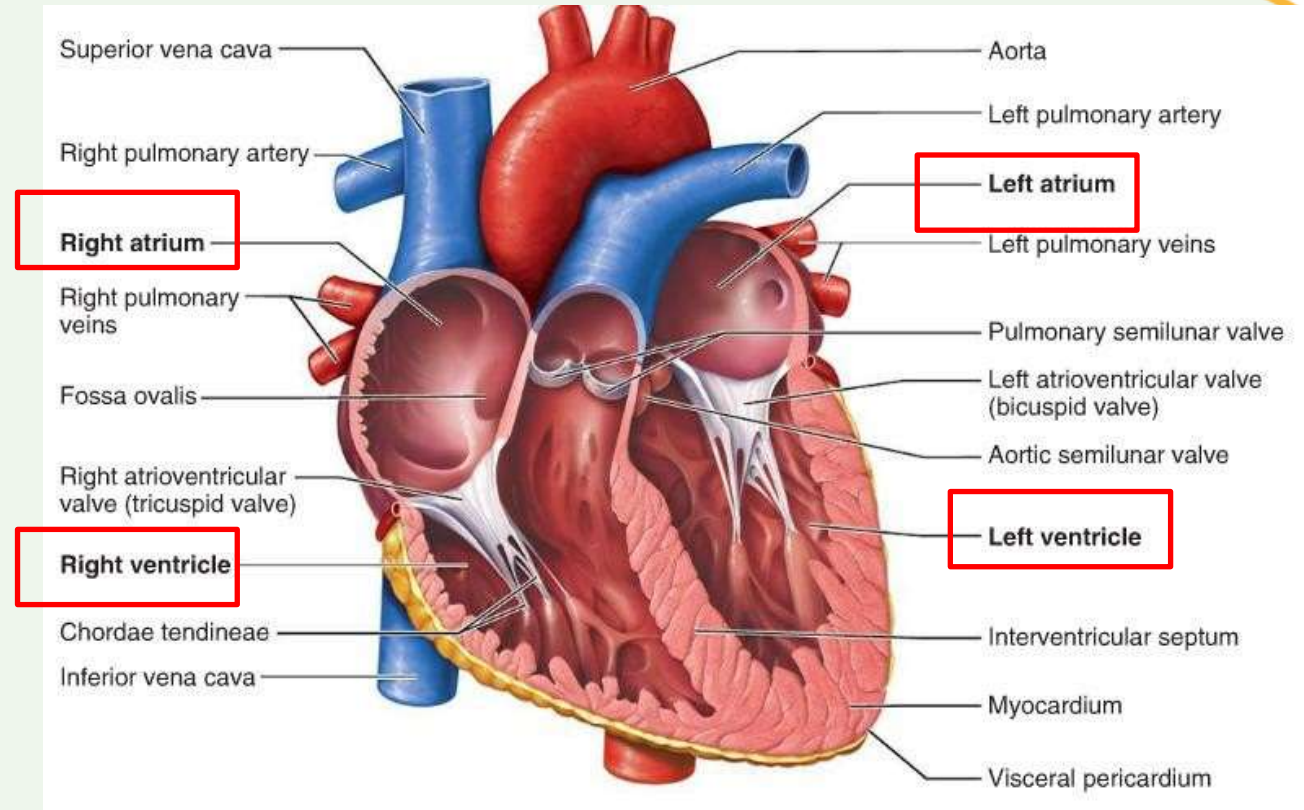
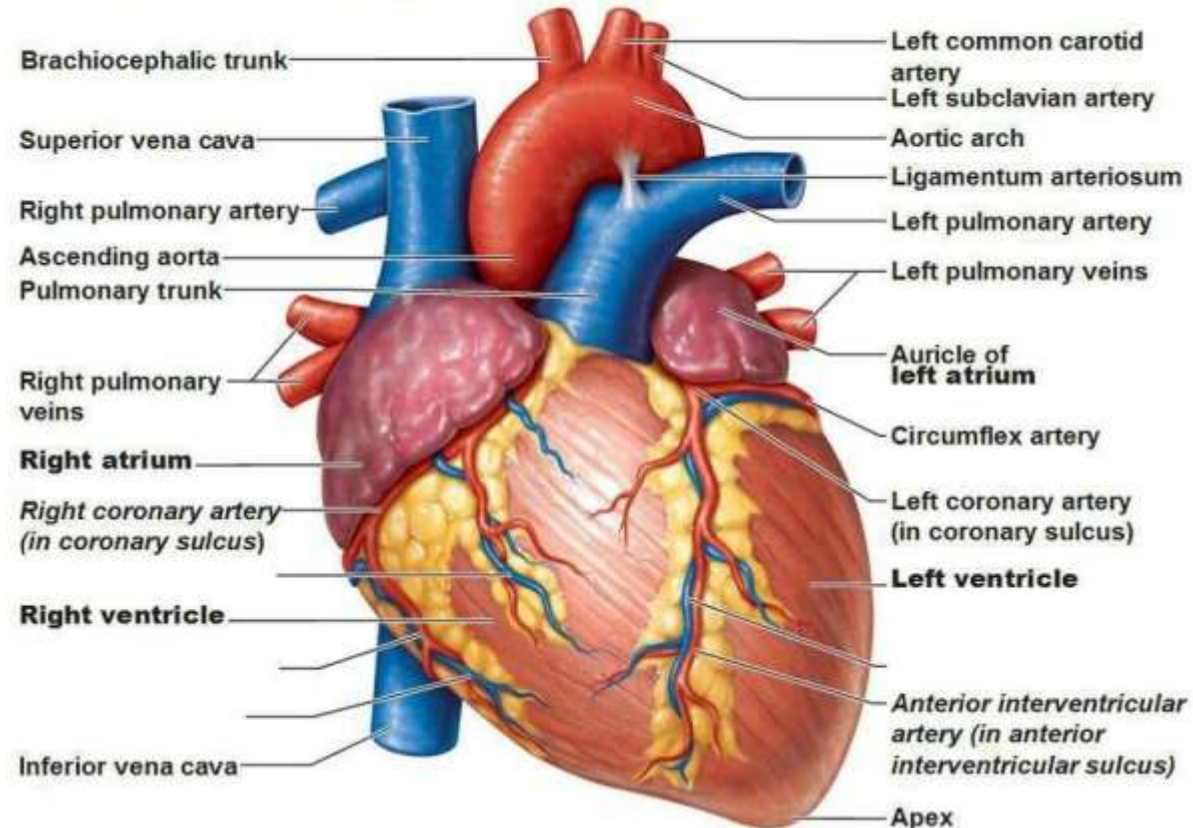
Berat: 250 – 350 gram

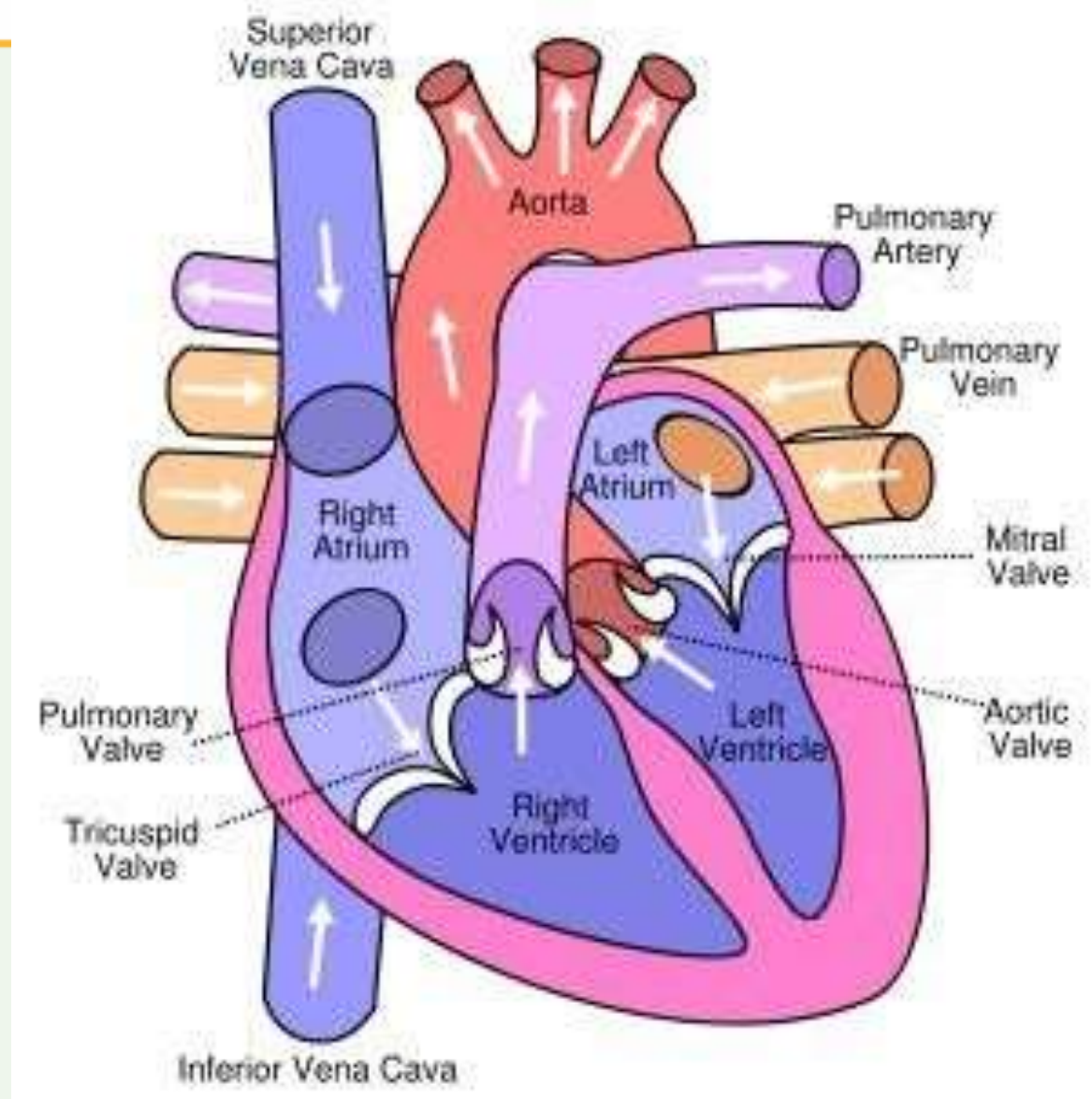
Debaran apeks / ictus cordis / punctum maximum



Anatomy

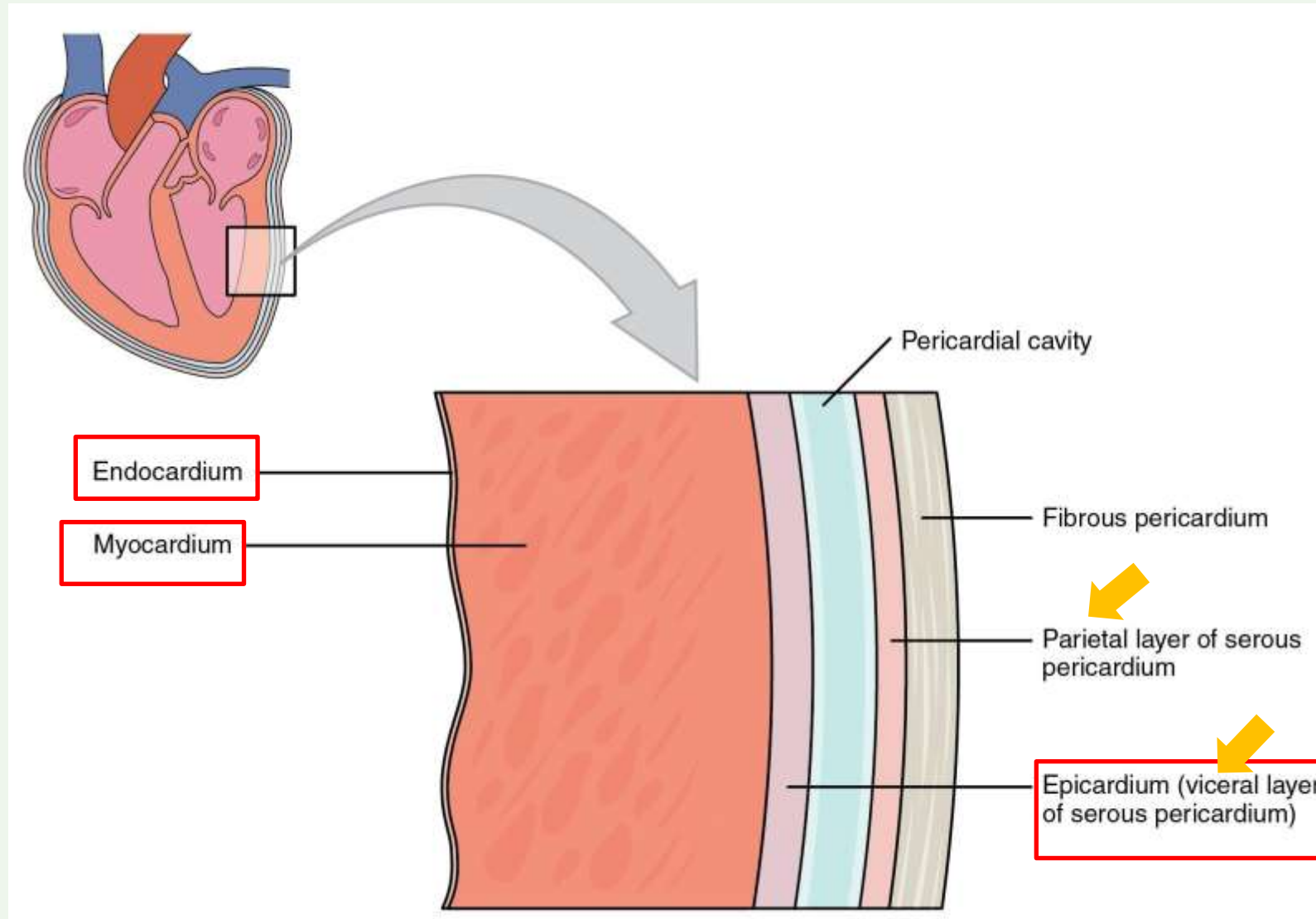
Gross Anatomy of the Heart Anterior view







Heart Wall



HEART ANATOMY

- **Consist of 4 chambers and 4 valves:**

- Right atrium
- Left atrium
- Right ventricle
- Left ventricle

The **heart wall** is comprised of 3 layers:

- the outer **epicardium**
- the middle **myocardium**
- the inner **endocardium**

- **Heart is influenced by the **autonomic** nerve system.**

- **Sympathetic** => atrial, ventricle and arteria coronaria
- **Parasympathetic** => pacemaker cells



Cardiac Conduction system

60-100x/mnt

Sinotrial Node (SAN)

Right Atrium

40-60x/mnt

Atrioventricular Node (AVN)

Right Ventricle

Right Bundle Branch (RBB)

Left Atrium

HIS bundle

Left Bundle Branch (LBB)

Left Ventricle

20-40x/mnt

Purkinje Fibers (PF)

PACEMAKER

CARDIAC CONDUCTION SYSTEM

MYOCARDIUM

KONTRAKSI JANTUNG

Kontraksi sel otot jantung terjadi oleh adanya potensial aksi yang dihantarkan sepanjang membrane sel otot jantung.

Jantung akan berkontraksi secara ritmik, akibat adanya impuls listrik yang dibangkitkan oleh jantung sendiri (autorhythmicity).

Sifat ini dimiliki oleh sel khusus otot jantung.

Tipe-tipe sel Otot Jantung

•Autoritmik

- autoritmik
- mampu berdepolarisasi spontan
- produce pace maker potentials
- menyalurkan aksi potensial (impulses) melewati myocardium
- tidak berkontraksi

•Kontraktil

Potensial aksi menimbulkan kontraksi

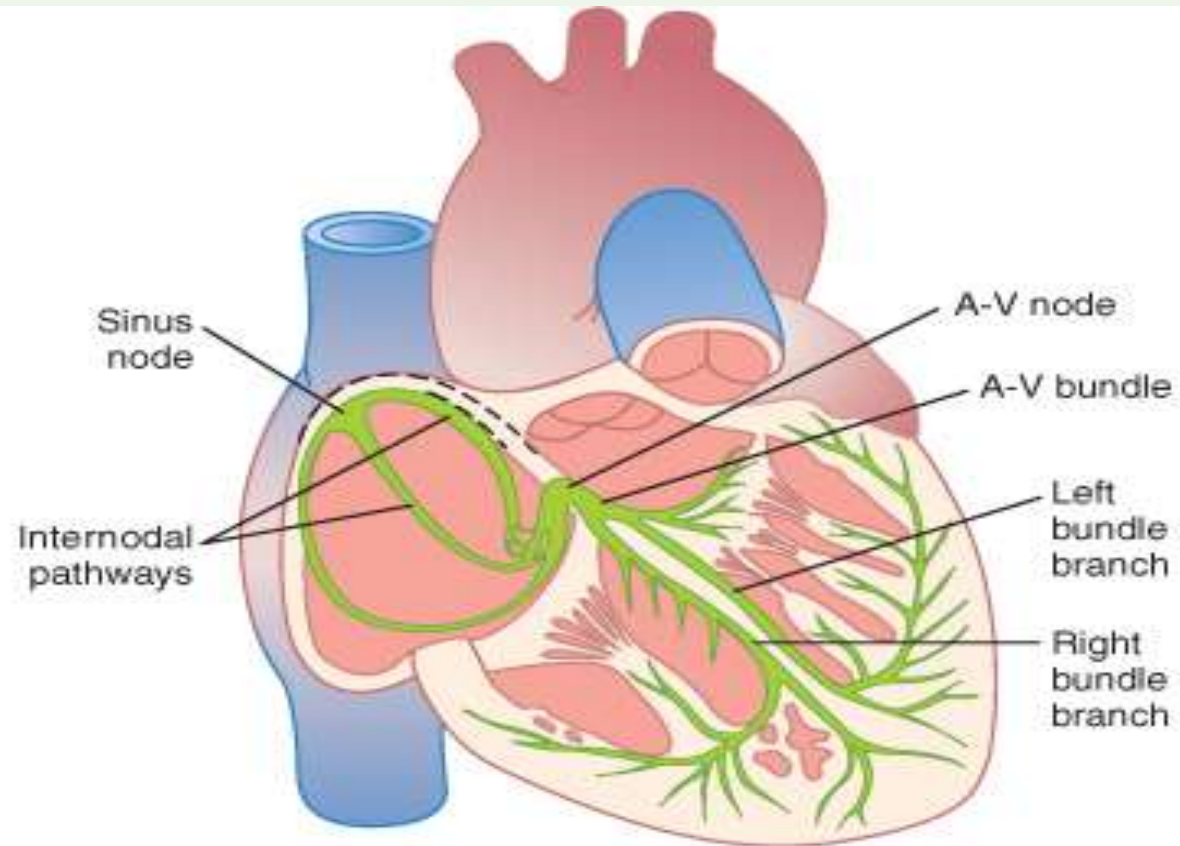
Aliran darah ditimbulkan oleh pergantian dari kontraksi (SISTOLIK) dan Relaksasi (DIASTOLIK)



ELECTRICAL ACTIVITY OF THE HEART

- Jantung memiliki sistem khusus untuk
 - Membangkit impuls listrik berirama untuk merangsang kontraksi berirama otot jantung
 - Menyalurkan impuls ini dengan cepat ke seluruh jantung
- Kontraksi atrium lebih awal $1/6$ detik dari ventrikel
 - Memungkinkan pengisian ventrikel
 - Kontraksi ventrikel hampir serentak

- Sinus (sinoatrial, SA) node
 - Impuls normal berirama dibangkit
- Internodal pathway
 - Penghubung SA node dan AV node
- Atrioventricular (AV) node
 - Impuls dari atrium mengalami penundaan
- AV bundle
 - Menyalurkan impuls atrium ke ke ventrikel
- Purkinje fibers, left and right branch
 - Menyalurkan impuls ke seluruh bagian ventrikel



Strip otot jantung

Kecil, pipih, ellipsoid, 3 mm x 15 mm x 1 mm

Di dinding superior postero-lateral atrium kanan, sedikit di samping bawah muara vena kava

Tidak memiliki elemen kontraktil

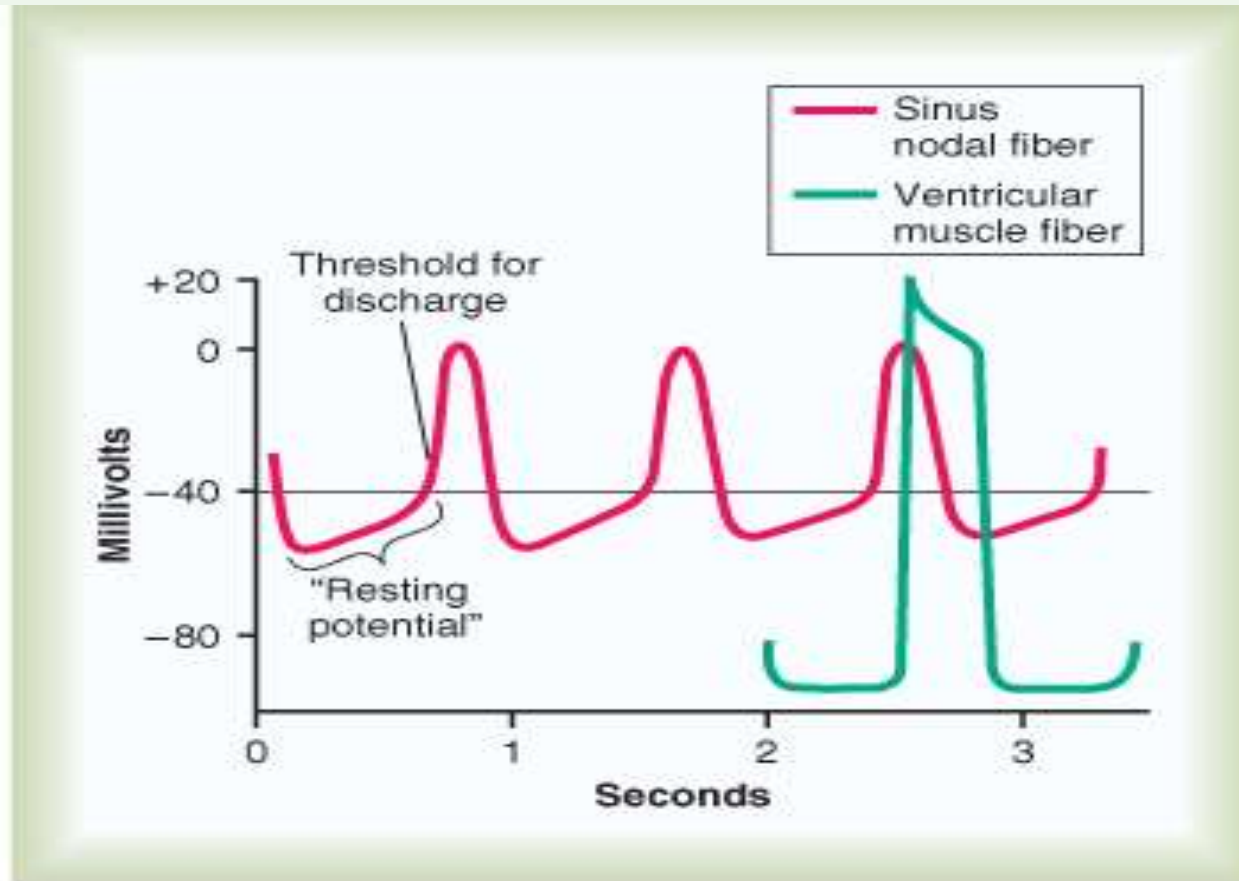
Diameter 3-5 μ (miokardium 10-15 μ)

Bersambungan langsung dengan otot jantung

Action potential SA node menyebar dengan segera



- Self-excitation,
 - Proses pelepasan muatan listrik dan perangsangan otomatis
 - Beberapa serat miokardium, juga nodus
 - Nodus mengontrol irama seluruh jantung
- Resting membrane potential -55 s/d -60 mV
 - Pada ventrikel: -85 s/d -90 mV
 - Sinus lebih banyak celah, Na dan Ca mudah masuk
 - Sulit mencapai potensial seperti ventrikel





Self-excitation pada serabut saraf tipe sel pacemaker

Potensial naik perlahan dari -55 s/d -60 mV

[Na]⁺ luar >>>, jumlah channel sedang saja

Action potential

Na masuk, threshold -40 mV, depolarisasi

Channel Na-Ca menutup, Na stop

Channel K terbuka, K keluar, repolarisasi dan hiperpolarisasi

Channel Na-Ca terbuka, channel K menutup



Action potential ventrikel

Resting membrane potential -85 s/d -90 mV

Tiga channels:

fast Na: Na masuk dengan cepat saat depolarisasi

slow Na-Ca: Na dan Ca tetap masuk, depolarisasi bertahan pada plateau

K: membuka sehingga K keluar, repolarisasi

Dari SA node impuls menyebar ke atrium

Via serat otot atrium: 0,3 m/detik

Via beberapa serat khusus pada : 1 m/detik

Satu serat khusus: anterior inter-atrial band,
mengantar impuls ke atrium kiri

Jalur tambahan: tiga band kecil internodus

Anterior, media, dan posterior

Serat khusus, impuls lebih cepat ke AV node



Atrioventricular node

Dinding posterior atrium kanan, di balik katup tri-kuspid

Impuls tiba 0,03 detik setelah dikikir SA node

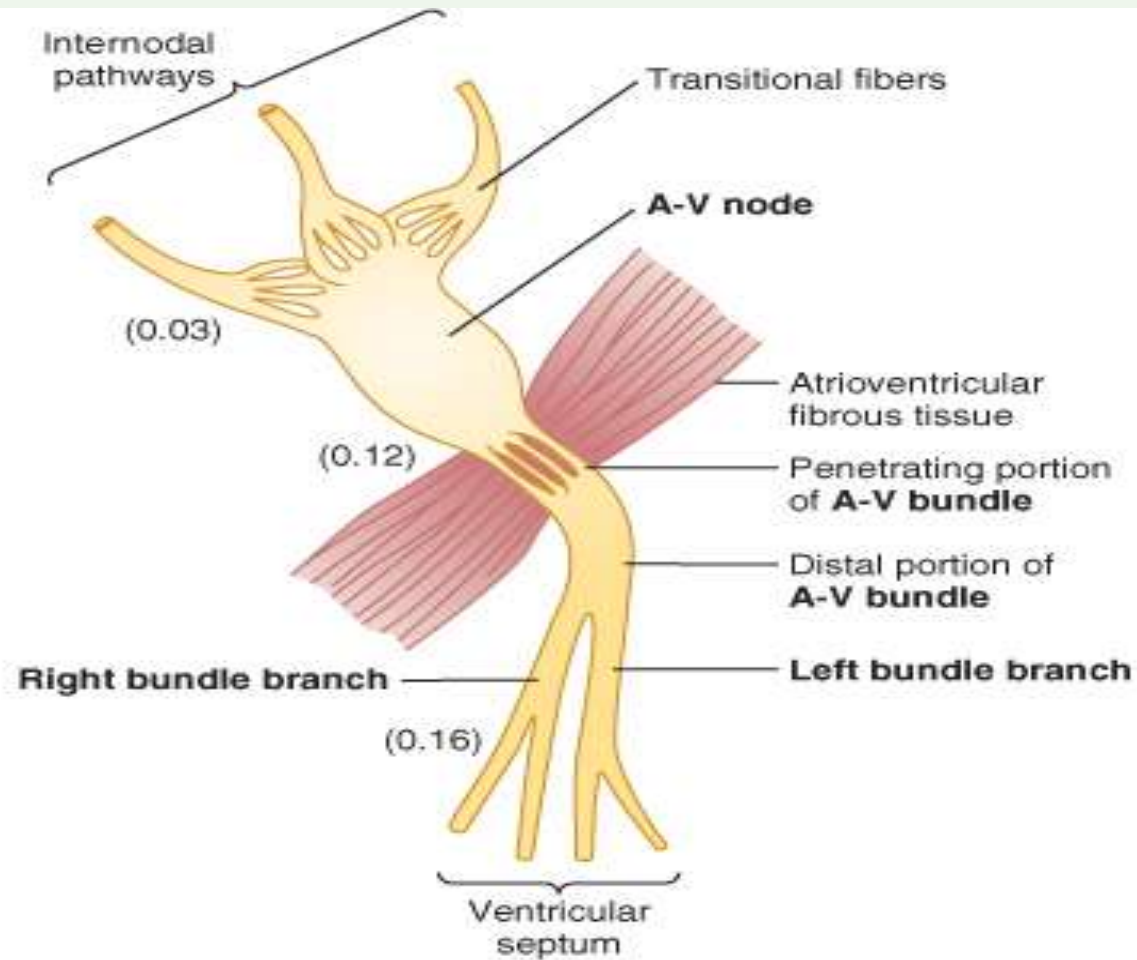
Lama transmisi 0,13 detik dari AV ke ventrikel

Proses 0,09 detik di AV node

Bundel AV yang menembus septum AV: 0,04 detik

Gap junction sedikit, resistensi tinggi

Jarak waktu SA – ventrikel 0,16 detik



- Serat Purkinje
 - mulai dari nodus AV, via bundel AV ke ventrikel
 - Transmisi 1,5 – 4 m/detik
(6 x ventrikel, 150 x serat bundel AV)
 - Permiabilitas gap junction tinggi, gerak ion cepat
 - Transmisi instan ke seluruh ventrikel
- Konduksi satu arah
 - Re-entry dari ventrikel ke atrium terhambat
 - Sekat AV sebagai insulator, jaringan fibrosa



Distribusi serat Purkinje

Setelah menembus sekat AV, maju 5- 15 mm ke arah apex
Bercabang atas left & right bundle branch, di bawah
endokardium

Cabang-cabang memasuki dan membaaur dengan otot ventrikel
Tambahan waktu diperlukan: 0,03 detik

Otot jantung tersusun sebagai dua set spiral, dibatasi oleh septum fibrosa

Impuls menjalar

dari bagian dalam dekat endokardium,
mengikuti alur spiral

ke otot di permukaan dekan perikardium

Diperlukan waktu 0,03 detik lagi



Penyebaran impuls ke seluruh jantung

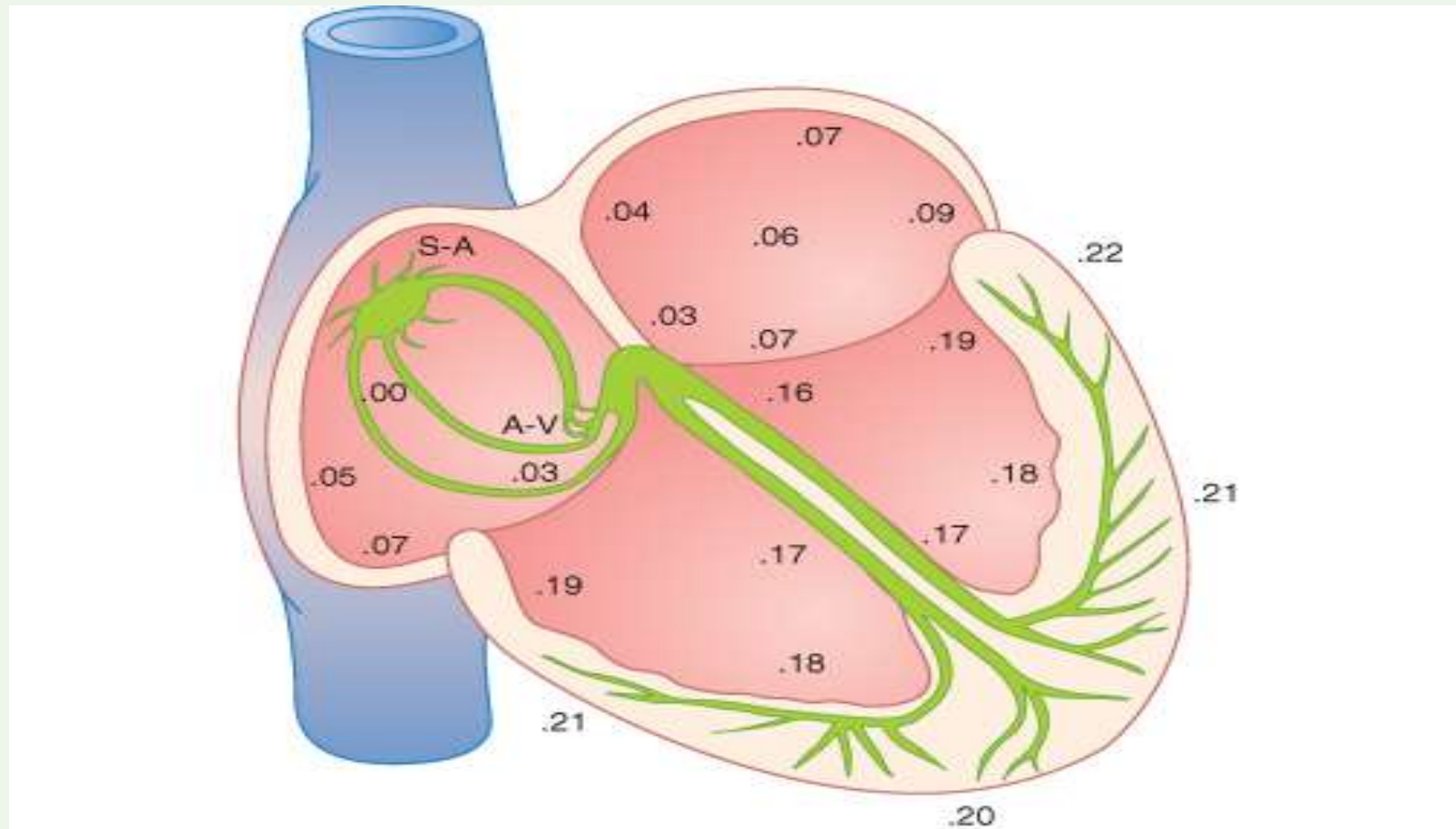
Impuls menyebar dengan kecepatan sedang di atrium

Terlambat lebih dari 0,10 detik di nodus AV

Impuls berjalan cepat setelah memasuki bundel AV melalui serat Purkinje

Kecepatan melambat di otot ventrikel

Arah impuls penting dalam pemahaman EKG



- Beberapa bagian jantung memiliki kemampuan perangan berirama seperti Sa, terutama nodus AV dan serat Purkinje
 - Serat nodus AV: 40-60 kali/menit
 - Serat Purkinje: 15 – 40 kali/menit
- Impuls dari nodus AV 70-80 kali/menit
 - merangsang nodus AV dan Purkinje sebelum mereka terangsang sendiri
- Nodus AV: penentu kecepatan, “pacemaker”



Bagian lain (AV, Purkinje, kdg otot) memberi impuls lebih cepat daripada nodus SA

Pacemaker berpindah ke bagian itu, disebut pacemaker 'ectopic'

Urutan kontraksi jadi kacau

Blokade transmisi (nodus AV, bundel AV)

Atrium memompa 70-80 kali/menit

Ventrikel 15-40 kali/menit



Blokade nodus AV (AV block) mendadak →
Serat Purkinje masih dikuasai impuls SA node
Diam selama 5 - 20 detik →
Ventrikel tidak memompa darah →
Aliran darah ke otak terhenti 4-5 detik
Pingsan: “**sindroma Stokes-Adams**”
Lebih lama **tewas**



Peran serat Purkinje

Rangsangan ventrikel pertama sampai terakhir berjarak

0,03 – 0,06 detik

Kontraksi serentak selama 0,03 detik

Efektif untuk pemompaan darah

Kontraksi tidak serentak?

Keefektifan pemompaan ventrikel bisa 20-30%

Syaraf parasimpatis (Vagus)

Terutama ke nodus SA dan nodus AV

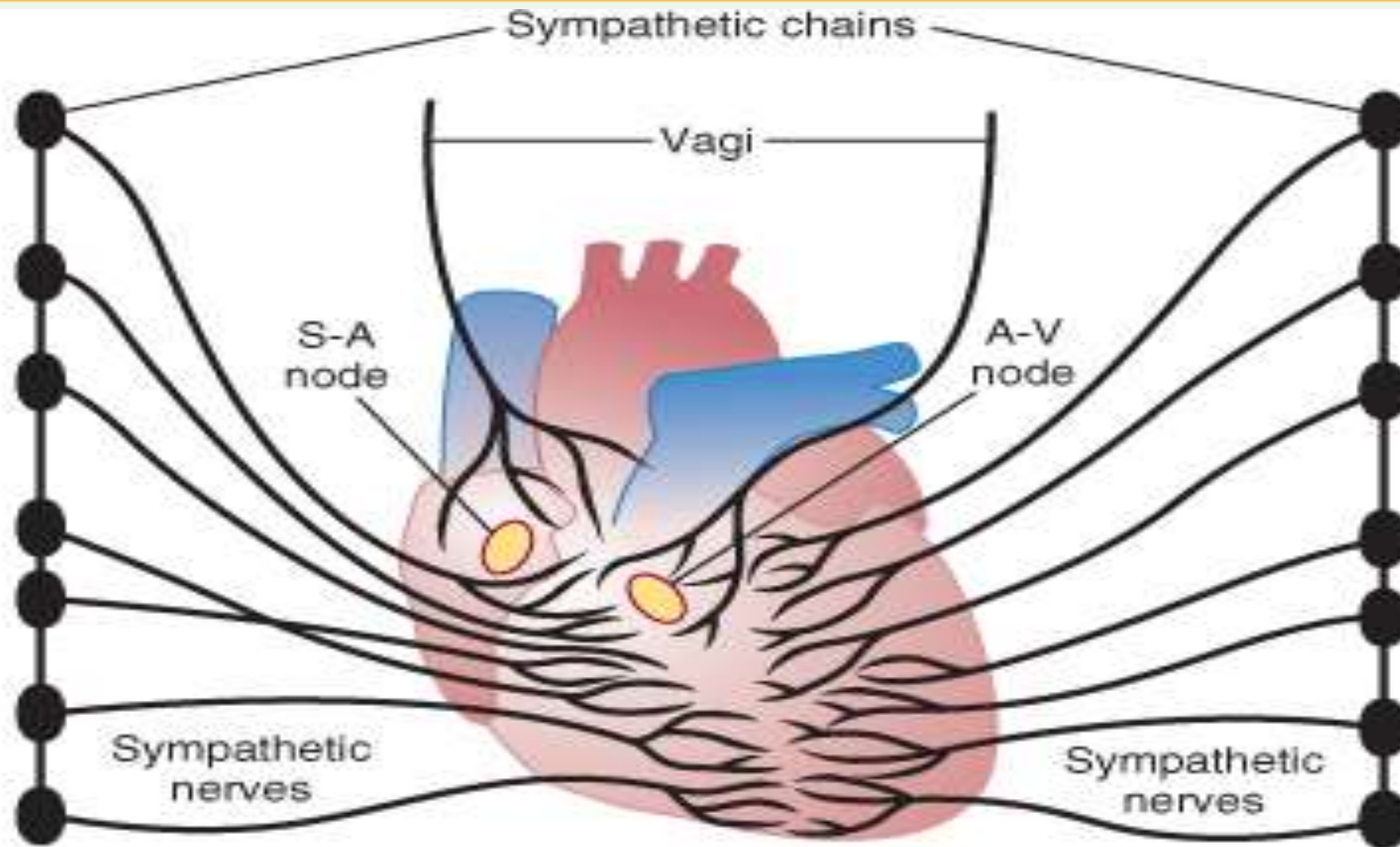
Juga ke kedua atrium

Sedikit ke ventrikel

Syaraf simpatis

Ke seluruh jantung

Terutama ke ventrikel



- Efek asetilkolin mengurangi
 - Kecepatan irama nodus SA
 - Eksitabilitas serat penghubung otot atrium dan nodus AV → transmisi ke ventrikel melambat
- Rangsangan sangat kuat
 - Nodus SA, atau transmisi ke nodus AV stop
 - Ventrikel berhenti berdenyut 5-20 detik
 - Ventrikel kontraksi 15-40 kali/menit, disebut “ventricular escape”

Asetilkholin

Meningkatkan permeabilitas membran thd ion K

K keluar lebih mudah, serat makin negatif (hiperpolarisasi)

→ sulit mencapai threshold

SA node

RMP sinus makin negatif, menjadi -65 s.d -75 mV

AV node

Hiperpolarisasi menyulitkan pembangkitan impuls

Meningkatkan semua aktifitas jantung

- Meningkatkan kecepatan timbulnya impuls
- Meningkatkan kecepatan konduksi impuls di semua bagian jantung
- Meningkatkan daya kontraksi semua otot jantung

Kecepatan bisa 3 x lipat

Kekuatan bisa 2 x lipat

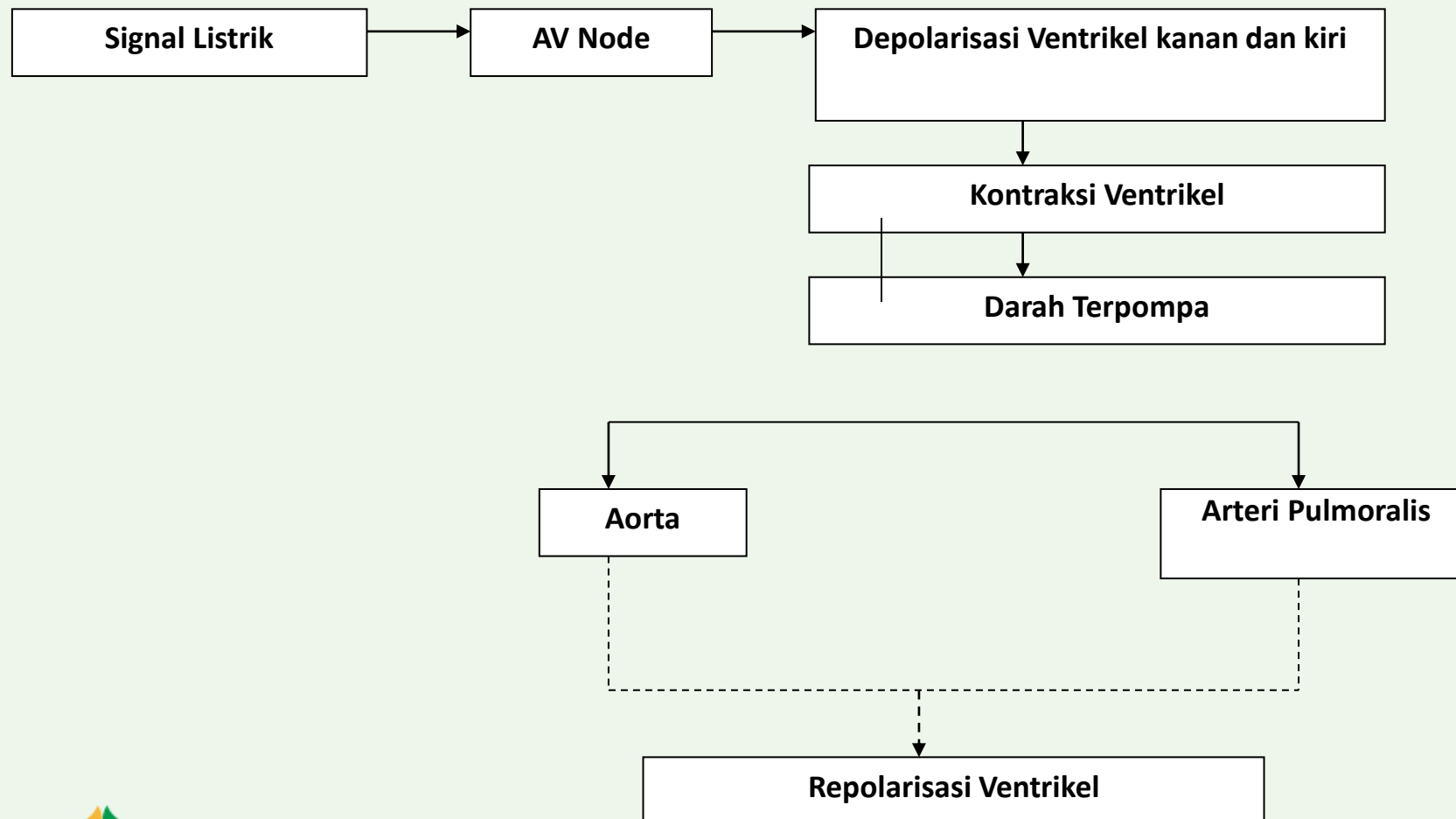


- Norepinefrin meningkatkan permeabilitas membran thd Na dan Ca
- Nodus SA
 - lebih mudah depolarisasi, RMP lebih tinggi
 - 'discharge' lebih sering
- Nodus AV dan bundel AV
 - Lebih mudah dirangsang
 - Waktu konduksi atrium ke ventrikel lebih singkat
- Otot kontraksi lebih kuat karena
 - masuknya Ca lebih mudah



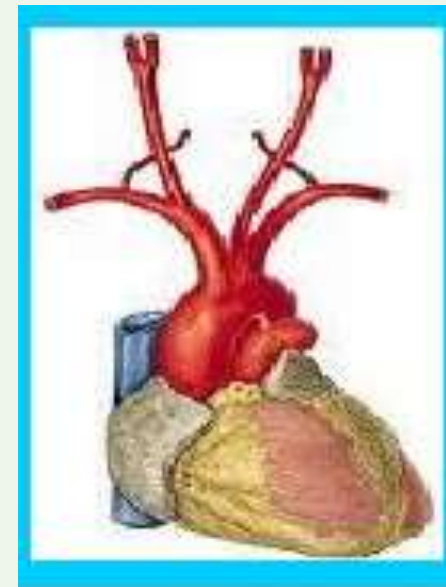
Pemompaan Darah

Secara umum darah dipompa oleh jantung akibat adanya signal listrik.



SIKLUS JANTUNG

Jantung merupakan sebuah pompa
Siklus jantung merupakan kejadian yang terjadi dalam jantung selama peredaran darah



Siklus Jantung

Atrium lebih dulu berkontraksi (sistolik) dari ventrikel
Sewaktu atrium berkontraksi ventrikel masih relaksasi
(diastolik)



Darah bisa masuk dari atrium ke dalam ventrikel \Rightarrow pengisian
ventrikel



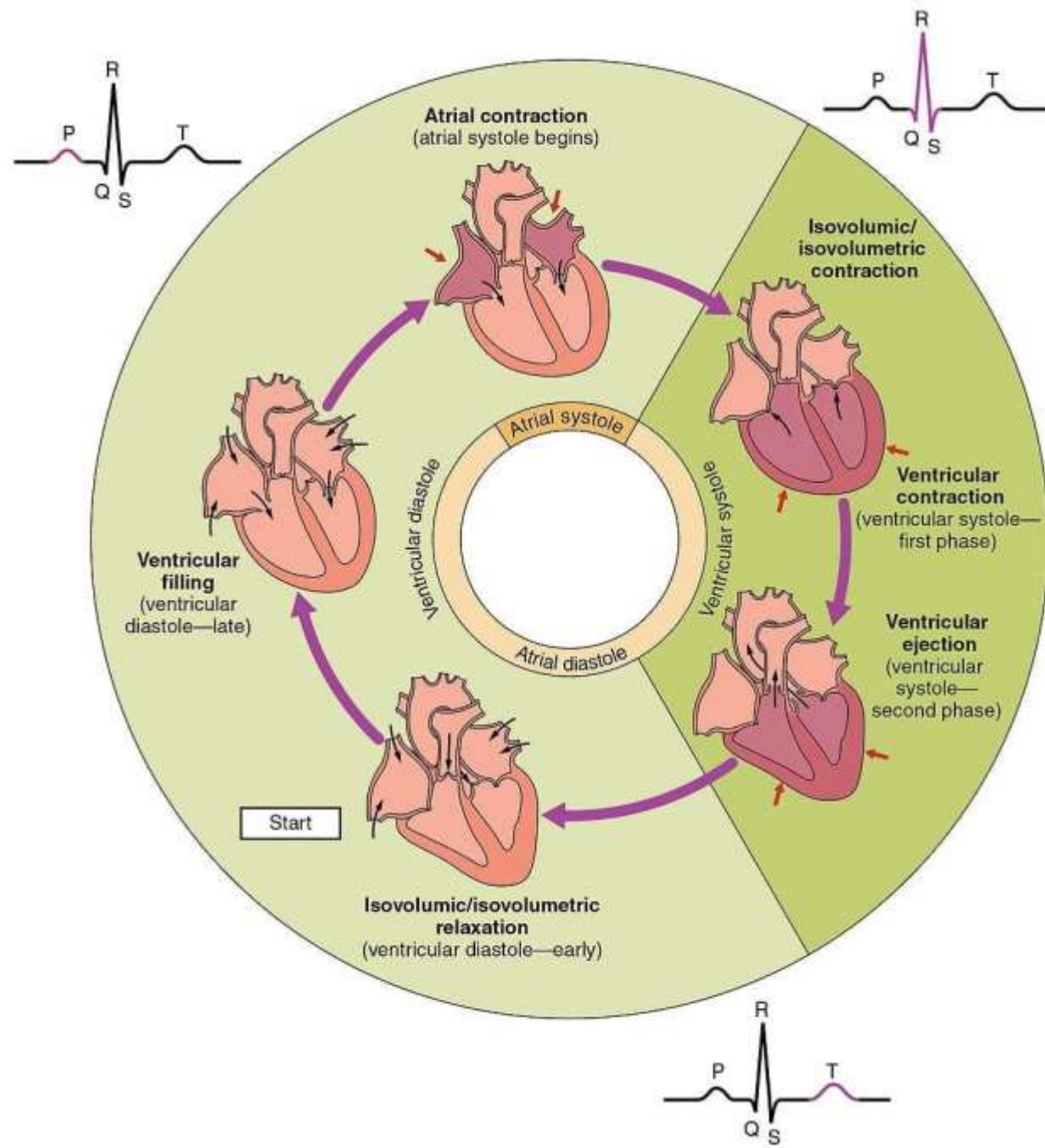
Siklus Jantung

Sewaktu sistolik (kontraksi) ventrikel, darah dipompakan ke dalam sistem arteri \Rightarrow curah jantung (cardiac output) isi sekuncup (stroke volume)

Waktu itu atrium relaksasi (diastolik), darah masuk dari sistem vena ke dalam atrium \Rightarrow aliran balik vena (venous return)



ilustrasi :
Siklus jantung



JANTUNG SEBAGAI POMPA

Gerakan jantung terdiri dari 2 jenis:

1. Kontraksi (sistol)
2. Pengendoran (diastol)

KONTRAKSI (sistol)

Suatu keadaan dimana jantung bagian ventrikel dalam keadaan menguncup.

Kontraksi (sistol) ada dua yaitu:

1. Kontraksi atrium : Atrium berkontraksi kemudian darah masuk ke ventrikel.
2. Kontraksi ventrikel : Katup mitralis dan trikuspidalis menutup, sehingga tekanan ventrikel meningkat.

Pada saat itulah katup aorta dan pulmonalis terbuka sehingga darah dari ventrikel kanan mengalir ke arteri pulmonalis mengalir ke paru-paru kiri dan kanan, sedangkan darah dari ventrikel kiri mengalir ke aorta kemudian diedarkan ke seluruh tubuh



Daya dorong ventrikel kiri harus lebih kuat karena harus mendorong darah ke seluruh tubuh untuk mempertahankan tekanan darah meskipun ventrikel kanan juga memompakan darah yang sama tetapi tugasnya hanya mengalirkan darah ke sekitar paru-paru yang tekanannya lebih rendah

Suatu keadaan dimana jantung mengembang.

Pada saat diastol, katup mitralis dan trikuspidalis terbuka sehingga darah dari atrium kiri masuk ke ventrikel kiri dan darah dari atrium kanan masuk ke ventrikel kanan.

Selanjutnya darah yang ada di paru- paru kiri dan kanan masuk melalui vena pulmonalis masuk ke atrium kiri dan darah dari seluruh tubuh melalui vena kava masuk ke atrium kanan.

Tahap diastol selama 0.5 detik

Selama jantung berdenyut dapat menghasilkan empat bunyi

1. Bunyi Pertama:

Bunyinya lub, kuat, bernada rendah, lama dan disebabkan oleh sistol ventrikel dan menutupnya katup atrioventrikular.

2. Bunyi Kedua:

Bunyinya dub, bernada tinggi, lebih singkat dan disebabkan oleh menutupnya katup aorta dan katup pulmonalis karena darah cenderung mengalir kembali ke dalam ventrikel selama diastol.



3. Bunyi Ketiga :

Terdengar pada sebagian besar anak dan pada remaja, bunyinya lemah, bernada rendah, pada saat ini pengisian ventrikel dengan cepat setelah katup atrioventrikular terbuka.

4. Bunyi Keempat :

Dapat didengar pada keadaan tertentu sehubungan dengan sistol.

- Dalam keadaan istirahat, jantung berdebar 70 kali/menit. Pada saat banyak pergerakan, kecepatan jantung mencapai 150 kali/menit dengan daya pompa 20-25 liter/menit.
- Setiap menit, sejumlah volume darah sama kembali dari vena ke jantung. Apabila tidak seimbang dalam waktu lama akan terjadi edema.



DENYUT JANTUNG

- Denyut jantung merupakan suatu gelombang yang teraba pada arteri bila darah dipompakan keluar jantung.
- Yang teraba bukan darah yang dipompa oleh jantung masuk ke dalam aorta melainkan gelombang tekanan yang menjalar di sepanjang arteri dan teraba sebagai denyut.



TAMBAHAN

PENGERTIAN

Elektrokardiografi adalah ilmu yg mempelajari aktivitas listrik jantung.

Elektrokardigram (EKG) adalah suatu grafik yg menggambarkan rekaman listrik jantung.

FUNGSI EKG

EKG mempunyai fungsi diagnostik diantaranya :

1. Aritmia jantung
2. Hipertrofi atrium dan ventrikel
3. Iskemik dan infark miokard
4. Efek obat-obatan seperti (digitalis, anti aritmia dll)
5. Gangguan keseimbangan elektrolit khususnya kalium
6. Penilaian fungsi pacu jantung

MESIN EKG

Mesin EKG dibagi menjadi 3 jenis , menurut banyaknya saluran (Channel) pencatat yaitu: *single*, *trifle* atau *multiple* channel.

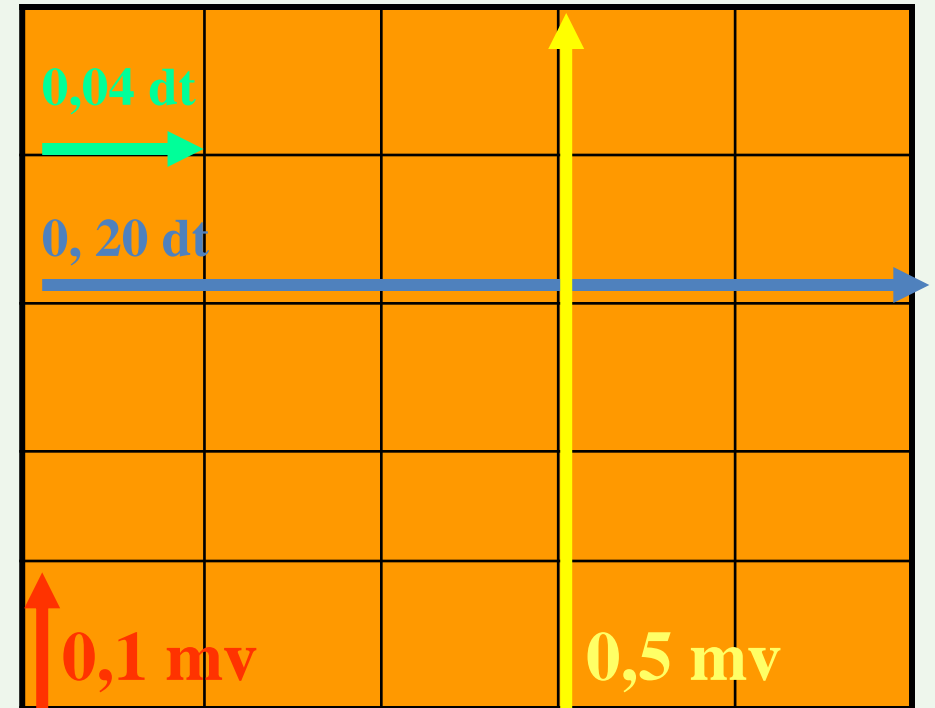


KERTAS EKG

Kertas EKG merupakan kertas grafik yang merupakan garis horizontal dan vertikal dengan jarak 1mm (kotak kecil). Garis yang lebih tebal terdapat pada setiap 5mm disebut (kotak besar).

Garis horizontal Menunjukkan waktu, dimana $1\text{mm} = 0,04\text{ dtk}$, sedangkan $5\text{mm} = 0,20\text{ dtk}$.

Garis vertical Menggambarkan voltage, dimana $1\text{mm} = 0,1\text{ mv}$, sedangkan setiap $5\text{ mm} = 0,5\text{ mv}$.



SANDAPAN EKG

Terdapat 2 jenis sandapan (lead) pada EKG.

Sandapan Bipolar

Yaitu merekam perbedaan potensial dari dua elektroda, sandapan ini ditandai dengan angka romawi (I, II dan III)

Sandapan Unipolar

Sandapan Unipolar Ektremitas

Merekam besar potensial listrik pada satu ektremitas, elektroda eksplorasi diletakan pada ektremitas yg mau diukur. Gabungan elektroda-elektroda pada ektremitas yg lain membentuk elektroda indiferen (potensial 0)

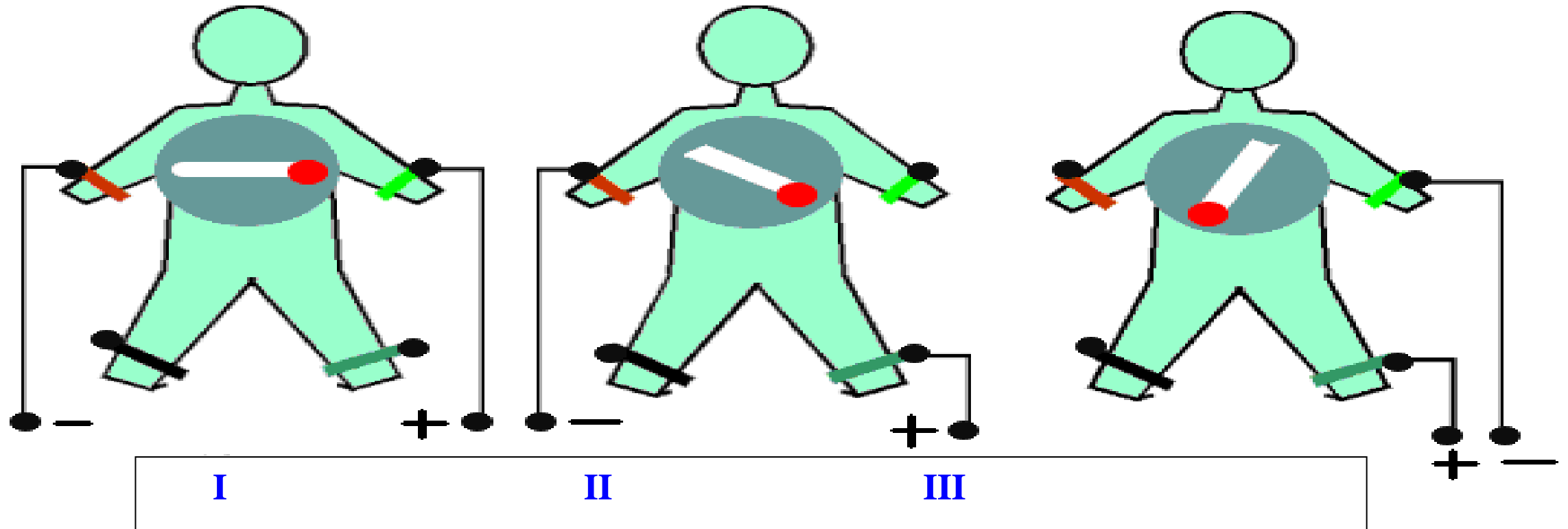
(aVR, aVL, aVF)

Sandapan Unipolar Prekordial

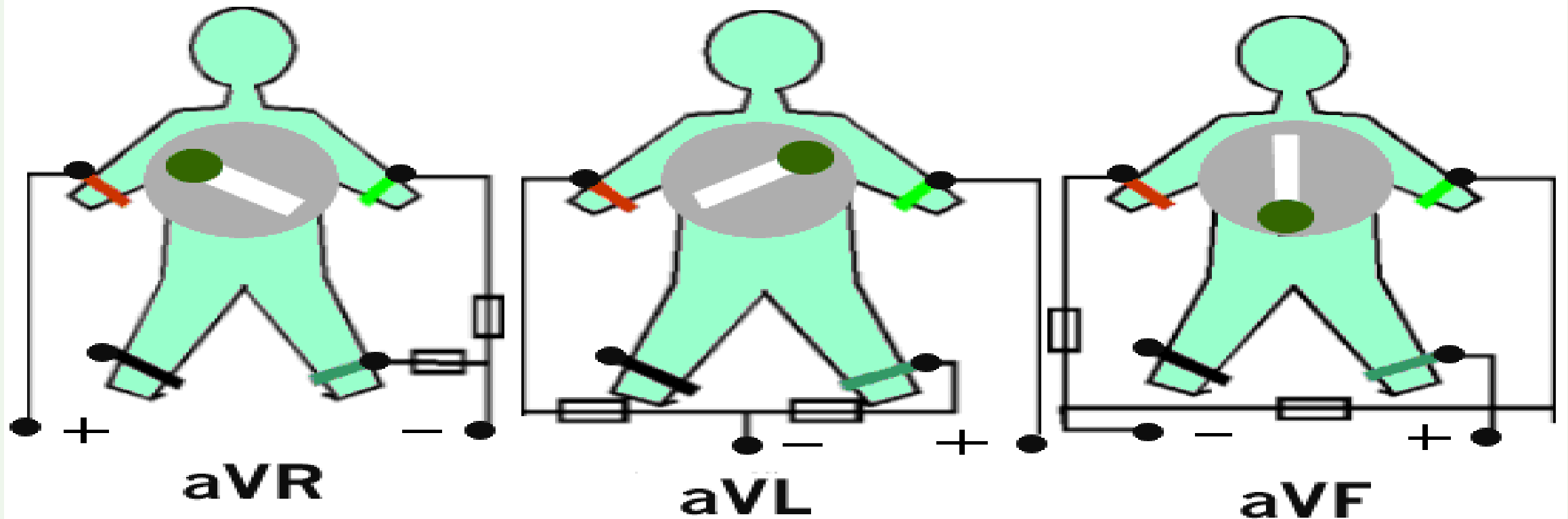
Merekam besar potensial listrik jantung dengan bantuan elektroda eksplorasi yg ditempatkan di beberapa dinding dada. Elektroda indiferen diperoleh dengan menggabungkan ketiga elektroda ektremitas.

(V1 s/d V9 dan V3R, V4R)

Sandapan Bipolar Ektremitas

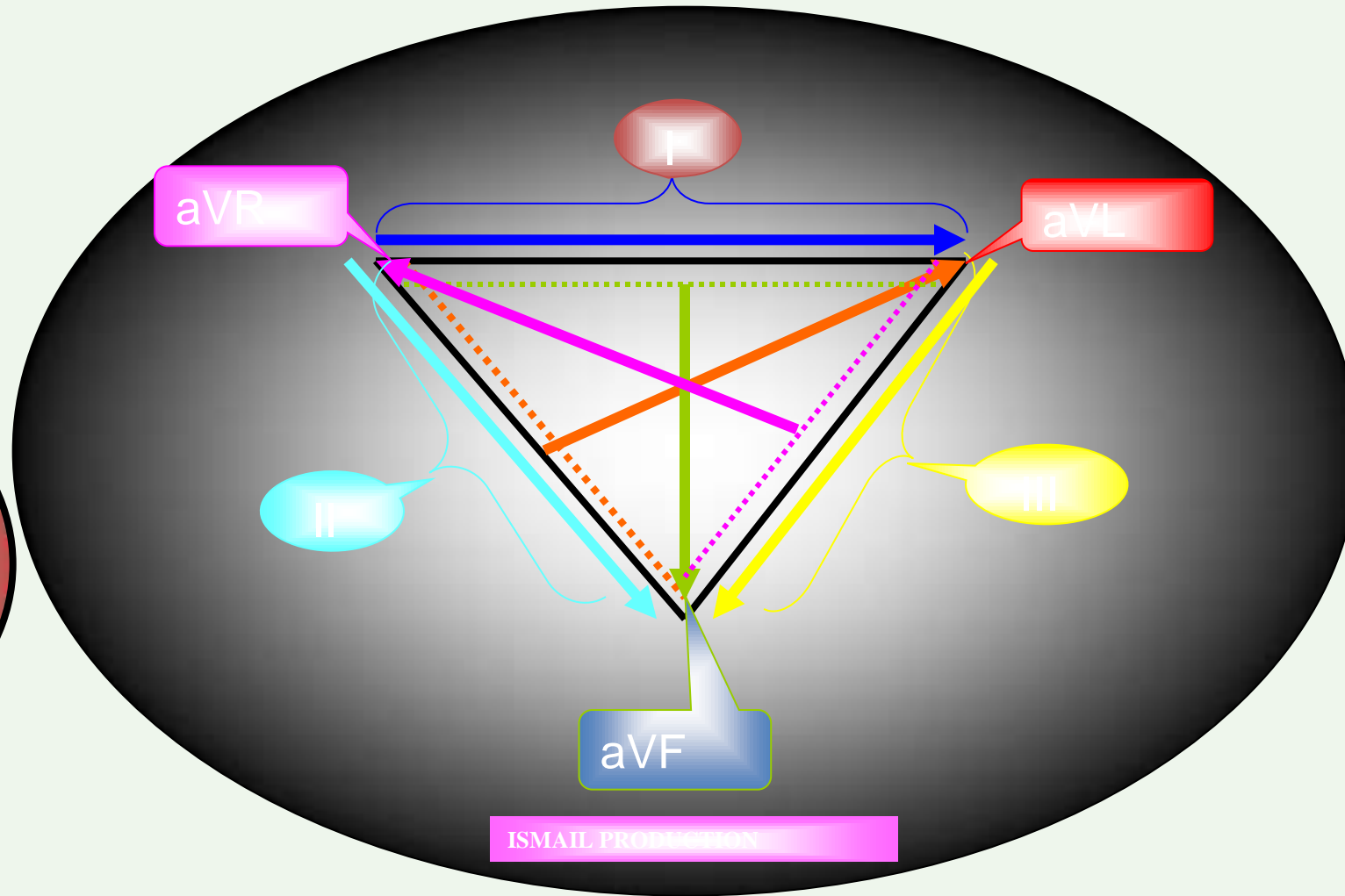
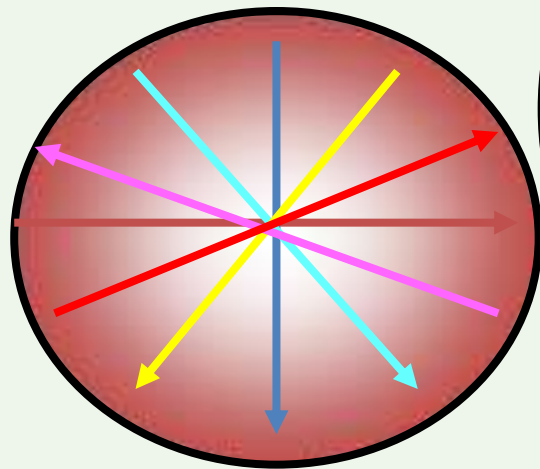


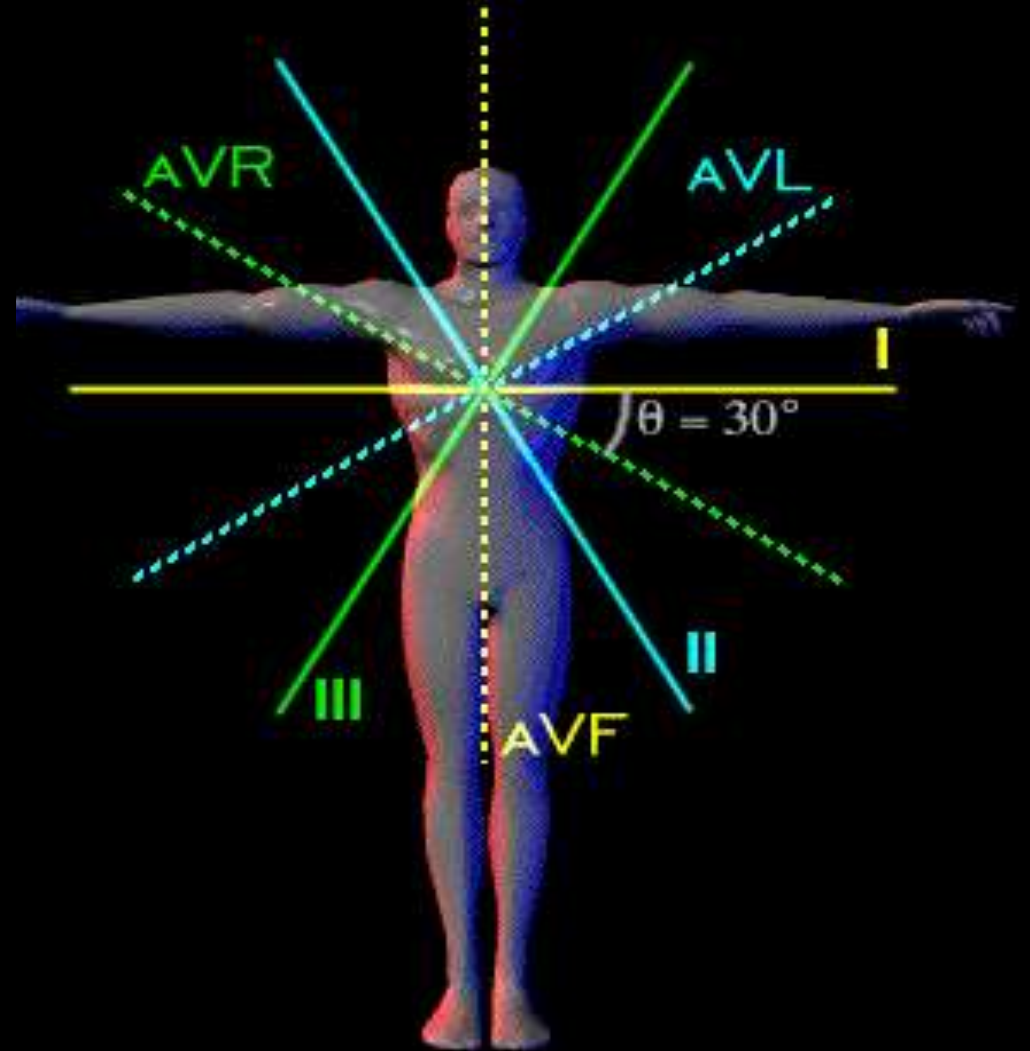
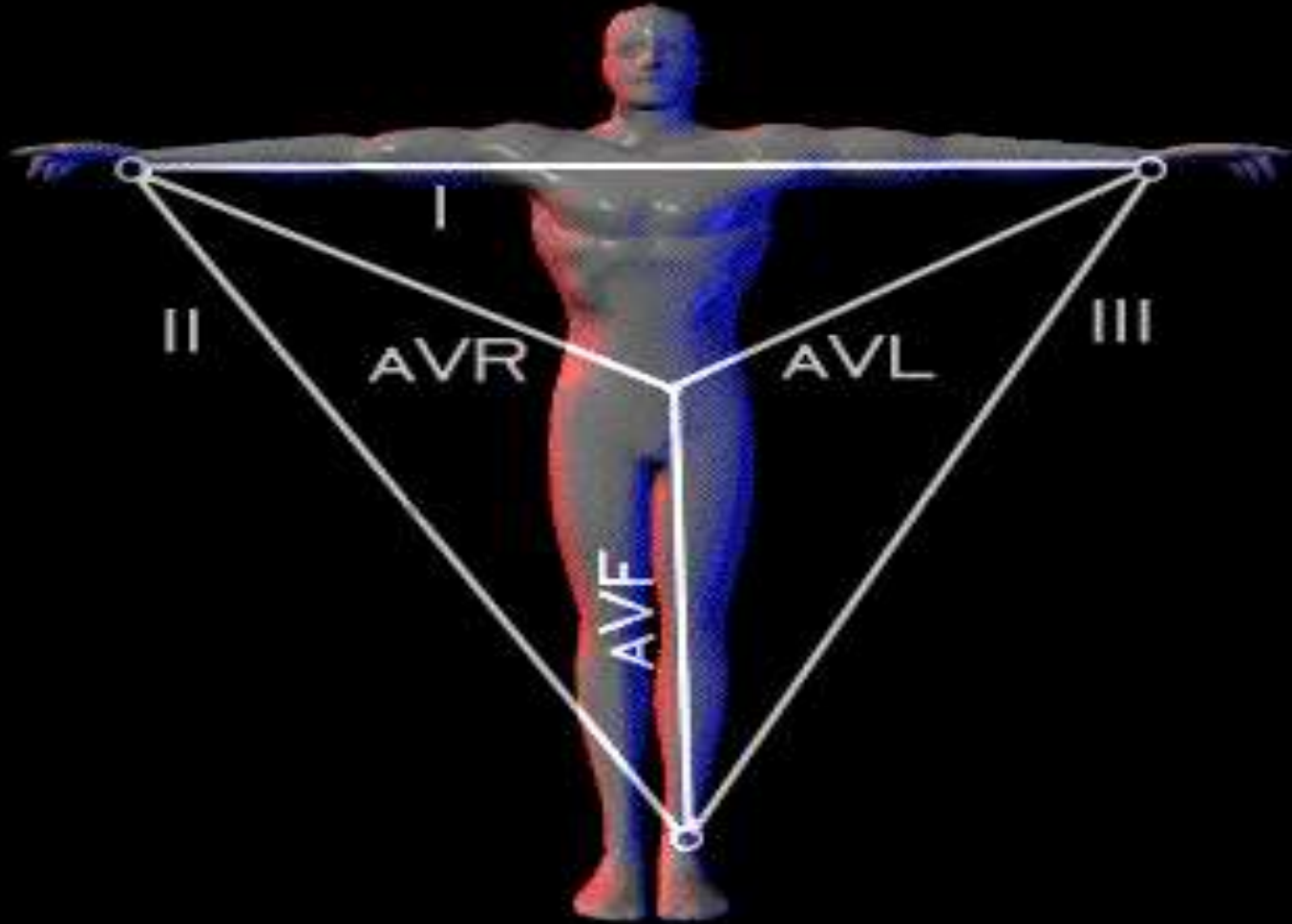
Sandapan Unipolar Ektremitas



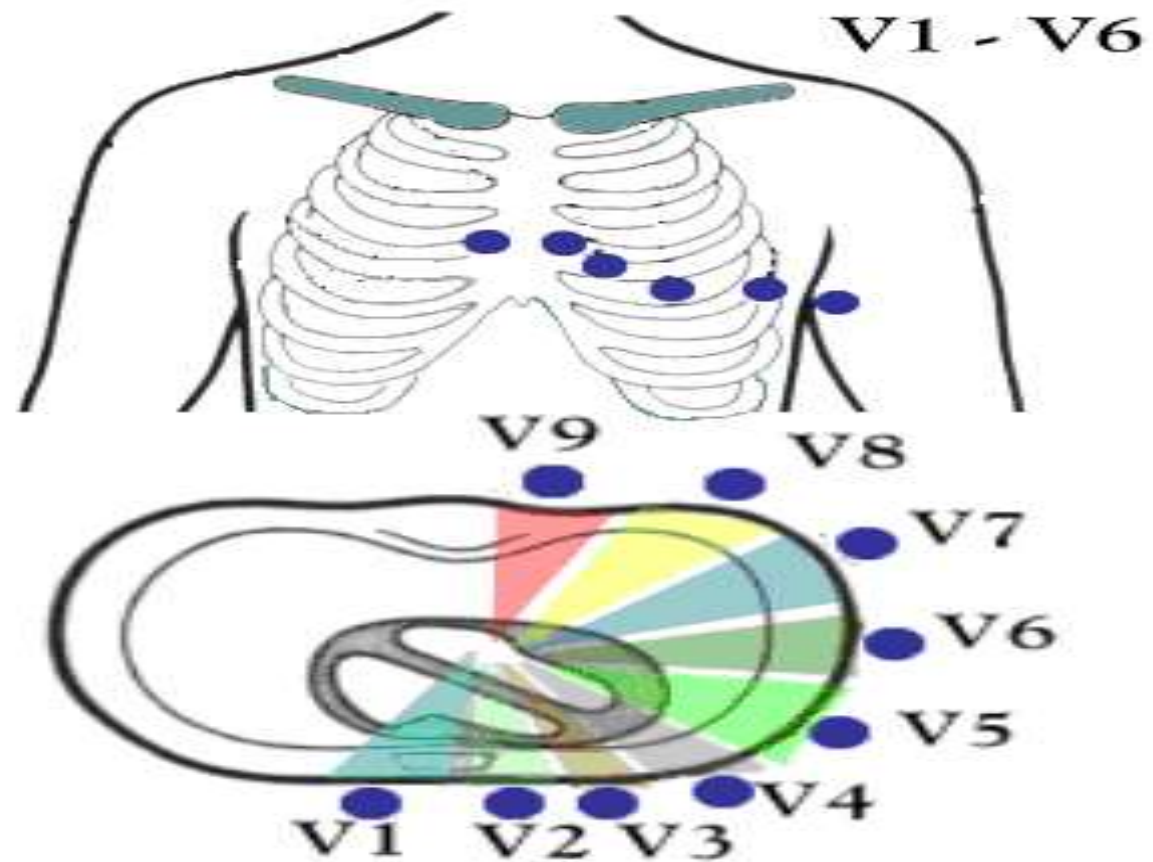


Segi Tiga Einthoven



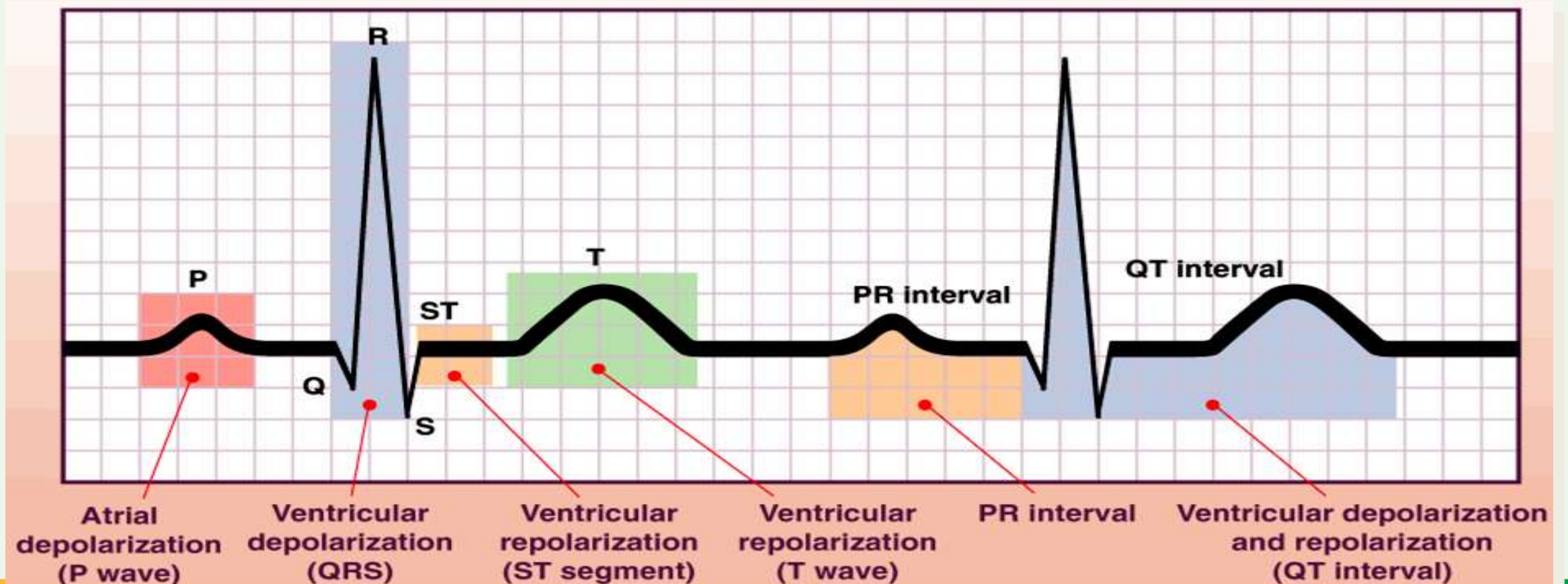


Sandapan Unipolar Prekordial



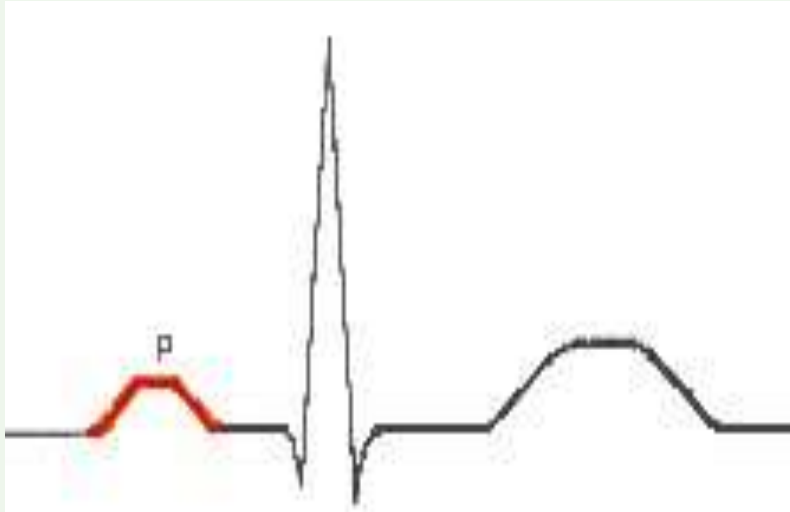
KURVA EKG

Kurva EKG menggambarkan proses listrik yang terjadi pd atrium dan ventrikel EKG normal terdiri dari gel P,Q,R,S dan T serta kadang terlihat gel U. Selain itu ada juga beberapa interval dan segmen EKG.



GELOMBANG P

Gambaran yang ditimbulkan oleh depolarisasi atrium



Normal

Tinggi : $\leq 0,3$ mvolt

Lebar : $\leq 0,12$ detik

Selalu positif di L II

Selalu negatif di aVR

Kepentingan

Mengetahui kelainan di Atrium

"Gelombang P Mitral"

" Gelombang P Pulmonal "



GELOMBANG QRS

Gambaran yang ditimbulkan oleh depolarisasi ventrikel



Normal :

Lebar : 0,06 - 0,12 detik

Tinggi : Tergantung lead

Gel R

defleksi positif pertama pada gelombang QRS. Gel R umumnya positif di lead I,II,V5 dan V6.

Di lead aVR, V1,V2 biasanya hanya kecil atau tidak ada

Gel S

defleksi negatif sesudah gelombang R. Di lead aVR dan V1 gelombang S terlihat dalam dari V2 ke V6 akan terlihat makin lama makin menghilang.

Kepentingan :

Mengetahui adanya hipertrofi ventrikel

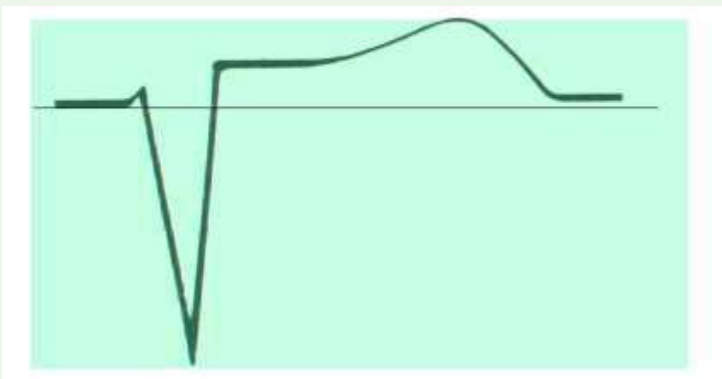
Mengetahui adanya *Bundle branch block*

Mengetahui adanya infark

Normal gelombang Q

Lebar : $\leq 0,04$ detik

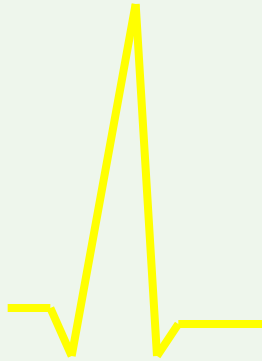
Dalam : $\leq 1/3$ tinggi R



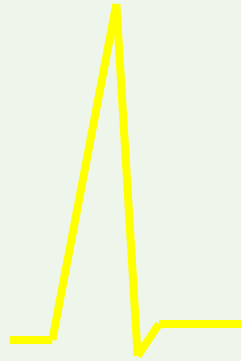


Terminologi morfologi QRS

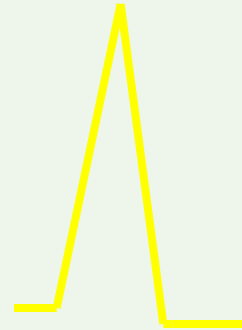
qRs



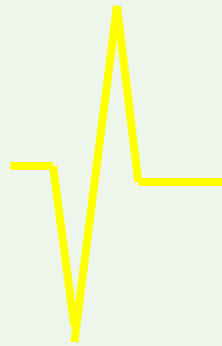
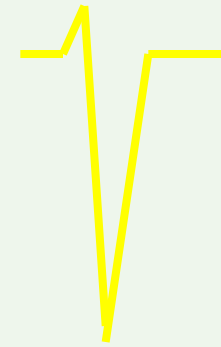
Rs



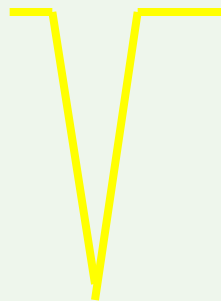
R



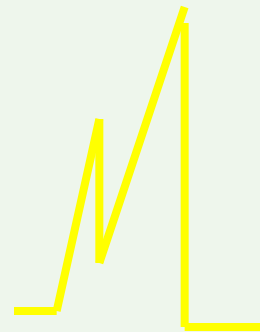
rS



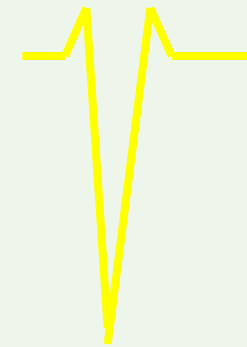
QR



Q/QS



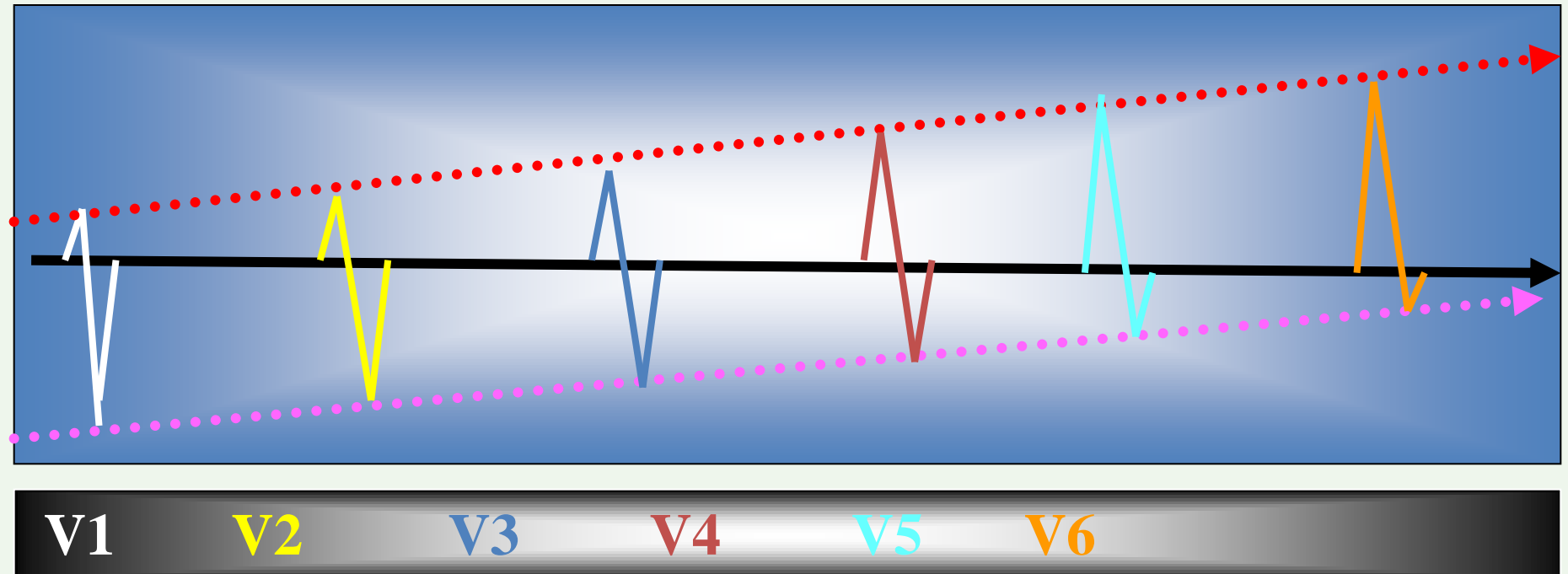
rSR'



rSr'



Perbandingan Gel R dan Gel S di lead Prekordial



KETERANGAN

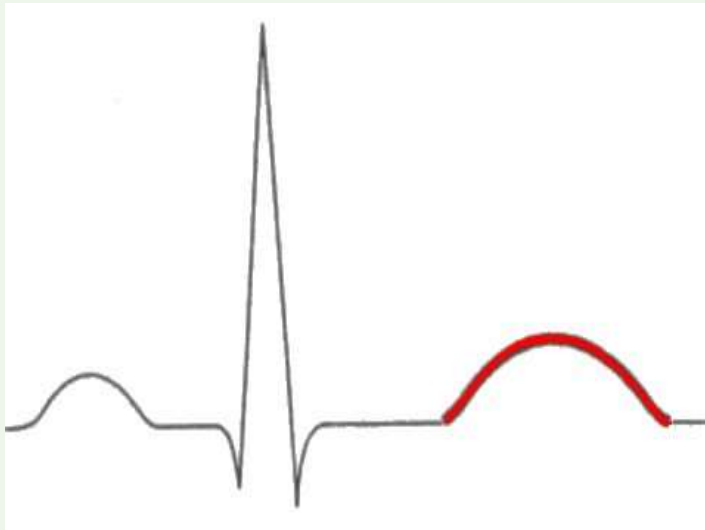
R / S di V1 = < 1

R / S di V6 = > 1

Gambaran yang ditimbulkan oleh repolarisasi ventrikel

Nilai normal :

- * < 1 MV di lead dada
- * $< 0,5$ MV di lead ekstremitas
- * Minimal ada $0,1$ MV



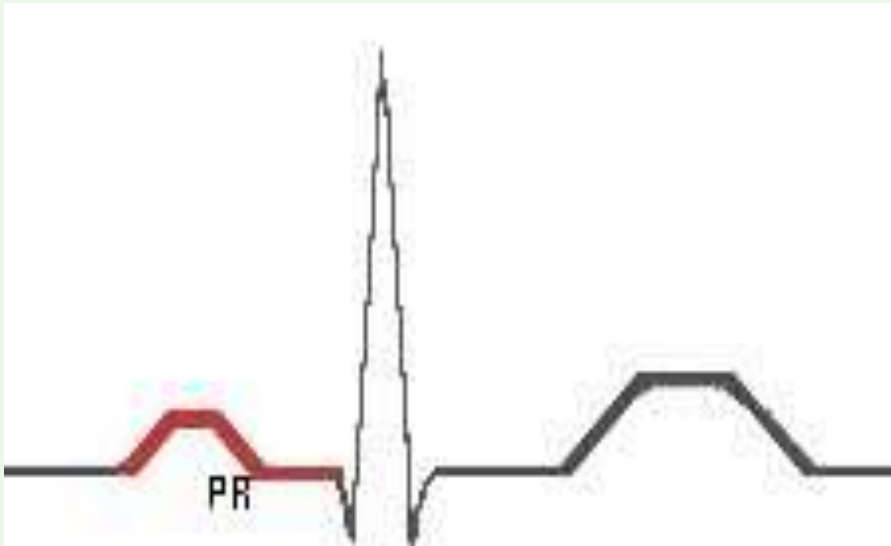
Kepentingan :

- * Mengetahui adanya iskemia/infark
- * Kelainan elektrolit



Interval PR

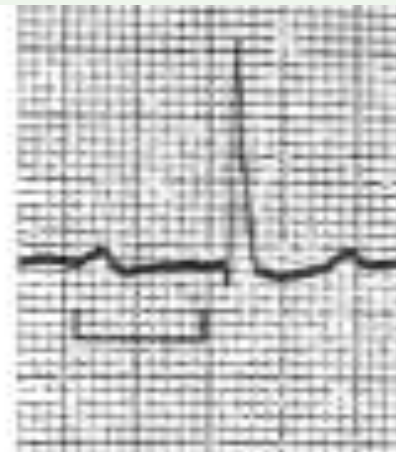
Diukur dari permulaan P s/d permulaan QRS



Normal : 0,12 - 0,20 detik

Kepentingan :

Kelainan sistem konduksi

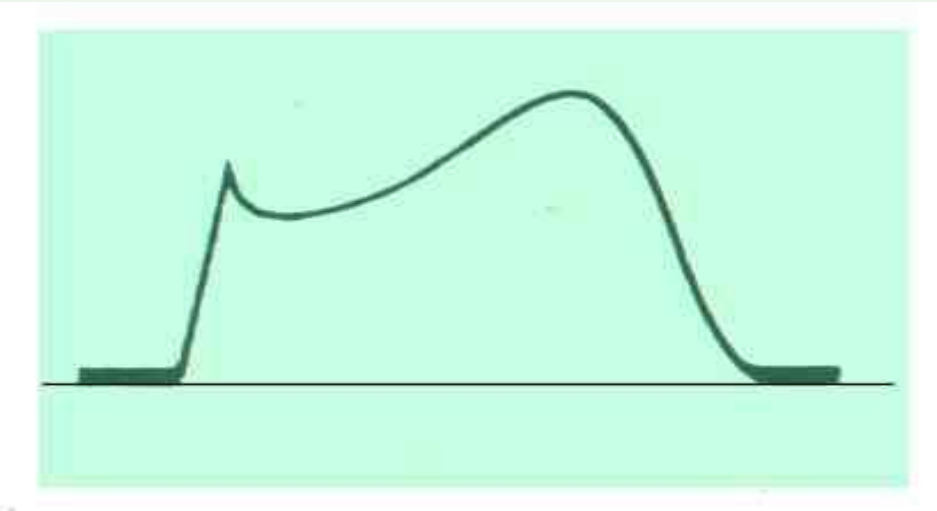
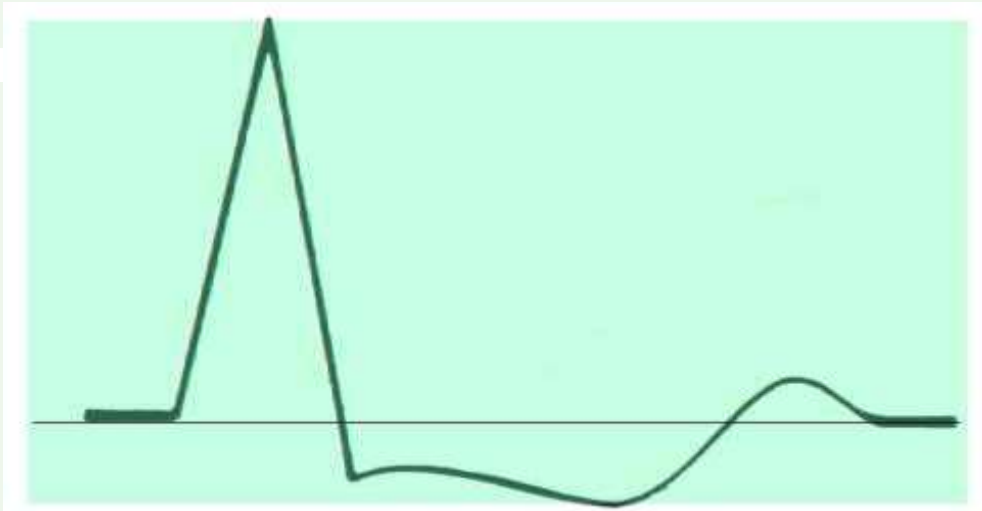


Segmen ST

Diukur dari akhir QRS s/d awal gel T

Normal : Isoelektris

Kepentingan : Elevasi Pada injuri/infark akut
 Depresi Pada iskemia





CARA MEMBACA EKG

1. TENTUKAN IRAMA JANTUNG
2. TENTUKAN FREKUENSI (HR)
3. TENTUKAN AXIS
4. TENTUKAN ADAKAH TANDA ISKEMIA/ INFARK
5. TENTUKAN ADAKAH TANDA HIPERTROFI
6. TENTUKAN ADAKAH GANGGUAN ELEKTROLIT

Catatan :

Frekuensi jantung yang normal	:	60 – 100 x/menit
Lebih dari 100 x/menit	:	Sinus takikardi
Kurang dari 60 x/menit	:	Sinus bradikardi
140 – 250 x/menit	:	Takikardi abnormal
250 – 350 x/menit	:	Flutter
Lebih dari 350 x/menit	:	Fibrilasi

MENENTUKAN IRAMA JANTUNG

Dalam menentukan irama jantung urutan yg ditentukan adalah sbb :

1. Tentukan apakah denyut jantung berirama teratur atau tidak.
2. Tentukan berapa frekuensi jantung (HR).
3. Tentukan gelombang P normal atau tidak.
4. Tentukan interval PR normal atau tidak.
5. Tentukan gelombang QRS normal atau tidak.
6. Interpretasi.
7. Catatan: Irama jantung yang normal impulsnya berasal dari nodus SA, disebut irama sinus (Sinus Rhytem = SR).

EKG NORMAL

Kriteria irama sinus (SR) atau EKG normal adalah sbb :

Irama teratur.

Frekwensi jantung (HR) antara 60-100 x/menit.

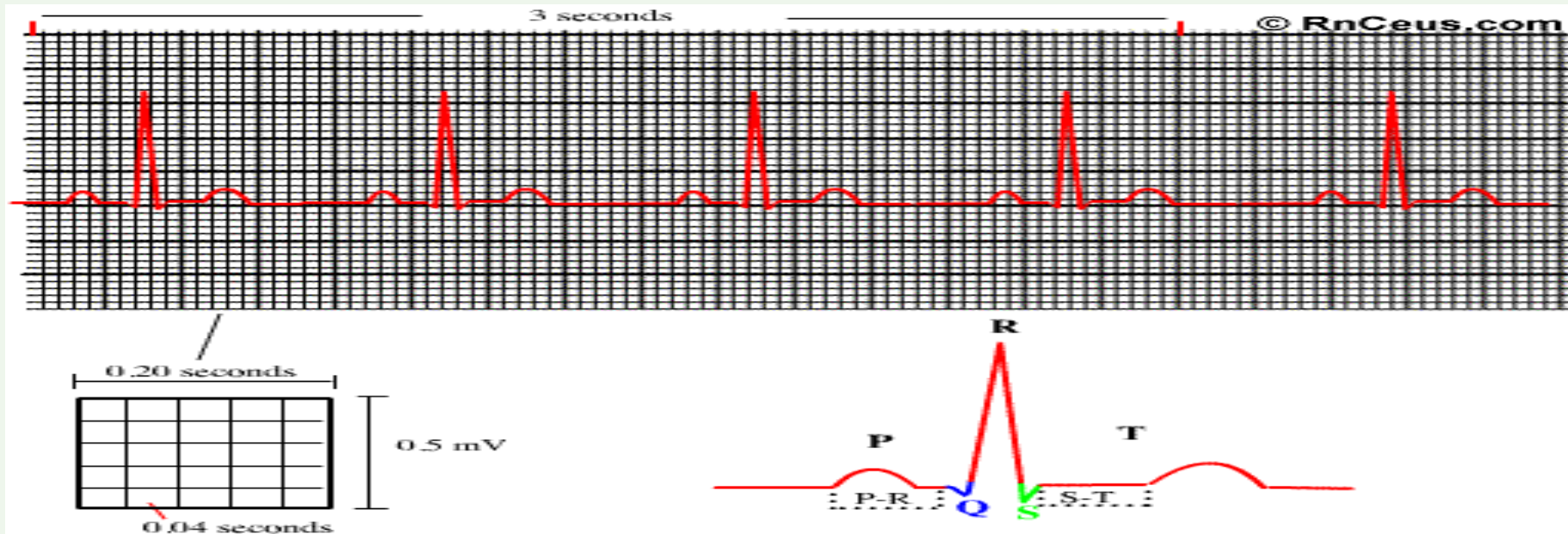
Gel P normal, setiap gel P diikuti gel QRS dan T.

Interval PR normal (0,12 – 0,20 detik).

Gel QRS normal (0,06 – 0,12 detik).

Semua gel sama.

Irama EKG yg tidak mempunyai kriteria tersebut disebut disritmia atau aritmia.





Menentukan frekuensi jantung

A. $\frac{300}{\text{Jml kotak besar antara R - R}} = \text{(jml kotak besar dlm 60 detik)}$

Jml kotak besar antara R – R

B. $\frac{1500}{\text{Jml kotak kecil antara R - R}} = \text{(jml kotak kecil dlm 60 detik)}$

Jml kotak kecil antara R – R

C. Ambil EKG strip sepanjang 6 detik, hitung jumlah QRS dan kalikan 10.

CAT : RUMUS A/B UNTUK EKG YANG TERATUR.

RUMUS C UNTUK YANG TIDAK TERATUR.

Take Home Message

- **Peacemaker cells are SA node, AV node, bundle of HIS, and purkinje fibers.**
- **Peacemaker cells produce potential action to make the heart working properly as a pump.**
- **Electricity of the heart is a key to understand EKG.**
- **EKG helps to monitor the electrical activity of the heart.**

REFERENCES

- Guyton AC., Hall JE, 2006. Text book of Medical Physiology. Ed11. Elsevier Saunders.
Philadelphia: Pennsylvania.
- Ganong W., 2005. Review of Medical Physiology. Ed22. Mc Graw Hill Companies. USA.
- Moore KL., Dalley AF, 2005. Clinically Oriented Anatomy. Ed5. Lippincott Williams and Wilkins. USA.
- Baruscotti M., Robinson RB, 2007. Electrophysiology and Pacemaker function of the developing sinoatrial node. Journal of APJ-Heart and Circulatory Physiology.

DO'A SESUDAH BELAJAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ ارِنَا الْحَقَّ حَقًّا وَارْزُقْنَا اتِّبَاعَهُ
وَأَرِنَا الْبَاطِلَ بَاطِلًا وَارْزُقْنَا اجْتِنَابَهُ

Ya Allah, Tunjukkanlah kepada kami kebenaran sehingga kami dapat mengikutinya Dan tunjukkanlah kepada kami kejelekan sehingga kami dapat menjauhinya



wnisa
Universitas 'Aisyiyah
Yogyakarta